

KLIMAGASSBEREGNING

FRYDENHAUG SKOLE



Fase	Utarbeidet	Rev1	Rev2	Rev3
Forprosjekt	28.05.2013	04.11.2013	04.04.2014	
Ferdigstillelse «Som bygget»	16.10.2014	16.02.2014	10.12.2015	
Etter 2 års drift «I drift»	16.04.2018			



Rapport utarbeidet av:

RAMBOLL

Innholdsfortegnelse

INNLEDNING	3
1. FORUTSETNINGER FOR CO2-BEREGNINGENE	4
1.1. PROSJEKTBEKRIVELSE	4
1.2. BEREGNINGSPROGRAM FOR KLIMAGASSBEREGNINGER.....	5
1.3. ENERGIMIKS.....	5
2. HOVEDRESULTATER OG SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVER.....	6
3. STASJONÆR ENERGIBRUK	8
3.1. PROSJEKTFASER – FORUTSETNINGER OG DELRESULTATER	8
3.1.1. Referansebygg	8
3.1.2. Prosjektert bygg.....	8
3.1.3. «Som bygget»	9
3.1.4. «I drift» (etter 2 år).....	11
3.2. SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVENE – KLIMAGASSUTSLIPP FRA STASJONÆR ENERGIBRUK	12
4. MATERIALER	13
4.1. BEREGNINGSLTERNATIVER – FORUTSETNINGER OG DELRESULTATER	13
4.1.1. Referansebygg	13
4.1.2. Referansebygg generert i tidligfasemodul.(Kun til informasjon)	14
4.1.3. Prosjektert bygg.....	15
4.1.4. «Som bygget»	17
4.1.5. Sammenligning av beregningsalternativer	19
4.1.6. «I drift» (etter 2 år).....	19
4.2. SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVENE – KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALBRUK.....	19
5. TRANSPORT	27
5.1. BEREGNINGSLTERNATIVER – FORUTSETNINGER OG DELRESULTATER	27
5.1.1. Referansebygg	27
5.1.2. Prosjektert bygg.....	29
5.2. SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVENE – KLIMAGASSUTSLIPP FRA TRANSPORT.....	32
6. VEDLEGG.....	34
6.1. VEDLEGG 1: UNDERLAG BEREGNINGER FOR ENERGI PROSJEKTERT BYGG.....	34
UNDERLAG BEREGNINGER FOR ENERGI «SOM BYGGET».....	41
6.2. VEDLEGG 2: UNDERLAG BEREGNINGER FOR MATERIALER	44
6.3. VEDLEGG 3: UNDERLAG BEREGNINGER FOR TRANSPORT	59

INNLEDNING

Frydenhaug 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.

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.

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. I revisjon 02 er et alternativt referansebygg utarbeidet med prosjekterte mengder og materialer fra referansemodellen i klimagassregnskap.no
- 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»**, beregnet energibruk (netto iht. NS 3031) med nye tetthetsmålinger, faktiske utslippsdata for valgte bygningsprodukter (fra EPD'er) og med transportutslipp iht. mobilitetsplan for prosjektet.

Versjon 3 av rapporten suppleres ytterligere med beregninger 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.

Beregninger for referansebygg og prosjektert bygg, leveres inn ved forprosjekt, dvs. rapport versjon 1. «Som bygget» leveres ved avslutning av prosjektet, dvs. rapportversjon 2, mens «i drift» skal leveres etter 2 års drift, dvs. rapport versjon 3.

Beregningene for Frydenhaug skole er utarbeidet av Rambøll v/ Miljørådgiver Kirsti Gimnes Are (nå sluttet i Rambøll), på bakgrunn av datagrunnlag for materialer fremskaffet av Bøhmer entreprenør v/ Roar Nielsen og for energi av EM-teknikk AS v/ Per Møller. Rambøll ved Sigrud Bøckman har utarbeidet beregningene for transport med input fra brukerne. Rapporten med dens grunnlag er revidert av Rambøll v/ Sunniva Baarnes og Turid Bye, ref. revisjon 01.01, 01.02 og versjon 02.00. er utarbeidet av Sunniva Baarnes.

For FutureBuilts prosjekter skal det utarbeides en miljørapport som beskriver prosjektets miljøkrav og resultater. CO2-rapporten er et vedlegg til denne rapporten. Vedlegg til CO2-rapporten er underlag for CO2-beregninger, slik som materialister, energiberegning og underlag for transportberegninger.

Versjon 1, datert 28.05.13, inneholder resultatene av klimagassberegninger for referansebygg og prosjektert bygg, for materialer, energi i drift og transport i drift.

I revisjon 01, datert 04.11.2013, er materialvalg og mengder for referansebygg og prosjektert bygg revidert for alle tre modulene. Endringer er i hovedsak bytte av isolasjonsmateriale i taket fra XPS til trykkfaste plater av steinull.

I revisjon 02 datert 04.04.2014, er det utarbeidet et alternativt referansebygg basert på prosjekterte mengder og med materialer fra referansemodellen i klimagassregnskap.no. Noen materialer/ mengder er oppdatert. Nye energiberegninger er lagt inn, og transportdelen er oppdatert med ny reisevaneundersøkelse.av

I versjon 2, for bygget «som bygget», er materialmodulen oppdatert med nye mengder og flere av de generiske verdiene er byttet ut med EPD-verdier. Dvs. Produktspesifikke verdier. Energimodulen er også oppdatert med tall fra ny energiberegning etter tall fra tetthetsmålingen er lagt inn. Transportmodulen forblir uendret.

I versjon 3 er avlest energi og utslipp realisert til dette oppdatert i «I drift». Energidata er oversendt fra Drammen Eiendom, materialmodul og transportmodul er uendret.

Denne rapporten er utarbeidet i forbindelse med sluttrapportering til FutureBuilt.

1. FORUTSETNINGER FOR CO2-BEREGNINGENE

1.1. Prosjektbeskrivelse

Frydenhaug skole i Drammen er en interkommunal grunnskole og ressurscenter for elever med nedsatt funksjonsevne. Utbygger er Drammen eiendom KF. Prosjektet prosjekteres etter FutureBUILTs kvalitetskriterier med passivhusnivå, definert som energiklasse A, klimaeffektive byggematerialer og med god tilrettelegging for sykkelparkering og moderat parkeringsdekning.

Eksisterende skolebygning beliggende i tilknytning til Frydenhaug lystgård, rives og frigir tomt til ny skole. De verneverdige bevarte bygningene fra Frydenhaug gård, hovedhus og drengestue, vil dermed bli samlokalisert med den nye skolen. Tomteområdet med adkomst fra Frydenhaugveien, har adresse Frydenhaugveien 30 og 30A, og utgjør ca. 17 da. Den nye skolen planlegges med et elevtall på ca. 100 og med ca. 110 ansatte. I sør grenser tomten mot jernbanen, mens E18 passerer like nord for skolens område. Tomten har for øvrig et parkmessig preg og grenser i vest inn mot offentlig friområde.

Gamle Frydenhaug lystgård utgjør et staselig bilde, sentralt beliggende på toppen av et høydedrag med sin lange symmetriske hovedfasade frontalt mot utsikten. En overordnet målsetting ved formgivning av det nye skoleanlegget har vært å søke å sette det gamle gårdsanlegget i en kontekst hvor den bevarte del av anlegget kan framstå på en meningsfull måte, hvor så vel bearbeidelse av forterreng/hage som etablering av et indre gårdsrom kan sette en stemning og være med på å bevare historien om gamle Frydenhaug gård.

Et framtrædende karaktertrekk ved den gamle Frydenhaug gård er den langstrakte bygningskroppen med markert horisontalt dominans kontrastert ved de vertikale høyreiste vinduer. Dette grunntema er sentralt ved utforming av det nye anlegget. En rolig avdempet hovedform med lange horisontale linjeføringer kontrastert ved vertikale underdelinger danner anleggets hovedkomposisjon.

Skolen inneholder foruten undervisningslokaler, et terapibasseng og et aktivitetsrom som både virker som gymnastikksal, samlingssal til store fellesarrangement, og konserter og andre forestillinger. Aktivitetsrommet er med bakgrunn i den fleksible bruken forutsatt utstyrt med teleskoptribune.

Data/karakteristika for prosjektet

Adresse/postnummer	Frydenhaugveien 30 og 30A, 3041 Drammen
Høyde over havet	Ca. 21 m.o.h.
Årsgjennomsnittstemperatur/ Dimensjonerende sommertemperatur	$\Theta_m = 6,2^\circ\text{C}$ / $\text{DUT}_s =$
BTA	5457 m ²
Oppvarmet BRA	4886 m ²
Byggtype	Barne- og ungdomsskole
Antall ansatte /antall elever	110 / 100

1.2. Beregningsprogram for klimagassberegninger

Klimagassberegningene er utført i www.klimagassregnskap.no versjon 4 (KGR), supplert med grafer fra Excel regneark.

Som referansebygg er det utarbeidet et alternativt referansebygg til de predefinerte byggene i programmet klimagassregnskap.no. Det alternative referansebygget har de prosjekterte mengdene med materialene fra modul materialbruk - tidligfase, versjon v4.1 av dato 22.05.13: Byggtype "Ungdomsskole".

For det prosjekterte bygget er modul «materialbruk – prosjektert» benyttet. Det er brukt prosjekterte materialmengder og materialer som er oppgitt fra entreprenøren.

Bygget «som bygget» har oppdaterte mengder i materialmodulen der flere av de generiske verdiene er byttet ut med de produktspesifikke verdiene i EPDene som er samlet inn. Energimodulen er også oppdatert med tall fra en ny energiberegning som tar hensyn til et nytt lekkasjetall som er målt i det ferdige bygget.

Bygget «I drift» er oppdatert med energidata fra Drammen Eigedom. De rapporterer et forbruk på 37,4 kWh/m², fordelt på El. spesifikk (29,1 kWh/m²) og varme (8,3 kWh/m²). Kjøling dekkes av frikjøling fra energibrønner.

1.3. Energimiks

Programmet klimagassregnskap.no, versjon 4 og FutureBuilt's retningslinjer benytter ZEB-miks (2-graders-målet) = 0,328 kg CO₂/kWh, med gjennomsnitt over livsløp 60 år = 0,112 kg CO₂/kWh.

Beregningene for energi og transport er oppdatert med ZEB-miks til versjon 4. For materialer vil elmiksen variere.

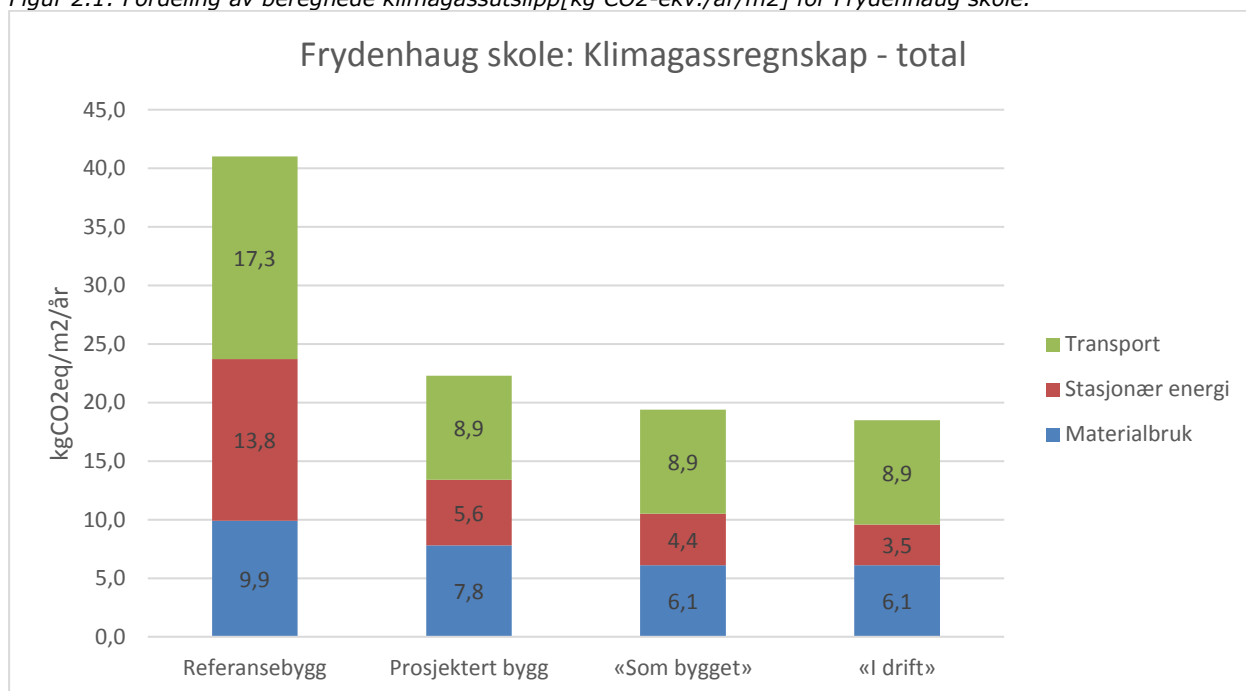
2. HOVEDRESULTATER OG SAMMENLIGNING AV ALTERNATIVER

Prosjektets totale klimagassutslipp er sammenlignet med referanseberegningen redusert med **55 %** for bygget «I drift».

Klimagassutslippet for bygget «I drift» er beregnet til **18,5 kg CO₂-ekv./år/m²**. Totalt for bygget utgjør dette **90391 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./år/m²] for Frydenhaug skole.



Tabell 2.1: Fordeling av beregnede klimagassutslipp pr. år for Frydenhaug 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	48	38	30	30
Stasjonær energi	67	28	21	17
Transport	85	43	43	43
Total	200	109	94	90
Reduksjon ift. referansebygg [%]		46	53	55

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

	Referansebygg	Prosjektert 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	230	182	142	142
Stasjonær energi	321	131	102	80
Transport	404	204	204	204
Total	955	517	448	426
Reduksjon ifht. referansebygg [%]		46	53	55

Frydenhaug skole oppnår en reduksjon i klimagassutslipp på 55 %, fra «I drift» sammenlignet med referansebygget.

Det oppnås 68 % reduksjon for energi ved å gå fra TEK 10 til passivhusnivå. Den siste tetthetsmålingen som ble tatt med i «Som bygget» beregningen utgjorde en stor forskjell i energibehovet. Rapportering 2 år etter, «I drift», viser en reduksjon fra utslippene knyttet til energibruk på 75 % sammenlignet med referansebygget.

Det oppnås 50 % reduksjon for transport. Dette skyldes først og fremst at ansatte ved Frydenhaug skole er bosatt nærmere arbeidsstedet enn det som er gjennomsnittlig. Videre at arbeidsstedet har en sentral beliggenhet som gir utslag i at flere får kortere reisevei. En annen faktor er at tog er en viktig del av kollektivtilbudet, mens det ikke inngår i referansealternativet. Noe av transporten fra buss i referansealternativet er dermed overført til tog i prosjektert bygg og «Som bygget».

For materialer er klimagassutslippet redusert med 38 %. Reduksjonen er i forhold til et alternativt referansebygg som tar utgangspunkt i de prosjekterte mengdene, men som bruker materialer fra referansemoduleen i klimagassregnskap.no. Reduksjonen i figur 2 og tabell 2 gjenspeiler gode miljøtiltak ved valg av materialer. For eksempel er det benyttet lavkarbonbetong, bærende stålkonstruksjoner med 70 % resirkuleringsgrad, og det er byttet ut XPS med steinull som takisolasjon. Effekten av sistnevnte har spart miljøet for hele 39 tonn CO₂-ekv. En reduksjon på 56 % isolert sett for takisolasjonen. For bygget «Som bygget» ble noen av materialmengdene økt i forhold til det som var prosjektert, men de gode EPD-verdiene ga en stor reduksjon som senket utslippet totalt sett.

Det totale utslippet har nådd målet om 50 % reduksjon, med 5 % i margin.

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

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.

Forutsetninger energibruk i drift - referanseberegning:

- Spesifikt netto energibehov tilsvarende rammekravet i teknisk forskrift
- 60 % av varmebehovet dekkes av varmepumpe (systemvirkningsgrad 2,25) og 40 % av elkjel (systemvirkningsgrad 0,86).

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

Referansebygg	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Elspesifikk energi	59	100 % el	5,3
Varme	64	60 % varmepumpe 40 % elkjel	8,5
Kjøling	0	100 % lokal kjøling	0
Sum	123	-	13,8

3.1.2. Prosjektet bygg

Det prosjekterte bygget er planlagt oppført med passivhusnivå mot nær-nullenergi hus.

Byggets netto energibehov er beregnet ved hjelp av beregningsprogrammet SIMIEN, se energibudsjett i tabell 3.2. Beregningene viser at byggets netto energibehov er redusert med 47 % i forhold til rammekravet i teknisk forskrift.

De viktigste tiltakene for å oppnå redusert energibehov er:

- Passivhuskonstruksjon:
 - U-verdi yttervegg: 0,11 W/m²K
 - U-verdi tak: 0,10 W/m²K
 - U-verdi gulv: 0,08 W/m²K
 - U-verdi vinduer og dører: 0,8 W/m²K
 - Kuldebroverdi: 0,03 W/m²K
 - Lekkasjetall: 0,6 h⁻¹
 - Temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner: 85 %
 - SFP: 1,5 kW/m³/s
 - Dør og Vindusareal: 16,4 % av oppvarmet BRA
- Energikilde: Varmepumpe og Solfanger

Tabell 3.2: Energibudsjett. Beregnet netto energibehov i henhold til NS 3031.

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	49256 kWh	10,1 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	20263 kWh	4,1 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	49228 kWh	10,1 kWh/m ²	
3a Vifter	42663 kWh	8,7 kWh/m ²	
3b Pumper	5089 kWh	1,0 kWh/m ²	
4 Belysning	75806 kWh	15,5 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	43196 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	285501 kWh	58,4 kWh/m ²	

Byggets energiforsyning:

- 52 % varmepumpe, 20 % EL og 28 % Solfanger dekker byggets romoppvarming.
- Det er ikke romkjøling
- Varmegjenvinner på ventilasjonsanlegg: 85 %

Byggets beregnede klimagassutslipp som prosjektert er 5,6 kg CO₂-ekv/m²/år, se tabell 3.3. Dette utgjør en reduksjon på 59 % i forhold til referansebygget.

Tabell 3.3: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for prosjektert bygg.

Prosjektert bygg	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Elspesifikk energi	34	100 % EL	5
Varme	24,3	52 % Varmepumpe 20 % Elektrisitet 28 % Solfanger	0,6
Kjøling	0	•	0
Sum	58,4	-	5,6

3.1.3. «Som bygget»

Bygget «Som bygget» er oppført med passivhusnivå.

Byggets netto energibehov er beregnet ved hjelp av beregningsprogrammet SIMIEN, se energibudsjett i tabell 3.4. Beregningene viser at byggets netto energibehov er redusert med 56,9 % i forhold til rammekravet i teknisk forskrift.

De viktigste tiltakene for å oppnå redusert energibehov er:

- Passivhuskonstruksjon:
 - U-verdi yttervegg: 0,11 W/m²K
 - U-verdi tak: 0,10 W/m²K
 - U-verdi gulv: 0,08 W/m²K
 - U-verdi vinduer og dører: 0,8 W/m²K
 - Kuldebroverdi: 0,03 W/m²K
 - Lekkasjetall: 0,29 h⁻¹
 - Temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner: 85 %
- SFP: 1,5 kW/m³/s
- Dør og Vindusareal: 16,4 % av oppvarmet BRA
- Energikilde: Varmepumpe og Solfanger

Tabell 3.4: Energibudsjett. Beregnet netto energibehov i henhold til NS 3031 med testede lekkasjetall.

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	49042 kWh	10,0 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	21391 kWh	4,4 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	49228 kWh	10,1 kWh/m ²
3a Vifter	42663 kWh	8,7 kWh/m ²
3b Pumper	5089 kWh	1,0 kWh/m ²
4 Belysning	48160 kWh	9,9 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	43196 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	258770 kWh	53,0 kWh/m ²

Byggets energiforsyning:

- 52% varmepumpe, 20 % EL og 28 % Solfanger dekker byggets romoppvarming.
- Det er ikke romkjøling
- Varmegjenvinner på ventilasjonsanlegg: 85 %

Byggets beregnede klimagassutslipp «Som bygget» er 4,4 kg CO₂-ekv/m²/år, se tabell 3.5. Dette utgjør en reduksjon på 68 % i forhold til referansebygget. Den store reduksjonen i energibehov og utslipp kommer av redusert energibruk til belysning og et meget lavt lekkasjetall som ble testet ved byggets ferdigstillelse.

Lekkasjetallet gikk fra passivhuskravet på 0,6 til testet 0,29. Lekkasjetallet sier noe om hvor mye oppvarmet luft som «lekker» ut av bygget ved overtrykk uten at varmen gjenvinnes. Er det undertrykk i bygget trekkes kald luft inn i bygget. Ved begge tilfeller vil et høyt lekkasjetall gi større behov for oppvarming, og dermed større energibehov til ventilasjonssystemet. Det lave lekkasjetallet ved Frydenhaug skole er resultatet av en solid, tett bygningskropp etter passivhusstandard. Det ble også holdt et passivhuskurs for de utførende for å sikre kvaliteten på gjennomføringen.

Totalt levert energi ligger på 38,5 kWh/m². Det er kun 1,5 kWh over ambisjonene på 37 kWh/m². Energitalleene kan endre seg etter bygget har vært i bruk i to år og de reelle tallene leses av.

Tabell 3.5: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for «Som bygget».

Prosjekttert bygg	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Elspesifikk energi	28,4	100 % EL	3,2
Varme	24,5	52 % Varmepumpe 20 % Elektrisitet 28 % Solfanger	1,2
Kjøling	0	•	0
Sum	52,9	-	4,4

3.1.4. «I drift» (etter 2 år)

Bygget «I drift» er oppført med passivhusnivå.

De viktigste tiltakene for å oppnå redusert energibehov er:

- Passivhuskonstruksjon:
 - U-verdi yttervegg: 0,11 W/m²K
 - U-verdi tak: 0,10 W/m²K
 - U-verdi gulv: 0,08 W/m²K
 - U-verdi vinduer og dører: 0,8 W/m²K
 - Kuldebroverdi: 0,03 W/m²K
 - Lekkasjetall: 0,29 h⁻¹
 - Temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner: 85 %
- SFP: 1,5 kW/m³/s
- Dør og Vindusareal: 16,4 % av oppvarmet BRA

Energibruk i drift er rapportert fra teknisk leder fra Drammen Eiendom KF. På sommeren leverer solfangeranlegget en effekt utover behovet, og energien blir overført til geobrønnene. Effekten av dette er ikke medregnet. Varmepumpen har en rapportert virkningsgrad (COP) på 4 og dekker 72 % av oppvarmingsbehovet. Det har ikke vært behov for å dekke spisslast med elektrisk oppvarming.

Byggets energiforsyning:

- 72 % varmepumpe og 28 % solfanger. Ikke behov for spisslast dekket av el. kjel
- Kjøling løses ved frikjøling fra geobrønn
- COP på varmepumpe er 4

Byggets beregnede klimagassutslipp «i drift» er 3,5 kg CO₂-ekv/m²/år (tab.3.6). Dette utgjør en reduksjon på 74,6 % i forhold til referansebygget. Den store reduksjonen i energibehov og utslipp kommer av høy dekningsgrad på solfangere og varmepumpe, uten behov for spisslast basert på el-kjel. Varmepumpens høye virkningsgrad bidrar til å redusere behovet for elektrisk energi til oppvarming. COP for varmepumpe i «som bygget» er, ifølge vedlagt SIMIEN-rapport satt til 2.52. En økning i COP til 4 i «i drift» forklarer reduksjonen netto energibehov og utslipp fra varme. Direkte el. «i drift» er noe høyere enn «som bygget», men reduksjonen i form av energi til oppvarming fører til en samlet reduksjon i energiforbruk og utslipp sammenlignet med «som bygget».

Totalt levert energi ligger på 31 kWh/m² og dette er innenfor ambisjonen på 37 kWh/m².

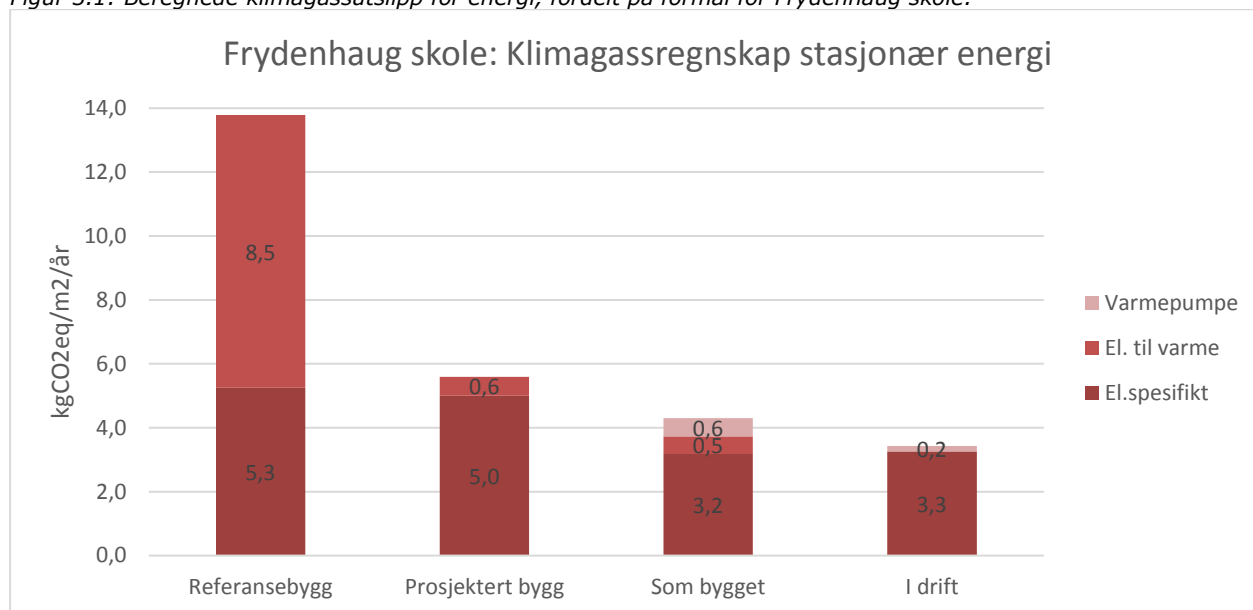
Tabell 3.6: Oversikt over energibehov, energiforsyning og tilhørende klimagassutslipp for «I drift».

Prosjektert bygg	Netto energibehov [kWh/m ² /år]	Energiforsyning [% av posten]	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Elspesifikk energi	29,1	100 % EL	3,3
Varme	8,3	72 % Varmepumpe 0 % Elektrisitet 28 % Solfanger	0,2
Kjøling	0	-	0
Sum	37,4	-	3,5

3.2. Sammenligning av alternativene – klimagassutslipp fra stasjonær energibruk

Det er oppnådd en klimagassreduksjon på 75 % fra referansebygget til «I drift».

Figur 3.1: Beregnede klimagassutslipp for energi, fordelt på formål for Frydenhaug skole.



Tabell 3.8: Fordeling av klimagassutslipp pr. energikategori for ulike prosjektfaser [kg CO₂-ekv. /år].

	Referansebygg	Prosjektert 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.
Elspesifikk energi	25667	24483	5	15635	39	15924	38
Varme	41683	3083	93	5863	85	818	98
Total	67350	27567	59	21498	68	16742	75

Tabell 3.9: Fordeling av klimagassutslipp pr. person pr. energikategori for ulike prosjektfaser [kg CO₂-ekv./person /år].

	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. / person /år	% red saml. med ref.	kg CO ₂ -ekv. / person /år	% red saml. med ref.
Elspesifikk energi	122	117	5	74	39	76	38
Varme	199	15	93	28	85	4	98
Total	321	131	59	102	68	80	75

Hovedårsaken til nedgang i klimagassutslipp er at det er prosjektert et bygg med passivhusnivå, som har lavere energibehov til oppvarming. Bygget har også lavere energibruk til belysningen. Sammen med det lave lekkasjetallet som ble målt ved byggets ferdigstilling utgjør dette en reduksjon på 68% for bygget «Som bygget» i forhold til referansebygget. Rapport energiforbuk fra bygget 2 år etter, «I drift», tilsier en redusert energibruk sammenlignet med «som bygget». Dette resulterer i en samlet reduksjon fra energi på 75 % sammenlignet med referansebygget.

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 utarbeidet med prosjekterte mengder til grunn og med materialer og fordelingsnøkkel fra modulbyggene i klimagassregnskap.no

Følgende størrelser er lagt til grunn:

- BYA: 3994 m²
- BTA: 5457 m²
- BTK: 1585 m²

Tabell 4.1: Beskrivelse av bygningsdeler med tilhørende klimagassutslipp for referansebygg.

Bygningsdel	Oppbygging (hovedelementer)	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]	Klimagassutslipp [% av tot.]
Grunn og fundamenter	Kantbjelke og gulv på grunn i betong med 0 % flyveaske, FA-. Armering med 80 % resirkuleringsgrad. Fuktsperre og XPS-isolasjon på gulv på grunn.	2,90	29
Bæresystemer	Søyler (80 %) og bjelker (70 %) i betong med 0 % FA. Søyler (20 %) og bjelker (30 %) i stål med 40 % resirkulering.	1,47	15
Yttervegger	Klimavegg (50 %) med trestender, glassullisolasjon, dampspærre, GU-plate, innvendig kledt med 2x13mm gipsplate. Fasaden er kledt med teglstein og panel. Betongvegg (19 % over mark, 96 % under mark) med standard betong (0 % FA), armering (80 % resirkuleringsgrad), glassullisolasjon, GU-plate og murpuss. Dører og vinduer (31 %) i 2-lags glass og profiler/karmer i tre.	1,31	13
Innervegg	Stendervegg (71 %) med trestendere, isolert med steinull 70mm, kledt med gipsplater (75 %) og panel (25 %). Murvegg (4 %) med pusset 150mm leca. Glassvegg (1 %) med profiler av tre og 6mm glass	1,20	12

	Betongvegg (18 %) i standard betong (0 % FA), armering med 80 % resirkuleringsgrad, murpuss. Dør (6 %) i tre.		
Dekker	Betongdekker i 265 mm HD-element i standard betong (0 % FA), 50 mm påstøp, 25 mm trinnlydsplate i steinull, 20 % flytsparkel.	1,16	12
Yttertak	Betongtak i 265mm HD-element i standard betong (0 % FA), membran, isolasjon i steinull og EPS, dampsperre og tekket med 6,8 mm asfaltapp.	1,84	19
Trapper og balkonger	Ståltrapp (100 %).	0,04	0,37

% angir prosent av materialtypen i bygningsdelen.

Det er betong, og da særlig i grunn og fundamenter, som bidrar til det høyeste klimagassutslippet for materialer, deretter kommer polystyren isolasjon (XPS og EPS) samt armering. Videre er det stål i bærekonstruksjoner, gipsplater og asfaltapp som bidrar til høye utslipp.

Materialmengdene som er med i referansebygget har de samme mengdene som i det prosjekterte bygget, men er byttet ut med materialer fra referansemodellen for «Ungdomsskole» i klimagassregnskap.no. Slik tar også referansebygget hensyn til f.eks. dagslysbehov ved store dimensjoner som krever mer komplekse utforminger av bygget enn en kubisk form. Hulldekkene i takkonstruksjonen var opprinnelig 220mm tykke, men en slik dimensjonering er ikke konstruktivt forsvarlig. De er derfor endret til 265mm tykke.

4.1.2. Referansebygg generert i tidligfasemodul.(Kun til informasjon)

Referansebygget er generert fra tidligfasemodulen til klimagassregnskap.no versjon 4.1 datert 22.05.13. Denne delen er kun for informasjon og inngår ikke som grunnlag for utregning av reduksjonsprosenten.

Følgende størrelser er lagt til grunn:

- BYA: 3994 m²
- BTA: 5457 m²
- BTK: 1585 m²

Tabell 4.1: Beskrivelse av bygningsdeler med tilhørende klimagassutslipp for referansebygg

Bygningsdel	Oppbygging (hovedelementer)	Klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]	Klimagassutslipp [% av tot.]
Grunn og fundamenter	Kantbjelke og gulv på grunn i betong med 0 % flyveaske, FA-. Armering med 80 % resirkuleringsgrad. Fuktsperre og XPS-isolasjon på gulv på grunn.	2,64	41,1
Bæresystemer	Søyler (80 %) og bjelker (70 %) i betong med 0 % FA.	0,30	4,7

	Søylar (20 %) og bjelker (30 %) i stål med 40 % resirkulering.		
Yttervegger	Klimavegg (50 %) med trestender, glassullisolasjon, dampsperre, GU-plate, innvendig kledt med 2x13mm gipsplate. Fasaden er kledt med teglstein og panel. Betongvegg (19 % over mark, 96 % under mark) med standard betong (0 % FA), armering (80 % resirkuleringsgrad), glassullisolasjon, GU-plate og murpuss. Dører og vinduer (31 %) i 2-lags glass og profiler/karmer i tre.	0,33	5,2
Innervegg	Stendervegg (71 %) med trestendere, isolert med steinull 70mm, kledt med gipsplater (75 %) og panel (25 %). Murvegg (4 %) med pusset 150mm leca. Glassvegg (1 %) med profiler av tre og 6mm glass Betongvegg (18 %) i standard betong (0 % FA), armering med 80 % resirkuleringsgrad, murpuss. Dør (6 %) i tre.	0,40	6,2
Dekker	Betongdekker i 265 mm HD-element i standard betong (0 % FA), 50 mm påstøp, 25 mm trinnlydsplate i steinull, 20 % flytsparkel.	1,42	22,1
Yttertak	Betongtak i 220mm HD-element i standard betong (0 % FA), membran, isolasjon i steinull og EPS, dampsperre og tekket med 6,8 mm asfaltapp.	1,31	20,5
Trapper og balkonger	Ståltrapp (100 %).	0,02	0,3

% angir prosent av materialtypen i bygningsdelen.

Det er betong, og da særlig i grunn og fundamenter, som bidrar til det høyeste klimagassutslippet for materialer, deretter kommer polystyren isolasjon (XPS og EPS) samt armering. Videre er det stål i bærekonstruksjoner, gipsplater og asfaltapp som bidrar til høye utslipp.

Materialmengdene som er med i referansebygget vil ikke være sammenlignbart grunnlag for det prosjekterte bygget da referansebygget er utformet som en skoeske. Det tar ikke hensyn til f.eks. dagslysbehov ved store dimensjoner som krever mer komplekse utforminger av bygget enn en kubisk form, som vil være mest arealeffektiv i forhold til størrelsen på klimaskjermen.

4.1.3. Prosjektert bygg

Det prosjekterte bygget er jobbet frem med tiltak for å redusere klimagassutslippene. Det er gjort endringer på materialtyper for å redusere klimagassutslippet. Mengdene vil variere underveis i

prosjektet. I denne rapporten er mengdene hentet fra entreprenørens kontrakt, ev. anslått av entreprenør, pr mars 2014, og utbytte av materiale vedtatt i oktober samme år som CO2-reduserende tiltak.

Klimagassregnskap.no versjon 4 (KGR), modul for prosjektert bygg er benyttet for beregningen. Grafer og komplettering av resultatene er bearbeidet i Excel regneark. CO2-faktorer og levetider er benyttet direkte fra KGR. Der det ikke beregnet utslipp for et materiale i KGR, men beregnet manuelt i Excel basert på mengde og CO2-faktor fra tidligfasemodulen. For eksempelvis betong er det for lavkarbon klasse B trukket fra en % på utslippet tilsvarende forskjellen i utslippsfaktorene på dette materialet i tidligfasemodulen. Dette gjelder også for økt resirkuleringsgrad for stål i armering og andre materialer som er byttet ut.

Det er gjort vurderinger på flere materialalternativer, som å skifte innvendige teglstenskledd vegg med robuste platematerialer. Bruk av fibergips er også vurdert. Tiltak som er gjennomført er skifte av isolasjonsmateriale på taket fra XPS til trykkfaste plater av steinull. Effekten av sistnevnte har spart miljøet for hele 39 tonn CO2-ekv. En reduksjon på 56 % isolert sett for isolasjon i yttertak.

Det prosjekterte bygget består av følgende materialer:

Tabell 4.2: Beskrivelse av bygningsdeler med tilhørende klimagassutslipp for prosjektert bygg.

Bygningsdel	Oppbygging	Klimagassutslipp [kg CO ₂ - ekv/m ² /år]	Klimagassutslipp [% av tot.]
Grunn og fundamenter	Stålpeler og betongpeler i standard betong (0 % FA). Plasstøpte fundamenter i betong i lavkarbonklasse B, armering med 100 % resirkuleringsgrad. Støpt gulv på grunnen i betong i lavkarbonklasse B, armering med 100 % resirkuleringsgrad, isolert med EPS.	2,51	32
Bæresystemer	Søyler i prefab. betong i lavkarbonklasse B og søyler i stål.	1,47	19
Yttervegger	Klimavegger med stendervegger i tre (ISO-3), isolert med glassull 300 mm, dampspærre og Tyvek vindsperre. Noe betongvegger i plasstøpt betong i lavkarbonklasse B, armering med 100 % resirkuleringsgrad. Fasadekledning er tegl og fibersementplater. Innvendig kledning i gips. <i>Dører og vinduer er ikke lagt inn.</i>	0,97	12
Innervegg	Stendervegger med stålplateprofiler isolert med glassull 100 mm.	0,78	10

	Noe betongvegger plasstøpt og elementer. Kledning er robust gips og keramisk flis. <i>Dører er ikke lagt inn.</i>		
Dekker	265 mm HD-elementer i betong i lavkarbonklasse B. Deler av tak i massive treelementer. Gulv belagt med vinyl, keramisk flis, skifter og slipt betong. Himling i fast gips og systemhimling i mineralull (steinull)	0,96	12
Yttertak	265 mm HD-elementer i betong i lavkarbonklasse B, isolert med steinull, underlagspapp og asfalt-papp 2-3lag. Deler av taket er kledd med sedumtak (ikke tatt med i beregning) og deler med betongheller.	1,06	14
Trapper og balkonger	Ståltrapp	0,01	0,08
Overflatebehandling	Akrylmaling og fugemasse	0,01	0,15

Materialene som bidrar til høye utslipp i det prosjekterte bygget er betong (lavkarbonklasse B), stål i bærekonstruksjoner, steinull og glassullisolasjon og hullteglfasade. Videre følger gipsplater og vinyl.

Følgende tiltak er foreløpig prosjektert for å oppnå et lavere klimagassutslipp for Frydenhaug skole:

- Det benyttes betong i lavkarbonklasse B i plasstøpte konstruksjoner og elementer
- Det benyttes 100 % resirkulert armeringsjern
- Det benyttes ISO-3 stendere (vanlig trestendere er lagt inn i beregningen)
- Halv-steins teglvegger innvendig i bygget er erstattet med stenderverk i tynnplateprofiler, isolasjon og gips.
- 900 m³ takisolasjon av XPS er byttet ut med steinull.

Det er gjort følgende alternativsvurderinger, som ikke er kommet til utførelse:

- Yttertak: kompakt tak sammenlignet med Lett-tak. Lett-tak ville redusert klimagassutslippet pr m² tak med 50 %.
- Påstøp på betongdekker: vanlig påstøp sammenlignet med A-plan flytsparket. A-plan flytsparket reduserer CO₂-utslippet pr m² gulv med 78 %.

4.1.4. «Som bygget»

Tabell 4.3: Beskrivelse av bygningsdeler med tilhørende klimagassutslipp for «Som bygget».

Bygningsdel	Oppbygging	Klimagassutslipp [kg CO ₂ - ekv/m ² /år]	Klimagassutslipp [% av tot.]
Grunn og fundamenter	Stålpeler og betongpeler i standard betong (0 % FA). Plasstøpte fundamenter i betong i lavkarbonklasse B, armering med 100 % resirkuleringsgrad. Støpt gulv på grunnen i betong i lavkarbonklasse B, armering med	1,9	31

	100 % resirkuleringsgrad, isolert med EPS.		
Bæresystemer	Søyler i prefab. betong i lavkarbonklasse B og søyler i stål.	1,4	23
Yttervegger	Klimavegger med stendervegger i tre (ISO-3), isolert med glassull 300 mm, dampsperre og Tyvek vindsperre. Noe betongvegger i plasstøpt betong i lavkarbonklasse B, armering med 100 % resirkuleringsgrad. Fasadekledning er tegl og fibersementplater. Innvendig kledning i gips. <i>Dører og vinduer er ikke lagt inn.</i>	0,9	15
Innervegg	Stendervegger med stålplateprofiler isolert med glassull 100 mm. Noe betongvegger plasstøpt og elementer. Kledning er robust gips og keramisk flis. <i>Dører er ikke lagt inn.</i>	0,5	8
Dekker	265 mm HD-elementer i betong i lavkarbonklasse B. Deler av tak i massive treelementer. Gulv belagt med vinyl, keramisk flis, skifter og slipt betong. Himling i fast gips og systemhimling i mineralull (steinull)	0,6	9
Yttertak	265 mm HD-elementer i betong i lavkarbonklasse B, isolert med steinull, underlagspapp og asfalt-papp 2-3lag. Deler av taket er kledd med sedumtak (ikke tatt med i beregning) og deler med betongheller.	0,9	14
Trapper og balkonger	Ståltrapp	0,01	0,1
Overflatebehandling	Akrylmaling og fugemasse	0,01	0,2

For fasen «som bygget» er det lagt inn EPD-verdier for de produktene som er valgt. Dette gir større utslipp for noen materialer, men mindre for de fleste.

Materialer som gir større utslipp:

- Armering
- Isotrestendere

Materialer som har fått mindre utslipp:

- Betong: Elementer og plasstøpt
- Glassull
- Steinull
- Gipsplater: robuste, GU og vanlige.
- Stålsøyler

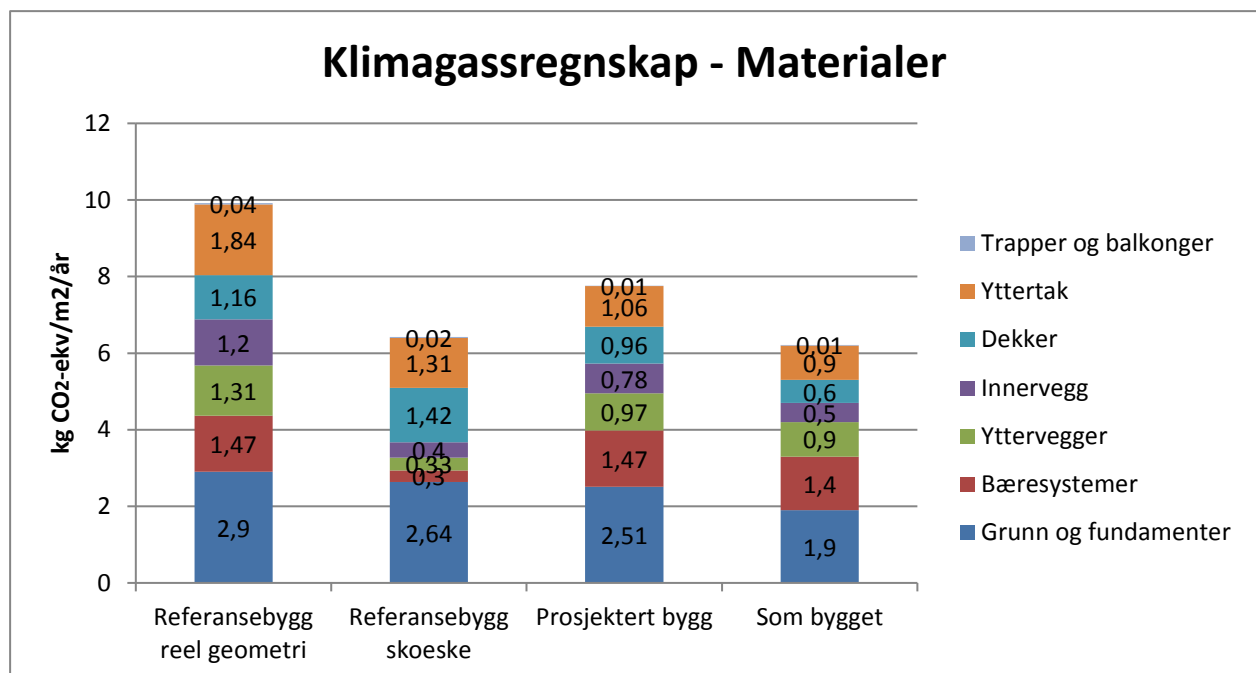
- Glassull og steinull-isolasjon

Det ble også brukt mer materialer enn prosjektert i det ferdige bygget. Dette førte til økt utslipp på noen poster. Særlig isolasjon i grunn og fundamenter samt stendere i yttervegger.

4.1.5. Sammenligning av beregningsalternativer

Figuren under viser en sammenligning av utslippet fra de forannevnte alternativer ift. materialer og bygningsform. Utslipp fra alternativ «som bygget» er redusert med 37% i forhold til «referanse-reel geometri». Dette viser at materialvalg har redusert utslipp fra bygningselementer. Vi ser videre at «Referansebygg-reel geometri» har høyere utslipp enn «Referansebygg-skoeske» som beviser at geometrien øker ressursbruket. Geometrien og materialene er viktige faktorer for å oppnå et redusert klimagassutslipp.

Figur 4.1: Sammenligning av utslipp fra forskjellige alternativer til Frydenhaug skole.



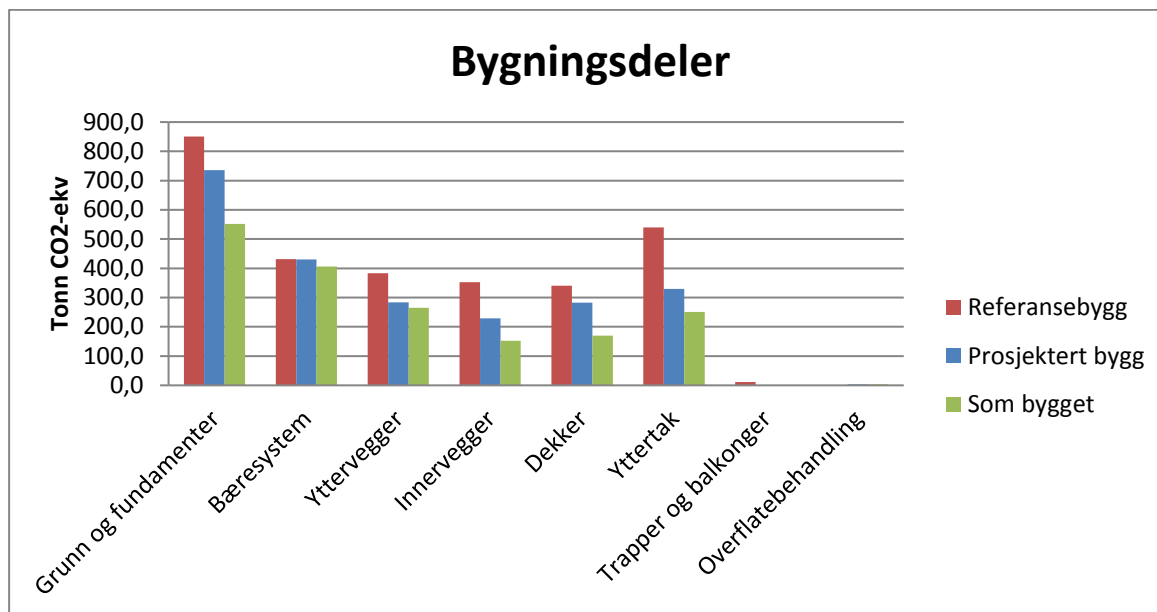
4.1.6. «I drift» (etter 2 år)

For materialbruk vil klimagassutslipp «i drift» være det samme som «som bygget»

4.2. Sammenligning av alternativene – klimagassutslipp fra materialbruk

Beregningene viser at utslippet for «Som bygget» sammenlignet med referansebygget får en reduksjon i CO2-utslipp på 38 %.

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



Tabell 4.4: Fordeling av klimagassutslipp pr. bygningsdel for ulike prosjektfaser [kg CO₂-ekv./år].

	Referansebygg	Prosjekttert 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	14180	12253	14	9195	35
Bæresystemer	7182	7168	0	6764	6
Yttervegger	6383	4727	26	4421	31
Innervegg	5868	3821	35	2541	57
Dekker	5680	4702	17	2834	50
Yttertak	8983	5197	42	4190	53
Trapper og balkonger	180	29	84	29	84
Overflatebehandling	0	57	-100	57	-100
Total	48457	37954	21,7	30032	38

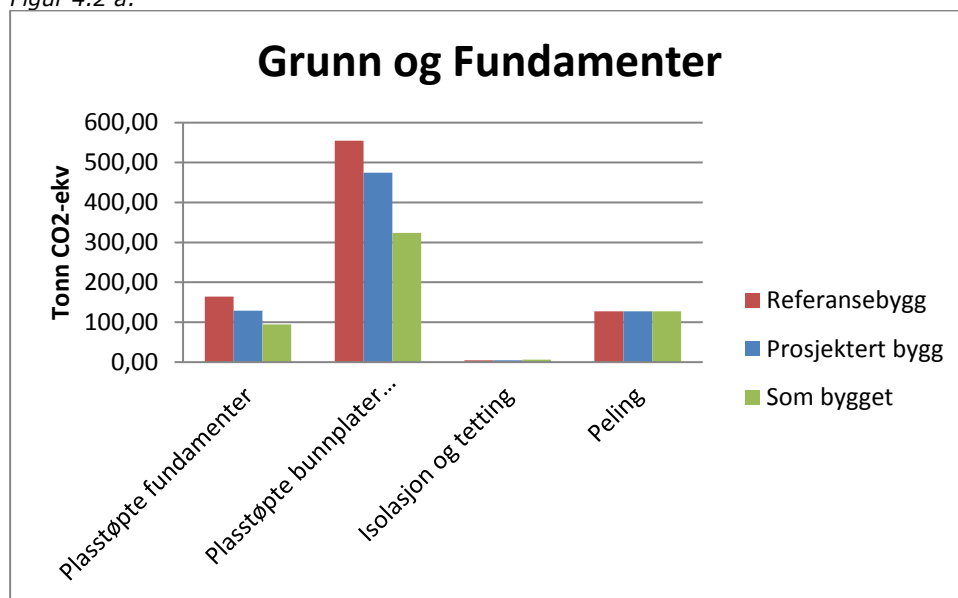
Tabell 4.5: Fordeling av klimagassutslipp pr. bygningsdel pr. person for ulike prosjektfaser [kg CO₂-ekv./person/år]

	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	67,52	58,35	14	44	35
Bæresystemer	34,20	34,14	0	32	6
Yttervegger	30,39	22,51	26	21	31
Innervegg	27,95	18,19	35	12	57
Dekker	27,05	22,39	17	13	50
Yttertak	42,85	24,75	42	20	53
Trapper og balkonger	0,86	0,14	84	0,1	84
Overflatebehandling	0,00	0,27	-100	0,3	-100
Total	231	181	21,7	143	38

Av konstruksjonene med høyest utslipp er det grunn og fundamenter og bæresystemer, for «Som bygget», så følger konstruksjonene yttervegger og yttertak.

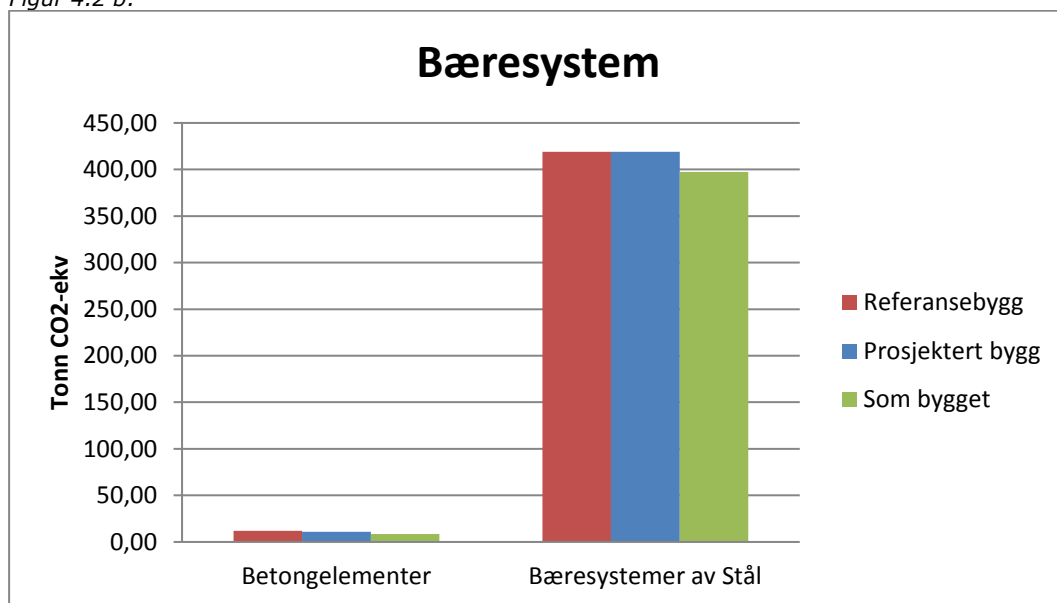
I figurene 4.2 a-h vises utslippsfordeling for de ulike materialgruppene i hver bygningsdel.

Figur 4.2 a:



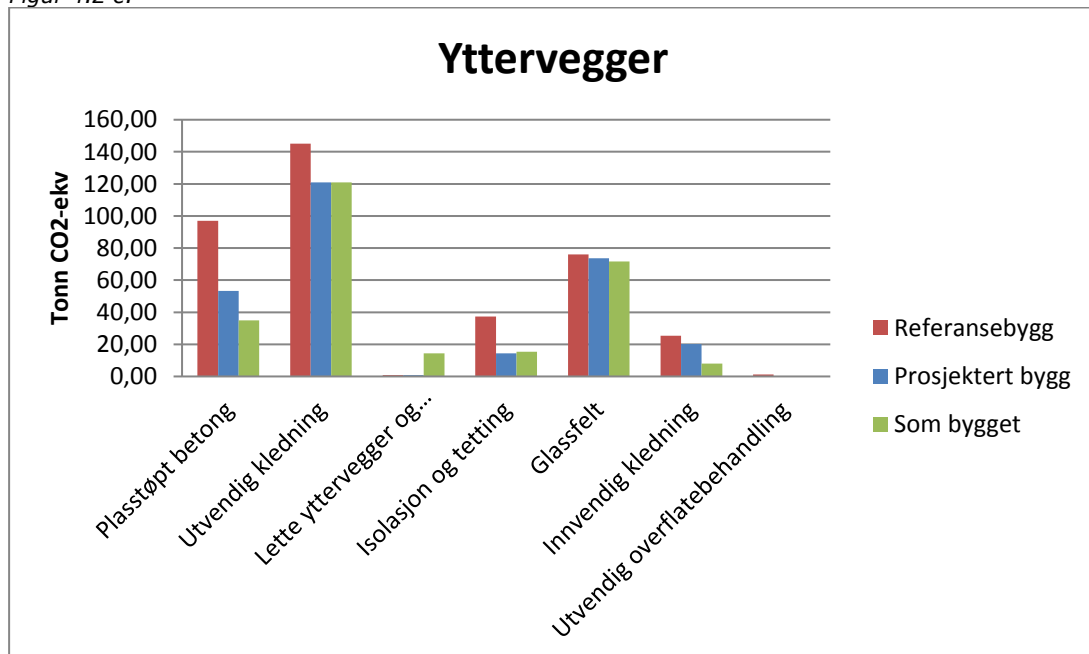
Figuren over viser reduksjon i utslipp fra grunn og fundamenter som reflekterer bruk av lavkarbonbetong i det ferdige bygget. Isolasjonen som består av XPS har økt i utslipp på grunn av større mengder i «Som bygget» enn i prosjektert, men ellers ingen endrede utslipp.

Figur 4.2 b:



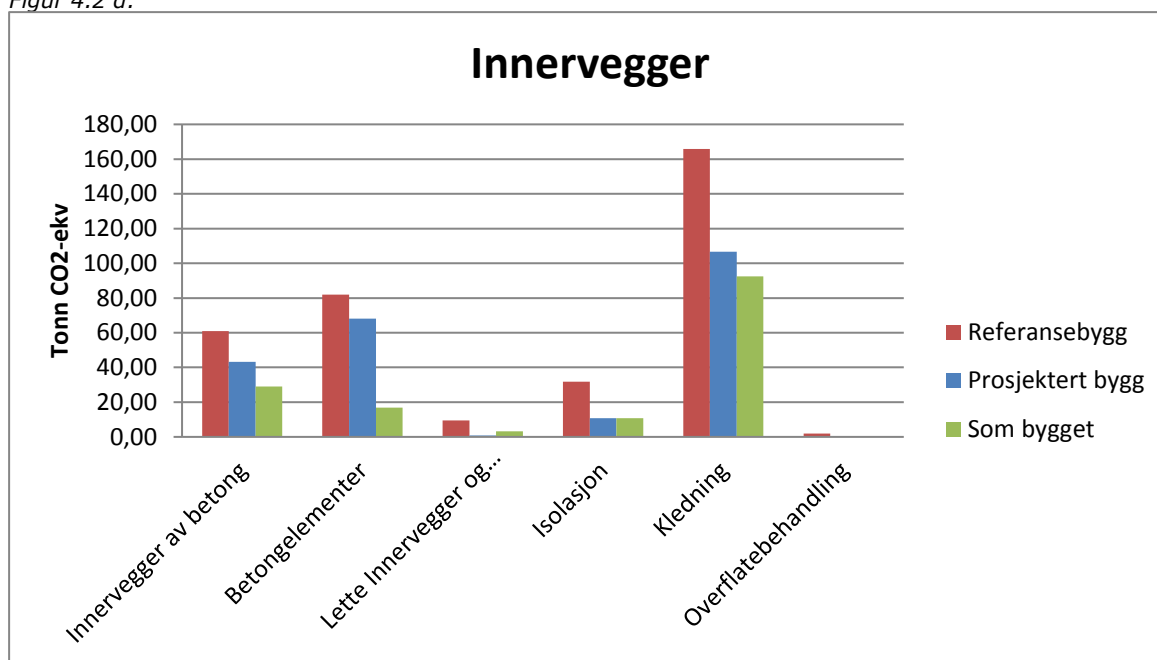
Figuren over viser utslipp fra bæresystemene i referansebygget, prosjektert bygg og «som bygget». Bruk av lavkarbonbetong i både bæresystem og betongelementer. Resirkuleringsgraden i bæresystemet er 70% unntatt hatteprofilene som har 40%. Pga. ukjente mengder av de ulike elementene har kun stålsøylene fått en egen EPD verdi. For å se en større reduksjon i resten av bæresystemet av stål må fordelingen av søyle- og bjelketyper tas rede på.

Figur 4.2 c:



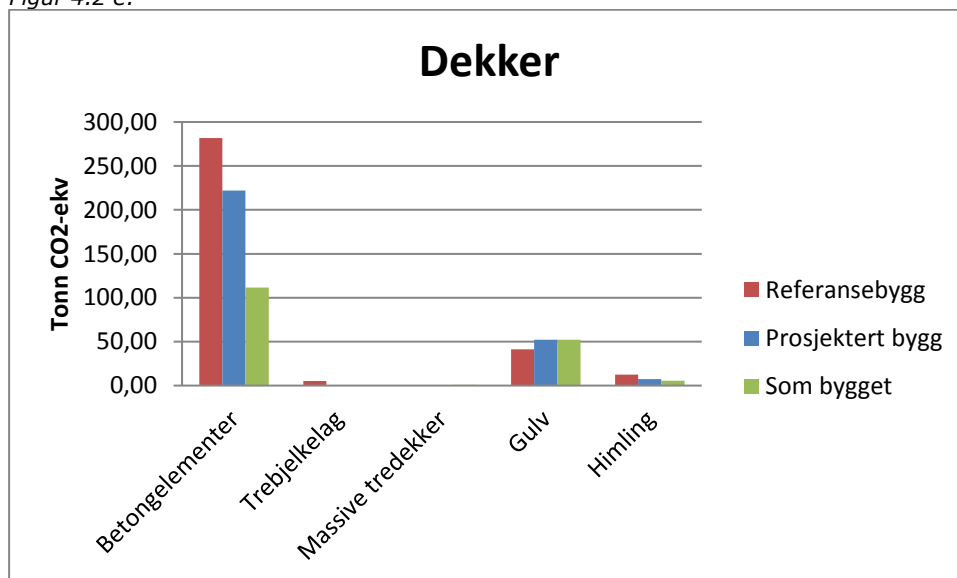
De største reduksjonene ser vi i plasstøpt betong pga. bruk av lavkarbonbetong. Også utvendig kledning er redusert på grunn av bruk av hulltegl i stedet for heltegl. Isolasjon og tetting er redusert på grunn av bruk av glassullisolasjon delvis i stedet for EPS og isolasjonstykkelse. Vi ser en økning i ytterveggen på grunn av isostenderne som har en høy utslippsverdi i forhold til vanlige trestendere. Innvendig kledning har i prosjektert bygg mindre arealer med doble gipslag og EPDen for gips har både utvendig og innvendig (GUplater, obuste plater og vanlige gipsplater) mindre utslippsfaktor enn de generiske verdiene.

Figur 4.2 d:



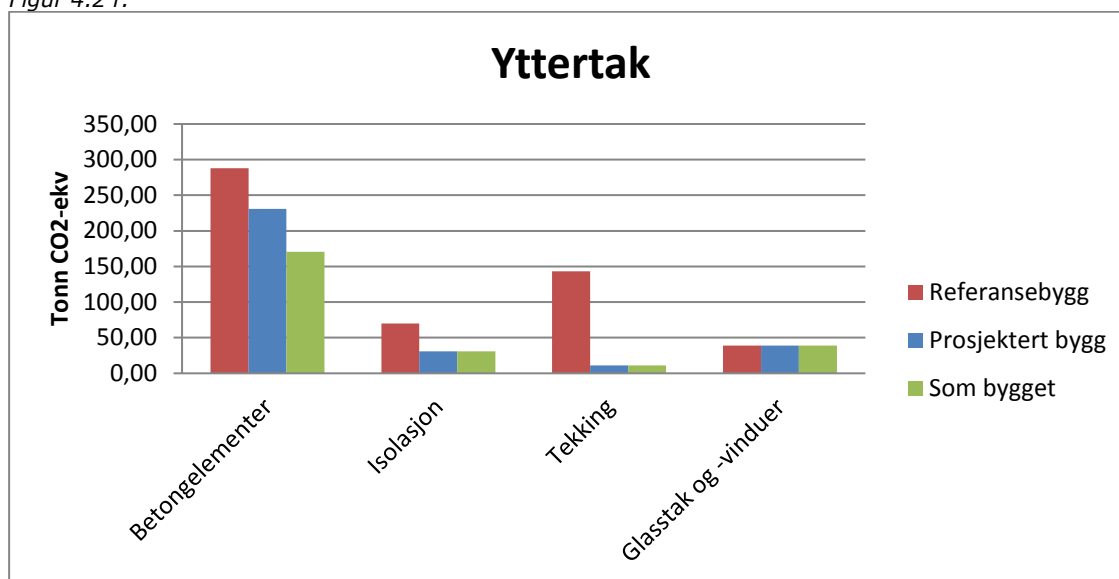
I innerveggene er det i referansebygget brukt doble gipsplater i 60 % av veggene, mens det i det prosjekterte bygget er benyttet et lag robust gips. Reduksjon i betongdeler på grunn av bruk av lavkarbonbetong. Som isolasjon i veggene er det i prosjektert bygg brukt glassull, mens det er brukt mest steinull i referansebygget. EPD-verdiene viser lave utslippsfaktorer på både ulike gipsplater, isolasjon, betongelementer og plasstøpt betong. Isolasjonen gir inntrykk av at den ikke er redusert i figuren, men det skyldes at det er brukt mer isolasjon i det ferdige bygget enn i prosjektert bygg.

Figur 4.2 e:



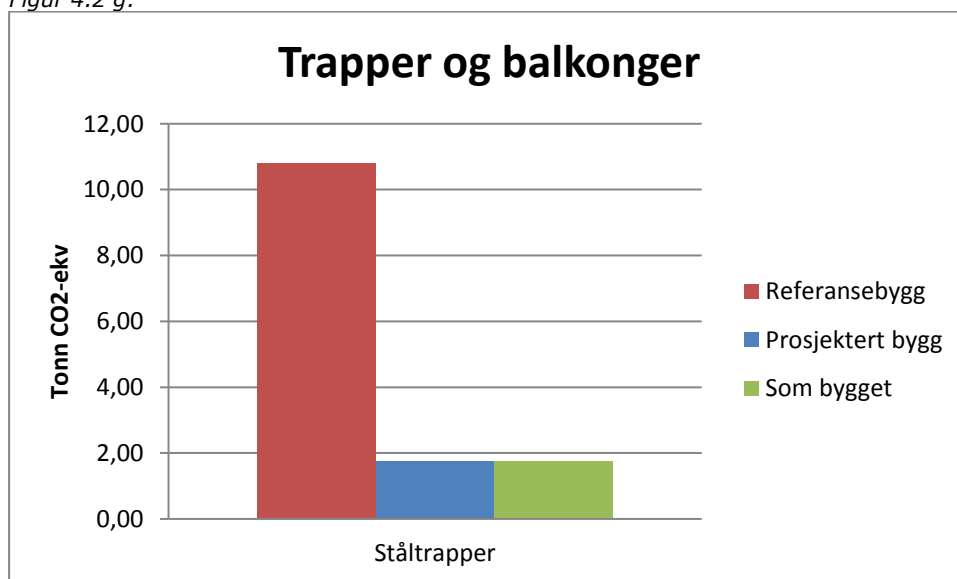
Reduksjon i utslipp fra dekker reflekterer bruk av lavkarbonbetong i det ferdige bygget. Økningen i gulv på grunn kommer fra mye bruk av vinyl der referansebygget bruker mest linoleum og kun 3% vinyl.

Figur 4.2 f:



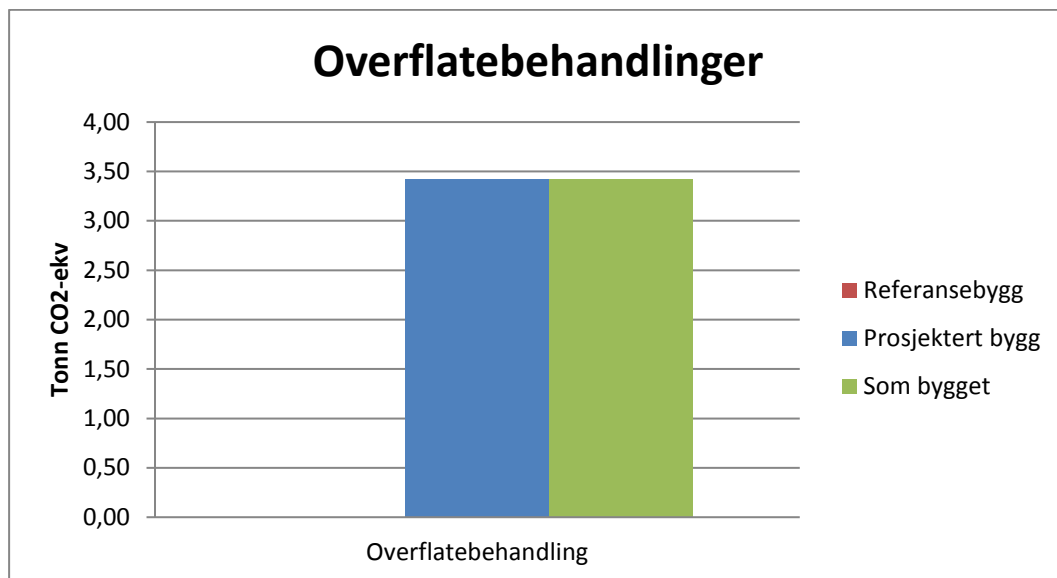
Reduksjon i utslipp fra betongelementer reflekterer bruk av lavkarbonbetong i det ferdige bygget. Reduksjon i isolasjonen kommer av at det i prosjektert bygg er byttet ut mesteparten av XPS-isolasjonen med steinullisolasjon. Denne reduksjonen øker ikke i «som bygget» fordi det ble brukt EPD-verdier i prosjektert bygg for å fremheve den totale effekten av valget når det skulle tas. Referansebygget bruker betydelig mer tekking med høyere utslipp enn prosjektert bygg og «Som bygget».

Figur 4.2 g:



Det er ståltrapper i begge byggene. I referansebygget er stålet fra malm, mens det er brukt stål fra skrap i det prosjekterte bygget. Ingen EPD'er er fremskaffet for ståltrappene i «Som bygget».

Figur 4.2 h:



Overflatebehandlingene er samlet i en post i prosjektert- og «Som bygget» -regnskapet, fordi det var slik mengdene forelå. Referansebygget har også utslipp fra overflatebehandlinger, men disse er fordelt utover i de ulike bygningsdelene i regnskapet.

Tabell 4.6: Fordeling av utslipp på de ulike materialgruppene i bygningsdelene.

		Referansebygg	Prosjektert bygg	Som bygget	Reduksjon i %
Grunn og fundamenter	Plasstøpte fundamenter	164,47	128,84	94,1	43
	Plasstøpte bunnplater og Gulv på grunnen	554,72	474,71	324,0	42
	Isolasjon og tetting	4,28	4,27	6,2	-46
	Peling	127,34	127,34	127,3	0
Bæresystem	Betongelementer	11,89	11,05	8,5	28
	Bæresystemer av Stål	419,05	419,05	397,3	5
Yttervegger	Plasstøpt betong	96,99	53,39	34,9	64
	Utvendig kledning	145,01	120,90	121,0	17
	Lette yttervegger og utforinger	0,93	0,93	14,4	-1445
	Isolasjon og tetting	37,33	14,39	15,4	59
	Glassfelt	76,09	73,72	71,6	6
	Innvendig kledning	25,44	20,28	8,0	69
	Utvendig overflatebehandling	1,17	0,00	0,0	100
Innervegger	Innervegger av betong	61,00	43,15	29,1	52
	Betongelementer	82,00	68,03	16,9	79
	Lette Innervegger og utforinger	9,53	0,76	3,2	66
	Isolasjon	31,88	10,75	10,8	66

	Kledning	165,77	106,57	92,5	44
	Overflatebehandling	1,93	0,00	0,0	100
Dekker	Betongelementer	281,78	222,16	111,8	60
	Trebjelkelag	5,27	0,12	0,1	98
	Massive tredekker	0,00	0,47	0,7	
	Gulv	41,17	52,04	52,0	-26
	Himling	12,59	7,33	5,5	57
Yttertak	Betongelementer	287,90	230,68	170,5	41
	Isolasjon	69,91	30,87	30,7	56
	Tekking	143,02	11,24	11,2	92
	Glasstak og -vinduer	39,03	39,03	39,0	0
Trapper og balkonger	Ståltrapper	10,79	1,75	1,8	84
Overflatebehandling	Overflatebehandling	0,00	3,43	3,4	-100
		2908,29	2277,26	1801,9	38

I sammenligning med referansebygget har det prosjekterte bygget på materialnivå høyere utslipp av massive tredekker, gulvbelegg og overflatebehandling.

- Tredekkene er noe som kun inngår i det prosjekterte bygget og gir derfor ingen utslipp fra referansebygget på denne posten.
- Som gulvbelegg er det valgt vinyl i prosjektert bygg. Dette er en bestemmelse fra Drammen kommune som ikke kan fravikes. Dette gir en negativ reduksjon i regnskapet ettersom referansebygget benytter en god del mer linoleum som har mindre utslipp enn vinyl.
- Overflatebehandlingen er i prosjektert bygg samlet som en egen post, men i referansebygget inngår den i de ulike bygningsdelene.

For fasen «som bygget» er det lagt inn EPD-verdier for de produktene som er valgt. Dette gir større utslipp for noen materialer, men mindre for de fleste.

Materialer som gir større utslipp:

- Armering
- Isotrestendere

Materialer som har fått mindre utslipp:

- Betong: Elementer og plasstøpt
- Glassull
- Steinull
- Gipsplater: robuste, GU og vanlige.

Det ble også brukt mer materialer enn prosjektert i det ferdige bygget. Dette førte til økt utslipp på noen poster. Særlig isolasjon i grunn og fundamenter samt stendere i yttervegger.

5. TRANSPORT

5.1. Beregningsalternativer – forutsetninger og delresultater

Standardverdiene i modulen baserer seg på den nasjonale reisevaneundersøkelsen fra 2009. I tillegg er det brukt data fra den regionale undersøkelsen for Buskerudbyen for 2009 (TØI 1215/2012), Trafikkanalyse for Frydenhaug skole (COWI 2011) og fra en lokal reisevaneundersøkelse gjennomført blant de ansatte på skolen i mars 2013. Framgangsmåte for beregningen baserer seg på CIVITAS veileder for transportmodulen *NA/ES 04.11.11 Revidert*.

En tilsvarende klimagassberegning ble utført for forprosjektet i 2011. Denne beregningen ble utført av COWI i versjon 3.

Siden dette er en skole, gjøres det separate beregninger av henholdsvis ansatte og elever.

Frydenhaug skole er en spesialskole (1.-10. klasse) og har elever fra kommunene Drammen, Nedre Eiker, Lier, Hurum, Røyken, Sande og Selvik. I dag er det 80 elever og 106 ansatte på skolen. Den nye skolen blir bygd for å huse 100 elever og 110 ansatte. Bruksarealet blir totalt 5590 m². Areal per ansatt vil bli 47,04 m² og per elev 51,74 m². I dag, mens skolen er under bygging, holder skolen til på Strømsø skole, som er lokalisert i underkant av 1 km unna Frydenhaug. Transportmønsteret på den midlertidige lokaliseringen antas å være lik som på Frydenhaug. Skolen har en sentral beliggenhet i Drammen.

5.1.1. Referansebygg

Siden dette er en spesialskole finnes det få erfaringstall knyttet til transport for denne typen bygg. Det medfører at noen av dataene som omhandler elevenes reiser er like for både referansebygg og prosjektert bygg.

Turproduksjon

Turproduksjon for elevene er 1,6 turer/døgn. Det tar utgangspunkt i at ikke alle elevene er på skolen samtidig, og er en standardverdi for skoleelever og barnehagebarn.

For ansatte brukes standardverdi for turproduksjon i referansebygg, som her er kontor.

Tabell 5.1: Turproduksjon per ansatt (Kilde: Klimagassregnskap.no).

Turproduksjon pr person	Kontor (tr2)
	Turer/døgn*ansatt
Arbeid	1,6
Tjeneste	0,6
Private ærend	0,2
Service utenfra	0,1
Varetransport	0,2

Reisemiddelfordeling – Ansatte

Tabell 5.2: Transportmiddelfordeling for referansebygg - ansatte. (Kilde: Klimagassregnskap.no – Standardverdier for de 6 største byene i Norge etter Oslo).

Transportmiddelfordeling [% av alle reiser per dag]	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Arbeid	17 %	12 %	71 %
Tjeneste	21 %	7 %	72 %
Innkjøp og service	20 %	5 %	75 %
Annet	24 %	5 %	71 %

Tabell 5.3: Øvrige forutsetninger for reisemiddelfordelingen. (Kilde: Klimagassregnskap.no - Standardverdier for de seks største byene i Norge etter Oslo).

Kjørehastighet i vegnettet	
80 %	under 50 km/t
20 %	over 50 km/t
Gjennomsnittlig reiselengde	
14,1 km	Bil
20,7 km	Kollektiv
Bil- og bussbelegg	
1,3	Bilbelegg (gj.sn. ant. personer pr bil)
15	Kollektiv (gj.sn. ant. personer pr buss)
Andel skinnegående transport	
0 %	av personkm

Verdiene for transportmiddelfordeling, kjørehastighet i vegnettet, bil- og bussbelegg samt andel skinnegående transport er standardverdier som gjelder for de seks største byene i Norge etter Oslo, Bergen og Trondheim, og som baserer seg på den nasjonale reisevaneundersøkelsen fra 2009.

Reisemiddelfordeling – Elever

Tabell 5.4: Transportmiddelfordeling for referansebygg- elever. (Kilde: Frydenhaug skole (2013)).

Transportmiddelfordeling [% av alle reiser per dag]	Bil
Skole	100 %

Tabell 5.5: Øvrige forutsetninger for reisemiddelfordelingen. (Kilde: Klimagassregnskap.no - Standardverdier for de 6 største byer etter Oslo).

Kjørehastighet i vegnettet	
80 %	under 50 km/t
20 %	over 50 km/t
Gjennomsnittlig reiselengde	
14,1 km	Bil
Bil- og bussbelegg	
1,3	Bilbelegg (gj.sn. ant. personer pr bil)

Alle elevene blir kjørt med bil til skolen. Hovedsakelig med taxi, men det er også noen av elevene som blir kjørt av foreldrene.

Øvrige verdier er standardverdier som baserer seg på den nasjonale reisevaneundersøkelsen fra 2009.

Tilpasningsfaktor parkering

Tabell 5.6: Øvrige forutsetninger for reisemiddelfordelingen. (Kilde: Klimagassregnskap.no - Standardverdier for de 6 største byer etter Oslo).

Tilpasningsfaktor, parkering	
1	fri parkering, full tilgang
Reduksjon i biltrafikk fordeles på (%)	
10	Økt bilbelegg
15	Flere gående og syklende
75	Flere kollektivreiser

Antall parkeringsplasser på skolen er begrenset, men de er ikke avgiftsbelagte. Fra rektor har vi fått informasjon om at de ansatte benytter seg av en annen parkeringsplass i nærheten i tillegg til den på skolen. Det anses derfor som at det er full parkeringsdekning på skolen.

Tabell 5.7: Klimagassutslipp fra transport, fordelt på transportmidler, for referansebygg.

Klimagassutslipp	kg CO ₂ -ekv/m ² /år
Bil	13,4
Kollektiv – buss	0,7
Kollektiv – skinnegående	-
Varetransport	3,2
Sum	17,3

5.1.2. Prosjektert bygg

Det er samme antall brukere av bygget. Frydenhaug skole har en sentral plassering i Drammen. Fra beregningen av referansebygg, er den største forskjellen det som går på reisemiddelvalg og reiselengder for de ansatte og for elevene.

Turproduksjon

For de ansatte og elever er turproduksjonen lik som i referansebygget.

Reisemiddelfordeling – Ansatte

Tabell 5.8: Transportmiddelfordeling for prosjektert bygg - ansatte. (Kilde: Frydenhaug skole (2013), RVU for Buskerudbyen fra 2009 (TØI 1215/2012)).

Transportmiddelfordeling [% av alle reiser per dag]	Gang/sykel	Kollektiv	Bil
Arbeid	18 %	21 %	61 %
Tjeneste	10 %	4 %	86 %
Innkjøp og service	30 %	5 %	65 %
Annet	52 %	9 %	39 %

Tabell 5.9: Øvrige forutsetninger for reisemiddelfordelingen. (Kilde: Frydenhaug skole (2013), RVU for Buskerudbyen fra 2009 (TØI 1215/2012)).

Kjørehastighet i vegnettet	
50 %	under 50 km/t

50 %	over 50 km/t
Gjennomsnittlig reiselengde	
10,6 km	Bil
8,9 km	Kollektiv
Bil- og bussbelegg	
1,7	Bilbelegg (gj.sn. ant. personer pr bil)
15	Kollektiv (gj.sn. ant. personer pr buss)
Andel skinnegående transport	
50 %	av personkm

Transportmiddelfordelingen for arbeidsreisene baserer seg på reisevaneundersøkelse fra skolen fra mars 2013, hvor de ansatte ble spurt om reisene sine til jobb i vinter- og sommerhalvåret. Siden det ikke er gitt for "gårsdagen", som er vanlig, er det brukt en gjennomsnittsfordeling av de to årstidene. De øvrige verdiene for tjeneste/innkjøp/service/annet bygger på reisevaneundersøkelsen for Buskerudbyen fra 2009.

På bakgrunn av reisevaneundersøkelsen blant de ansatte er det gjort en beregning av gjennomsnittlig reiselengde på arbeidsreisene. I undersøkelsen ble det blant annet opplyst om hjemsted, og denne informasjonen er brukt til å beregne reiselengde. Reiselengdene er beregnet for bil, men er også brukt for grovt å kunne anslå reiselengden med kollektive transportmidler.

Tabell 5.10: Reiselengder for ansatte med bil og kollektiv. (Kilde: Frydenhaug skole (2013)).

Kommune	Bil antall ansatte	Kollektiv antall ansatte	Målpunkt	Gj.snittlig reiselengde	Vektet gj.snittlig reiselengde bil	Vektet gj.snittlig reiselengde kollektiv
Drammen - Åssiden	2	0	Åssiden kirke	6,9 km		
Drammen - Konnerud	9	1	Konnerud	6,8 km		
Drammen	26	14		4,0 km		
Lier	3	1	Tranby	14,1 km		
Nedre Eiker	11	1	Mjøndalen stasjon	14,2 km		
Røyken	3	1	Spikkestad stasjon	13,1 km		
Sande	4	1	Sande rådhus	20,8 km		
Svelvik	2	1	Svelvik sentrum	25,0 km		
Øvre Eiker	0	0	Vestfossen	21,2 km		
Asker	2	1	Asker stasjon	31,6 km		
Holmestrand	1	1		40,4 km		
Hurum	1	0		44,0 km		
Sum	80	22			10,6 km	8,9 km

Andel skinnegående transport er beregnet med utgangspunkt i de ansatte som har opplyst at de bruker kollektivtransport til jobb og hvor vi mener tog er et naturlig valg. Det er de som er fra Lier, Nedre Eiker, Holmestrand og Asker. For disse ansatte er reiselengden summert ut ifra de reiselengdene som er oppgitt i tabellen over. Tilsvarende er gjort for de øvrige ansatte som bruker kollektivtransport. Ut i fra det får vi andel skinnegående transport til å bli i overkant av 50 % av personkm med kollektivtransport. På grunn av usikkerheter med reiselengder og faktiske reisemidler, er verdien rundet av til 50 %.

Tilpasningsfaktor parkering

Denne er satt lik som for referansebygg.

Reisemiddelfordeling – Elever

Reisemiddelfordeling for elevene er lik som for referansebygg, hvor alle elevene kjøres i bil til skolen.

Fra skolen har vi fått informasjon om antall elever som kommer fra hver av kommunene som sogner til skolen. Ut ifra det er gjennomsnittlig reiselengde beregnet ved å vekte avstanden mellom et sentralt sted i hjemkommunene og til skolen og andelen elever fra den enkelte kommune, se tabell under.

Tabell 5.11: Reiselengder for elevene. (Kilde: Frydenhaug skole (2013)).

Kommune	Ant. elever	Målpunkt	Gj.snittlig reiselengde	Vektet gj.snittlig reiselengde
Lier	10	til Tranby	14,1 km	
Drammen	46		4,0 km	
Nedre Eiker	14	til Mjøndalen stasjon	14,2 km	
Røyken	4	til Røyken stasjon	17,0 km	
Sande	4	til Sande rådhus	18,7 km	
Svelvik	2	til Svelvik sentrum	20,8 km	
Sum	80			8,9 km

Tabell 5.12: Øvrige forutsetninger for reisemiddelfordelingen. (Kilde: Frydenhaug skole (2013)).

Kjørehastighet i vegnettet	
50 %	under 50 km/t
50 %	over 50 km/t
Gjennomsnittlig reiselengde	
8,9 km	Bil
0	Kollektiv
Bil- og bussbelegg	
1,4	Bilbelegg (gj.sn. ant. personer pr bil)
0	Kollektiv (gj.sn. ant. personer pr buss)
Andel skinnegående transport	
0 %	av personkm

Siden elevene kommer fra flere ulike kommuner, er kjørehastigheten i vegnettet satt til at 50 % er over 50 km/t og 50 % under 50 km/t. Det baserer seg på at mye av transporten går på hovedvegnettet.

Belegget per bil er beregnet på bakgrunn av data fra *Trafikkanalyse for Frydenhaug skole* fra 2011. Her er det gitt antall biler/taxier med elever samtidig som vi kjenner antall elever ved skolen. Det gir et snittbeleg per bil på 1,4 elever

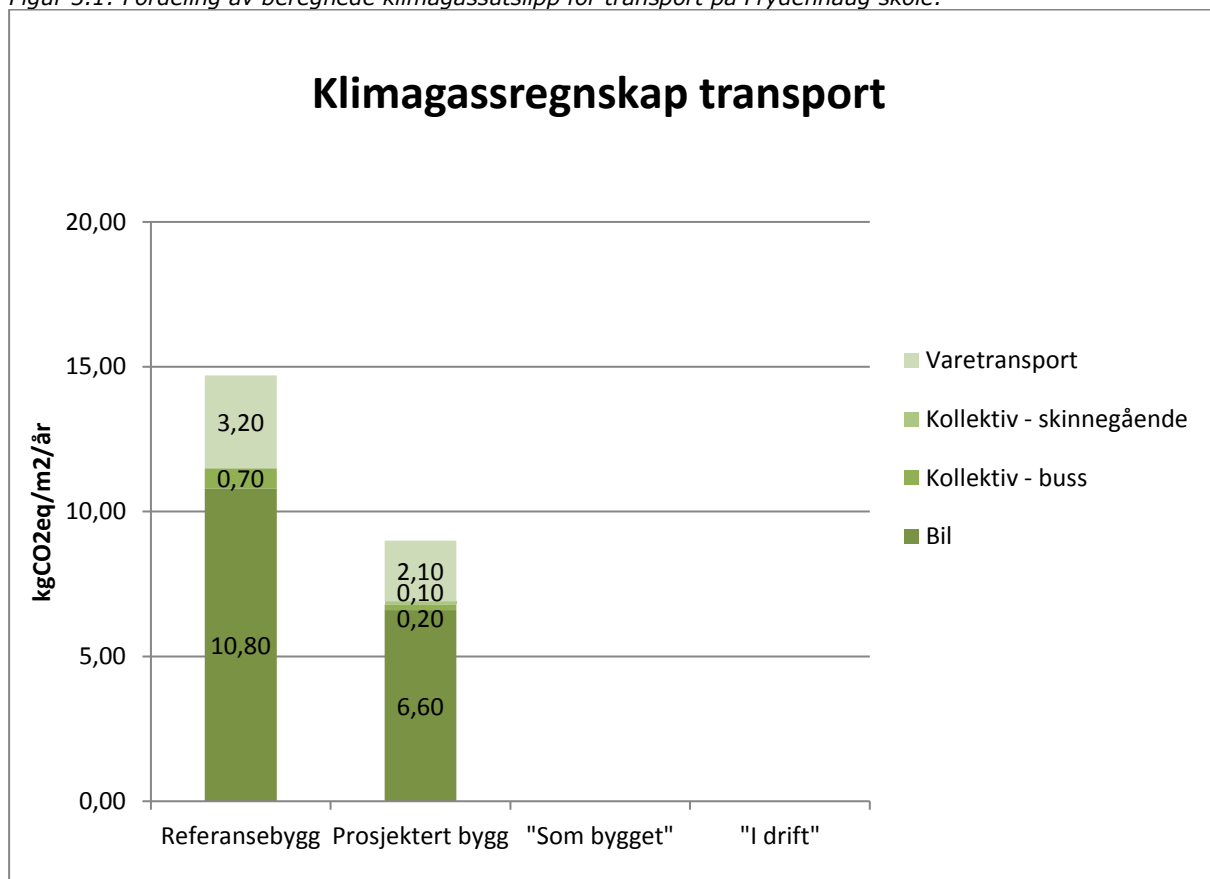
Tabell 5.13: Klimagassutslipp «som prosjektert» når begrensninger i parkeringsmuligheter er hensyntatt.

Klimagassutslipp	Areal spesifikt utslipp [kg CO ₂ -ekv/m ² /år]
Bil	6,5
Kollektiv – buss	0,2
Kollektiv – skinnegående	0,1
Varetransport	2,1
Sum	8,9

5.2. Sammenligning av alternativene – klimagassutslipp fra transport

Beregningen viser at man oppnår en reduksjon av klimagassutslipp på 48,6 % ved de tiltak som er gjennomført for transport.

Figur 5.1: Fordeling av beregnede klimagassutslipp for transport på Frydenhaug skole.



Tabell 5.13: Fordeling av beregnede klimagassutslipp for transport per arealenhet. [kg CO₂-ekv./ m² /år].

	Referansebygg	Prosjektert 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.
Bil	13,40	6,50	52 %				
Kollektiv – buss	0,70	0,20	71 %				
Kollektiv – skinnegående	0,00	0,10	-				
Varetransport	3,20	2,10	34 %				
Sum	17,30	8,90	49 %				

Tabell 5.14: Fordeling av beregnede klimagassutslipp for transport per bruker. [kg CO₂-ekv./ person/år].

	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./ person/år	% red saml. med ref.	kg CO ₂ - ekv./ person/år	% red saml. med ref.
Bil	739,70	359,60	52 %				
Kollektiv – buss	38,10	10,80	71 %				
Kollektiv – skinnegående	0,00	4,40	-				
Varetransport	167,80	112,10	34 %				
Sum	945,50	487,00	49 %				

Det er lavere utslipp fra prosjektert bygg enn for referansebygget, først og fremst på grunn av reiselengdene for de ansatte. I referansealternativet er gjennomsnittlig reiselengde 14,1 km for bil og 20,7 km for kollektiv, mens det for prosjektert bygg er henholdsvis 10,6 km for bil og 8,9 km for kollektiv. Tilsvarende er det for elevenes reiser, hvor det for referansebygget er en gjennomsnittlig reiselengde på 14,1 km i bil. I prosjektert bygg er denne 8,9 km. Endringen i reiselengde for de ansatte kan skyldes at de bor nærmere arbeidsstedet enn det som er gjennomsnittlig eller at arbeidsstedet har en sentral beliggenhet som gir seg i utslag i at flere får kortere reisevei. En annen faktor er andelen skinnegående transport. I Drammen er tog en viktig del av kollektivtilbudet, mens det ikke inngår i referansealternativet i det hele tatt. Noe av transporten fra buss i referansealternativet er dermed overført til tog i prosjektert bygg.

6. VEDLEGG

6.1. Vedlegg 1: Underlag beregninger for energi Prosjekttert bygg.

- Prosjekttert bygg: Energiberegning i Simien, Årssimulering (egen fil). Her er vedlagt kun utdata og sentrale inndata. (ikke elementspesifikke inndata).



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:26 2/12-2013

Programversjon: 5.018

Brukernavn: Dag K. Amundsen

Firma: EM TEKNIKK AS

Inndatafil: L:\...\2412_SIMIEN_Frydenhaug_130624-800m2vindu_Sol20% oppvarm. og vent_80%tappevann.smi

Prosjekt: Frydenhaug skole

Sone: Hele bygget-Skole

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	49256 kWh	10,1 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	20263 kWh	4,1 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	49228 kWh	10,1 kWh/m ²
3a Vifter	42663 kWh	8,7 kWh/m ²
3b Pumper	5089 kWh	1,0 kWh/m ²
4 Belysning	75806 kWh	15,5 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	43196 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	285501 kWh	58,4 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	177960 kWh	36,4 kWh/m ²
1b El. Varmepumpe	13604 kWh	2,8 kWh/m ²
1c El. solenergi	5921 kWh	1,2 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-6	197485 kWh	40,4 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:26 2/12-2013

Programversjon: 5.018

Brukernavn: Dag K. Amundsen

Firma: EM TEKNIKK AS

Inndatafil: L:\...\2412_SIMIEN_Frydenhaug_130624-800m2vindu_Sol20% oppvarm. og vent_80%tappevarm.smi

Prosjekt: Frydenhaug skole

Sone: Hele bygget-Skole

Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder						
Energikilder	Romoppv.	Varmebatterier	Varmtvann	Kjølebatterier	Romkjøling	El. spesifikt
El.	1,0 kWh/m ²	0,4 kWh/m ²	0,5 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	34,1 kWh/m ²
Olje	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Gass	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Fjernvarme	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Biobrensel	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Varmepumpe	7,1 kWh/m ²	2,9 kWh/m ²	1,5 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sol	2,0 kWh/m ²	0,8 kWh/m ²	8,1 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Annen	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sum	10,1 kWh/m ²	4,1 kWh/m ²	10,1 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	34,1 kWh/m ²

Årlige utslipp av CO2		
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte el.	70294 kg	14,4 kg/m ²
1b El. Varmepumpe	5374 kg	1,1 kg/m ²
1c El. solenergi	2339 kg	0,5 kg/m ²
2 Olje	0 kg	0,0 kg/m ²
3 Gass	0 kg	0,0 kg/m ²
4 Fjernvarme	0 kg	0,0 kg/m ²
5 Biobrensel	0 kg	0,0 kg/m ²
Annen energikilde	0 kg	0,0 kg/m ²
Totalt utslipp, sum 1-6	78007 kg	16,0 kg/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:26 2/12-2013

Programversjon: 5.018

Brukernavn: Dag K. Amundsen

Firma: EM TEKNIKK AS

Inndatafil: L:\...\2412_SIMIEN_Frydenhaug_130624-800m2vindu_Sol20% oppvarm. og vent_80%tappevann.smi

Prosjekt: Frydenhaug skole

Sone: Hele bygget-Skole

Energivare	Kostnad kjøpt energi	
	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte el.	142368 kr	29,1 kr/m ²
1b El. Varmepumpe	10883 kr	2,2 kr/m ²
1c El. solenergi	4737 kr	1,0 kr/m ²
2 Olje	0 kr	0,0 kr/m ²
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m ²
4 Fjernvarme	0 kr	0,0 kr/m ²
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m ²
Annen energikilde	0 kr	0,0 kr/m ²
Årlige energikostnader, sum 1-6	157988 kr	32,3 kr/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 11:26 2/12-2013
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Dag K. Amundsen
Firma: EM TEKNIKK AS
Inndatafil: L:\...12412_SIMIEN_Frydenhaug_130624-800m2vindu_Sol20% oppvarm. og vent_80%tappevann.smi
Prosjekt: Frydenhaug skole
Sone: Hele bygget-Skole

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	2091	
Areal tak [m ²]:	2741	
Areal gulv [m ²]:	2981	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	800	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	4886	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	18216	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,11	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,10	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,08	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	16,4	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,03	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	61	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85	

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	85,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,50	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	8,0	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	1,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	4,12	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	44	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	19,8	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	10,0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 11:26 2/12-2013
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Dag K. Amundsen
Firma: EM TEKNIKK AS
Inndatafil: L:\...\2412_SIMIEN_Frydenhaug_130624-800m2vindu_Sol20% oppvarm. og vent_80%tappevann.smi
Prosjekt: Frydenhaug skole
Sone: Hele bygget-Skole

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	10,0	
Driftstid belysning (timer)	10,0	
Driftstid utstyr (timer)	10,0	
Oppholdstid personer (timer)	10,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m²]	7,02	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m²]	7,02	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m²]	4,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m²]	4,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m²]	1,90	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m²]	12,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,38	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,60	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Skolebygg
Simuleringsansvarlig	KN
Kommentar	

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Oslo
Breddegrad	59° 55'
Lengdegrad	10° 45'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,3 °C
Midlere solstråling horisontal flate	110 W/m²
Midlere vindhastighet	2,2 m/s



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 11:26 2/12-2013
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Dag K. Amundsen
Firma: EM TEKNIKK AS
Inndatafil: L:\...\2412_SIMIEN_Frydenhaug_130624-800m2vindu_Sol20% oppvarm. og vent_80%tappevann.smi
Prosjekt: Frydenhaug skole
Sone: Hele bygget-Skole

Beskrivelse	Inndata energiforsyning	Verdi
1a Direkte el.		Systemvirkningsgrad: 0,84 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 10,0% Andel oppv, tappevann: 5,0% Andel varmebatteri: 10,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
1b El. Varmepumpe		Systemvirkningsgrad: 4,12 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 70,0% Andel oppv, tappevann: 15,0% Andel varmebatteri: 70,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %
1c El. solenergi		Systemvirkningsgrad: 9,00 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 20,0% Andel oppv, tappevann: 80,0% Andel varmebatteri: 20,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 11:26 2/12-2013
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Dag K. Amundsen
Firma: EM TEKNIKK AS
Inndatafil: L:\...\2412_SIMIEN_Frydenhaug_130624-800m2vindu_Sol20% oppvarm. og vent_80%tappevann.smi
Prosjekt: Frydenhaug skole
Sone: Hele bygget-Skole

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m²K]:	20,00

Inndata rom/sone	
Beskrivelse	Verdi
Oppvarmet gulvareal	4886,0 m²
Oppvarmet luftvolum	18216,0 m³
Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/(m²K)
Varmekapasitet møbler/interiør	2,0 Wh/m² (Lett møblert rom)
Lekkasjetall (luftskifte v. 50pa)	0,60 ach
Skjerming i terrenget	Moderat skjerming
Fasadesituasjon	Flere eksponerte fasader
Driftsdager i Januar	21
Driftsdager i Februar	20
Driftsdager i Mars	23
Driftsdager i April	22
Driftsdager i Mai	21
Driftsdager i Juni	19
Driftsdager i Juli	0
Driftsdager i August	12
Driftsdager i September	22
Driftsdager i Oktober	21
Driftsdager i November	22
Driftsdager i Desember	18

Underlag beregninger for energi «Som bygget».

- «Som bygget»: Energiberegning i Simien, Årssimulering (egen fil). Her er vedlagt kun utdata og sentrale inndata. (ikke elementspesifikke inndata).



Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 08:35 22/9-2014
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Dag K. Amundsen
Firma: EM TEKNIKK AS
Inndatafil: L:_12412_SIMIEN_Frydenhaug_140919-800m2vindu_Sol80%tappevann.sml
Prosjekt: Frydenhaug skole
Sone: Hele bygget-Skole

Energibudsjett		
Energipost	Energiebehov	Spesifikt energiebehov
1a Romoppvarming	49042 kWh	10,0 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	21391 kWh	4,4 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	49228 kWh	10,1 kWh/m ²
3a Vifter	42663 kWh	8,7 kWh/m ²
3b Pumper	5089 kWh	1,0 kWh/m ²
4 Belysning	48160 kWh	9,9 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	43196 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 energiebehov, sum 1-6	258770 kWh	53,0 kWh/m ²

Leverert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Leverert energi	Spesifikk leverert energi
1a Direkte el.	167599 kWh	34,3 kWh/m ²
1b El. Varmepumpe	16099 kWh	3,3 kWh/m ²
1c El. solenergi	4376 kWh	0,9 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt leverert energi, sum 1-6	188074 kWh	38,5 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 08:35 22/9-2014

Programversjon: 5.018

Brukernavn: Dag K. Amundsen

Firma: EM TEKNIKK AS

Inndatafil: L:\12412 SIMIEN_Frydenhaug_140919-800m2vindu_Sol80%tappevann.sml

Prosjekt: Frydenhaug skole

Sone: Hele bygget-Skole

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	2091	
Areal tak [m ²]:	2741	
Areal gulv [m ²]:	2981	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	800	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	4886	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	18216	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,11	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,10	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,08	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	16,4	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,03	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	61	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,29	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85	

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	85,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ² s]:	1,50	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /h·m ²]	8,0	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /h·m ²]	1,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,52	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	44	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	19,8	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(Vs)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(Vs)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(Vs)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(Vs)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	10,0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 08:35 22/9-2014
Programversjon: 5.018
Brukernavn: Dag K. Amundsen
Firma: EM TEKNISK AS
Inndatafil: L:\12412 SIMIEN_Frydenhaug_140919-800m2vindu_Sol80%tappevann.sml
Prosjekt: Frydenhaug skole
Sone: Hele bygget-Skole

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	10,0	
Driftstid belysning (timer)	10,0	
Driftstid utstyr (timer)	10,0	
Oppholdstid personer (timer)	10,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m²]	4,46	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m²]	4,46	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m²]	4,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m²]	4,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m²]	1,90	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m²]	12,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,38	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,60	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Skolebygg
Simuleringsansvarlig	KN
Kommentar	

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Oslo
Breddegrad	59° 55'
Lengdegrad	10° 45'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,3 °C
Midlere solstråling horisontal flate	110 W/m²
Midlere vindhastighet	2,2 m/s

6.2. Vedlegg 2: Underlag beregninger for materialer

Referansebygg, prosjektert bygg og bygget «som bygget»:

Byggtype 62: Ungdomsskole

Utslipp fordelt på bygningsdel, hovedgrupper og materialer. EPD-verdier i lilla fargekode.

Alternativt referansebygg						Prosjektert bygg					Som bygget				
	mengde		Plas serin g	Utslip p i tonn co2- ekv/li sløp	Refe rans e utslip p i tonn CO2 ekv	Bygnings element	Produktg ruppe	Material	tonn co2- ekv	Prosj ekter t utslip p i tonn CO2 ekv	Bygnings element	Produktg ruppe	Material	Tonn co2- ekv	ton n CO2 ekv
Kantbjelke 5% (80kg stå/m3)	217	m 2	2-2- 1-1	8,201 51	164, 5	Grunn og fundame nter	Plasstøpt e fundame nter	forskaling av tre (m2, t=m, stå kg/m2)	0,05 5573 7	128, 8	Grunn og fundame nter	Plasstøpt e fundame nter	forskaling av tre (m2, t=m, stå kg/m2)	0,0555737	94,1
40kg/m3 armering med 80% resirkuleringsg rad	80000	k g	2-2- 1-2	37,6				armering (kg)	18,4 24				armering (kg)	28,8	
Betong med 0% FA.	263	m 3	2-2- 1-3	118,6 66				betong (m3)	110, 3593 8				betong (m3)	65,2766	

Rapport utarbeidet av:

Kantbjelke 5% (tre eller betong?)	54	m	2-2- 1-1	2,040 93	554, 7	Plasstøpt e bunnplat er og Gulv på grunnen	kantforskaling av tre (m2, t=m, stål kg/m2)	0,00 842	474, 7	Plasstøpt e bunnplat er og Gulv på grunnen	kantforska ling av tre (m2, t=m, stål kg/m2)	0,00842	324, 0
40kg/m3 armering med 80% resirkuleringsg rad	190000	k	2-2- 1-2	89,3			armering (kg)	43,7 57			armering (kg)	69,09372	
Betong med 0% FA.	1027	m	2-2- 1-3	463,3 82			betong (m3)	430, 9452 6			betong (m3)	254,901	
XPS	1119,6	m	2-2- 3-2	4,274 63		Isolasjon og tetting	EPS(m2, t=m)	4,27 463	4,3	Isolasjon og tetting	EPS(m2, t=m)	6,248	6,2
PE-forlie 0,2mm	3732	m	2-2- 3-3	0,001 37338			Plastfolie(m2, t=m)	0			Plastfolie(m2, t=m)	0	
Samme som prosjektert bygg	1000	k			127, 3	Peling	<i>stålpeler(lengde= m, kg stål /m, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>		127, 3	Peling	<i>stålpeler(l engde=m, kg stål /m, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>		127, 3
Samme som prosjektert bygg	5000	k					<i>stålpeler(lengde= m, kg stål /m, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>				<i>stålpeler(l engde=m, kg stål /m, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>		

Samme som prosjektert bygg	1000	k g					<i>stålpeler(lengde= m, kg stål /m, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>				<i>stålpeler(l engde=m, kg stål /m, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>		
Samme som prosjektert bygg	5000	k g					<i>stålpeler(lengde= m, kg stål /m, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>				<i>stålpeler(l engde=m, kg stål /m, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>		
Samme som prosjektert bygg	5000	k g					<i>stålpeler(lengde= m, kg stål /m, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>				<i>stålpeler(l engde=m, kg stål /m, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>		
Samme som prosjektert bygg	13000	k g					<i>stålpeler(lengde= m, kg stål /m, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>				<i>stålpeler(l engde=m, kg stål /m, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>		
	234lm*124 kgstål/lm	2-2- 5-2	83,85 62				SUM stålpeler	83,8 562			SUM stålpeler	83,8562	

Samme som prosjektert bygg	0	k g						<i>betongpeler(lengde=m,tverrsnitt=m2, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>					<i>betongpeler(lengde=m,tverrsnitt=m2, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>		
Samme som prosjektert bygg	40000	k g						<i>betongpeler(lengde=m,tverrsnitt=m2, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>					<i>betongpeler(lengde=m,tverrsnitt=m2, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>		
Samme som prosjektert bygg	241000	k g						<i>betongpeler(lengde=m,tverrsnitt=m2, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>					<i>betongpeler(lengde=m,tverrsnitt=m2, stk pelehoder, stål / pelehode)</i>		
	281000	k g	2-2- 5-3	43,48 716				Sum betongpeler	43,4 9				Sum betongpeler	43,48716	
Betong med 0%FA	19,5	m 3	2-1- 3-1	11,88 7	11,9	Bæresystem	Betongel ement	Søyler av prefab betong(lengde=m, tverrsnitt=m2)	11,0 5491	11,1	Bæresystem	Betongel ement	Søyler av prefab betong(lengde=m, tverrsnitt=m2)	8,5176	8,5
Søyler av stål med 40% resirkuleringsg rad	145000	k g	2-1- 3-1	419,0 5	419, 1		Bæresystem emer av Stål	Stålsøyler(kg)	419, 05	419, 1		Bæresystem emer av Stål	Stålsøyler(kg)	397,3	397, 3

Samme som prosjektert bygg	952	m	2-3-1-1	35,9808	97,0	Yttervegger	Plasstøpt betong	forskaling av tre gjenbrukbare profiler (m2, t=m, stål kg/m2)	0	53,4	Yttervegger	Plasstøpt betong	forskaling av tre gjenbrukbare profiler (m2, t=m, stål kg/m2)		34,9	
Armering med 80% resirkuleringsgrad.	15000	kg	2-3-1-2	7,05				armering (kg) 100% resirkulert	3,4545				armering (kg) 100% resirkulert	5,4		
Betong med 0%FA	119	m	2-3-3	53,9628				betong (m3)	49,934304				betong (m3)	29,5358		
18mm malt trekledning (16%)	359,36	m	2-3-2	7,68218			Utvendig kledning	Fibersementplate r(m2, t=m, stål kg/m2)	10,1585	Utvendig kledning		Fibersementplater(m2, t=m, stål kg/m2)	10,1585			
150mm teglstein	1886,64	m	2-3-2	125,65				Teglforblending - hulltegl(m2, t=m, stål kg/m2)	100,52			Teglforblending - hulltegl(m2, t=m, stål kg/m2)	100,52			
0,01m tykt lag puss	1886,64	m	2-3-2	11,6745				Puss(m2, t=m)	10,2226			Puss(m2, t=m)	10,2226			
							Trekledning			Trekledning		0,078	121,0			
Trestendere (50%)	1736	m	2-3-4-2	0,53599	0,9		Lette yttervegger og utforinger	Bindingsverk av tre(m2, tverrsnitt= m2)	0,53599	0,9		Lette yttervegger og utforinger	Bindingsverk av tre(m2, tverrsnitt= m2)	0,53599		14,4

Trestendere (50%)	1736	m	2-3-4-2	0,26517					Bindingsverk av tre(m2, tverrsnitt= m2)	0,265174					Bindingsv erk av tre(m2, tverrsnitt= m2)	0,265174		
Trestendere (50%)	1736	m	2-3-4-2	0,129					Utforing , lekting(m2, tverrsnitt= m2)	0,129					Utforing , lekting(m2, tverrsnitt= m2)	0,432952		
															Isotrestender	13,1385		
Glassullisolasj on100+200m mtykk	1736	m	2-3-5-1	28,8732		Isolasjon og tetting			Mineralull, vanlig byggkvalitet, glassull(m2, t=m) EPD verdi	11,009712				Isolasjon og tetting	Mineralull , vanlig byggkvalit et, glassull(m2, t=m) EPD verdi	12,0895674		
Dampsperre	1736	m	2	4,79136E-05					Dampsperre(m2, t=m)	4,7914E-05					Dampsper re(m2, t=m)	0,000047		
GU-plater	1736	m	2	3,38069					GU-plater(m2)	3,38069					GU-plater(m2)	3,2984		
100mm EPS	595	m	2-3-5-5	5,07981						0								
vinduer i glass og aluminium (se post under)	109	m	2	76,1		Glassfelt		Vinduer av tre(m2, %andel treverk, t-glass=m, t-treverk=m)	7,16889	73,7			Glassfelt	Vinduer av tre(m2, %andel treverk, t-glass=m, t-treverk=m)	7,16889	71,6		

Vinduer (30% av yttervegg over terreng og 3% under terreng. 2-lags glass og aluminium.	837	m	2-3-2	73,2123			Aluminiumsprofiler for glassfasader,åpningsbare(lengde=m) (728m2)	63,678			Aluminiumsprofiler for glassfasader,åpningsbare(lengde=m) (728m2)	63,678		
Samme som prosjektert bygg 19mm tykke	228,512	m	2-3-2	2,8447			foringer av MDF (lengde=m, tverrsnitt=m2)	2,8447			foringer av MDF (lengde=m, tverrsnitt=m2)	0,704094		
Samme som prosjektert bygg 12 mm tykke	77,2	m	2-3-2	0,0289037			Gerikter av tre (lengde=m, tverrsnitt=m2)	0,0289037			Gerikter av tre (lengde=m, tverrsnitt=m2)	0,0670565		
						Innvendig kledning	Gipsplater 13mm (m2, kg stål/m2)	10,1421			Innvendig kledning	Gipsplater 13mm (m2, kg stål/m2)	3,9928	
2x13mm gipsplate.	3472	m	2-3-2	20,2841			Robust gips13mm (m2, kg stål/m2)	10,1421				Robust gips13mm (m2, kg stål/m2)	3,9928	
Vannbasert maling	1510,32	m	2-8-2	5,0638			MDF-plater(m2,t=m, kg stål/m2)	0				MDF-plater(m2, t=m, kg stål/m2)		
Overflatebehandlet keramisk flis	52,08	m	2-4-2	0,09499	25,4		Trepanel inne(m2,t=m, kg stål/m2)	0	20,3			Trepanel inne(m2,t=m, kg stål/m2)		8,0

Membran	52,08	m	2-3-5-6	0,000 00143 7				0						
oljebasert maling (10%)	173,6	m	2-8-1-1	1,174 92	1,2		Utvendig overflate behandling	(se nederst i ark)	0	0,0		Utvendig overflate behandling	(se nederst i ark)	0,0
Samme som prosjektert bygg	853	m	2-4-3-1-1	11,08 9	61,0	Innervegger	Innervegger av betong	forskaling av tre (m2, t=m, stål kg/m2) systemforskaling ingen tilførte materialer		43,2	Innervegger	Innervegger av betong	forskaling av tre (m2, t=m, stål kg/m2) systemforskaling ingen tilførte materialer	0,221
120kg/m3 armering med 80% resirkuleringsgrad.	15000	k	2-4-1-2	7,05				armering (kg)					armering (kg)	5,4
150mm Betong med 0%FA	95	m	2-4-3-1-3	42,86 4				betong (m3)					betong (m3)	23,47972
Betong med 0%FA, 15mm murpuss og 15mm avrettningsmasse.	363	m	2-4-2-2-1	73,14 63			Betongelementer	Betongelement (m2, t=m)	68,0 2605 9			Betongelementer	Betongelement (m2, t=m)	16,93032
15mm murpuss	363	m	2-3-10-9	3,369 37						68,0				16,9

15mm avrettningsma sse.	363	m 2	2-4- 2-1	5,485 97										
70mm trestendere (71%over og 72% under terreng) 50% av innervegger har dobbelt binding sverk pga. lydkrav.	5417,655	m 2	2-4- 4-1	0,804 783		Lette Innervegg er og utforinge r	Bindingsverk av stål tynnplateprofiler (m2, t=m)	0,75 5666			Lette Innervegg er og utforinge r	Bindingsv erk av stål tynnplate profiler (m2, t=m)	3,243	
1% glassvegg over terreng. 6mm glass og profiler av tre.	50,87	m 2	2-4- 7-1	2,798 66				0						
Murte innervegger av 150mm tykke lettklinkeblokk er, 15mm murspuss og 15 mm avrettningsma sse	203,48	m 2	2-4- 3-2	5,922 49	9,5			0	0,8					3,2

70mm steinull i stendervegger . X2 for 50%	2543,5	m 2	2-4- 5-2	12,13 55	31,9	Isolasjon	Mineralull: glassull(m2, t=m) EPD verdi	10,7 5391 8	10,8	Isolasjon	Mineralull : glassull(m 2, t=m) EPD verdi	10,753	10,8
Glassullisolasi on 50% av innervegger.	2543,5	m 2	2-4- 5-1	19,74 16			Mineralull: Steinull(m2, t=m)	0			Mineralull : Steinull(m 2, t=m)		
1X13mm gipsplater (15%),	1814,4	m 2	2-4- 9-3	18,17 16	165,8	Kledning	Robust gips (13mm) (m2)	94,2 23	106,6	Kledning	Robust gips (13mm) (m2)	27,8553	92,5
14mm trepanel (25%)	3024	m 2	2-4- 9-6	2,201 47				0			Kryssfiner plater	46,8	
2x13mm gipsplate (60%)	7257,6	m 2	2-4- 9-1	145,3 726				0			MDF- plater	5,46	
											Trepanel - inne (m2, t=m)	0,156	
											Stålplater (m2, t=m)	9,57769	
Keramiske flis og membran (3%)	16,08	m 2	2-4- 9-8	0,029 3299	1,9	Overflate behandlin g	Keramiske flis (m2)	12,3 45	0,0	Overflate behandlin g	Keramiske flis (m2)	12,345	0,0
Vannbasert maling (87%)	466,32	m 2	2-8- 1-2	1,563 48			(se nederst i ark)	0			(se nederst i ark)		
Oljebasert maling (10%)	53,6	m 2	2-8- 1-1	0,362 765									

265mm HD- elementeri standard betong med 0%FA.	2716	m 2	2-5- 2-1	217,3 17	Dekker	Betongel ementer	Hulldekker(m2, t=m, gysing og fuging, betong/m2)	222, 1574 7	Dekker	Betongel ementer	Hulldekke r(m2, t=m, gysing og fuging, betong/m 2)	111,76	111, 8
Og 50mm påstøp	2716	m 2	2-5- 1-4	61,27 3									
50kg/m3 armering med resirkuleringsg rad 80% i påstøp(over)	6790	k g	2-5- 1-3	3,191 3				222, 2					
20mm flytesparkel (5%)	135,8	m 2	2-5- 6-13	2,941 1		Trebjelkel ag	Bjelkelag av tre (m2, tverrsnitt=m2, kg stål/m2)	0,10 9617		Trebjelkel ag	Bjelkelag av tre (m2, tverrsnitt= m2, kg stål/m2)	0,109617	
25mm trinnlydsplate i steinull.	2716	m 2	2-5- 4-4	2,314 03									
0, 48*0, 98	314	m 2	2-5- 3-2	0,019 1854			Nedforing/nedlek ting (m2, tverrsnitt m2)	0,00 938			Nedforing /nedlektin g (m2, tverrsnitt m2)	0,00938	0,1

	Ligger inn i arealer for hulldekker	m 2			0,0		Massive tredekker	Massive treelementer(m2, t=m)	0,47 138	0,5		Massive tredekker	Massive treelemen ter(m2, t=m)	0,66248	0,7
14mm parkett (7%)	207,9	m 2	2-5- 6-5	0,876 504			Gulv	Vinyl (m2, t=m, l lim /m2)	37,6 491			Gulv	Vinyl (m2, t=m, l lim /m2)	37,6491	
2mm vinyl (3%)	89,1	m 2	2-5- 6-9	1,637 16				Vinyl (m2, t=m, l lim /m2)	5,51 232				Vinyl (m2, t=m, l lim /m2)	5,51232	
Samme som prosjektert bygg	28,87	m 2	2-5- 6-10	0,045 0403				Listverk av tre (lengde=m, t=m)	0,04 5040 3				Listverk av tre (lengde=m , t=m)	0,0450403	
2,5mm linoleum (84%)	2494,8	m 2	2-5- 6-8	36,01 4				Kjeramiske flis (m2)	7,78 2				Kjeramisk e flis (m2)	7,782	
8mm keramisk flis og membran (5%)	148,5	m 2	2-5- 6-11	2,600 29				Skifer (m2, t=m)	1,04 678				Skifer (m2, t=m)	1,04678	
membran under fliser	148,5	m 2	2-3- 5-6	4,098 6E-06	41,2				0	52,0					52,0
20mm mineralull systemhimling (74%)	1952,12	m 2	2-5- 7-4	5,322 26			Himling	Fast gips (m2, t=m)	2,57 901			Himling	Fast gips (m2, t=m)	0,7222	
malings (26%)	685,88	m 2	2-8- 1-2	2,299 62				Systemhimling - mineralull(m2, t=m)	0,38 2378				Systemhi mling - mineralull (m2, t=m)	0,382378	
13mm gipsplate (87%)	596,7156	m 2	2-5- 7-1	4,901 07	12,6			Systemhimling - mineralull(m2, t=m)	3,89 739	7,3			Systemhi mling - mineralull (m2, t=m)	3,89739	5,5

14mm panel(13%)	89,1644	m	2-4-9-6	0,0649117				Systemhimling - mineralull(m2, t=m)	0,470304				Systemhimling - mineralull (m2, t=m)	0,470304			
265mm HD-element i standard betong med 0% FA. 120kg/m3 armering med resirkuleringsgrad 80%.	3100	m	2-6-2-1+2-6-1-3	287,9168	287,9	Yttertak	Betongelementer	Hulldykker(m2, t=m, gysing og fugging, betong/m2)	248,042	248,0	Yttertak	Betongelementer	Hulldykker(m2, t=m, gysing og fugging, betong/m2)	170,5	170,5		
							Isolasjon	Mineralull- vanlig bygningskvalitet: glassull(m2, t=m)	30,87				Isolasjon	Mineralull - vanlig bygningskvalitet: glassull(m2, t=m)	30,67		
EPS-isolasjon (85%)	765	m	2-6-3-4-5	65,3119				Mineralull- vanlig bygningskvalitet: steinull(m2, t=m)	0						Mineralull - vanlig bygningskvalitet: steinull(m2, t=m)		
steinull (15%)	135	m	2-6-3-4-4	4,6008	69,9			Mineralull- bygningsplate: glassull(m2, t=m)						30,9	Mineralull - bygningsplate: glassull(m2, t=m)		
6,8mm asfaltapp	11071	m	2-6-2-6-10	143,022	143,0		Tekking	Underlagspapp(m2, t=m) 2mm	0,0510152	11,2		Tekking	Underlagspapp(m2, t=m) 2mm	0,0144691	11,2		

Arealet ligger inni hullelement								betongtakstein(m2, t=m)	10,2422			betongtakstein(m2, t=m)	10,2422		
								vannfast kryssfiner(m2, t=m)	0,8937			vannfast kryssfiner(m2, t=m)	0,8937		
0,2mm PE-folie	3140	m2	2-6-6-9	0,00231104				plastfolie/dampsperre(m2, t=m)	0			plastfolie/dampsperre(m2, t=m)	0		
								1 lag asfaltpapp(m2, t=m)	0,0207491			1 lag asfaltpapp (m2, t=m)	0,0207491		
								2 lag asfaltpapp (m2, t=m)	0,03527			2 lag asfaltpapp (m2, t=m)	0,03527		
Samme som prosjektert bygg 1mm	170	m2	2-6-7-7	9,07922			Glasstak og -vinduer	Vinduer av aluminium -faste(m2, t-glass=m2)				Vinduer av aluminium -faste(m2, t-glass=m2)	0		
Samme som prosjektert bygg 1mm	820	m2	2-6-7-8	24,918				Beslag av stål(m2, t=m)	9,07922			Beslag av stål(m2, t=m)	9,07922		
Samme som prosjektert bygg 1mm		m2	2-6-7-8					Beslag av sink(m2, t=m)	24,918			Beslag av sink(m2, t=m)	24,918		
Samme som prosjektert bygg 3mm	256	m2	2-6-7-10	5,031	39,0			Beslag av aluminium(m2, t=m)	5,031	39,0		Beslag av aluminium (m2, t=m)	5,031	39,0	

Ståltrapp i jern 0% resirkulert	3732	k g		10,78 55	10,8	Trapper og balkonger	Ståltrapp er	Stål i ståltrapper fra skrap	1,75 404	1,8	Trapper og balkonger	Ståltrapp er	Stål i ståltrappe r fra skrap	1,75404	1,8
								armering (kg)	0				armering (kg)		
Ståltrapp 100%	?							betong (m3)	0				betong (m3)		
se over(?)	15568	m 2			0,0	Overflate behandlin g	Overflate behandlin g	Akrylmailing (m2)	3,42 5	3,4	Overflate behandlin g	Overflate behandlin g	Akrylmaili ng (m2)	3,425	3,4
Se over(?)	1	m 3						Fugemasse (m3)	0,00 18				Fugemass e (m3)	0,0018	

6.3. Vedlegg 3: Underlag beregninger for transport

Referansebygg

Turproduksjon for ansatte og andre brukere:

Skolebygg: 100 andre brukere

Antall reiser/turer per dag per bruker av bygget

Turproduksjon pr person

	Turer/døgn
Andre brukere	1.6

Lagre og beregn

Skolebygg: 110 ansatte

Antall reiser/turer per dag per bruker av bygget

Turproduksjon pr person

	Turer/døgn
Arbeid	1.6
Tjeneste	0.6
Private ærend	0.2
Service utenfra	0.1
Varetransport	0.2

Lagre og beregn

Reisemiddelfordeling og andre forutsetninger:

Skolebygg: 100 andre brukere

Reisemiddelfordeling og andre forutsetninger

Reisemiddelfordeling

Annet	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
	0 %	0 %	100 %

Kjørehastighet i vegnett

% under 50 km/t

% over 50 km/t

Gjennomsnittlig reiselengde

bil (km)

kollektivt (km)

Bil- og bussbelegg

bilbelegg (gj.sn. ant. personer pr bil)

bussbelegg (gj.sn. ant. personer pr buss)

Andel skinnegående kollektivtransport

% av personkm

Lagre og beregn

Reisemiddelfordeling og andre forutsetninger

Reisemiddelfordeling

	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Arbeid	17 %	12 %	71 %
Tjeneste	21 %	7 %	72 %
Private ærend	20 %	5 %	75 %
Annet	24 %	5 %	71 %

Kjørehastighet i vegnett

% under 50 km/t
 % over 50 km/t

Gjennomsnittlig reiselengde

bil (km)
 kollektivt (km)

Bil- og bussbelegg

bilbelegg (gj.sn. ant. personer pr bil)
 bussbelegg (gj.sn. ant. personer pr buss)

Andel skinnegående kollektivtransport

% av personkm

Lagre og beregn

Evt. data fra lokal reisevaneundersøkelse, samt dokumentasjon av disse

Parkeringens påvirkning av reisemiddelfordeling:

Skolebygg: 100 andre brukere

Påvirkning av reisemiddelfordeling - Parkering

Tilpasningsfaktor, parkering

1.0 = Fri park., full tilgang
0.6 = Avg.belagt av arb.giver
0.4 = Avg.belagt offentlig
0.1 = Ingen P-mulighet

Reduksjon i biltrafikk fordeles på (%):

økt bilbelegg
 Flere gående og syklende
 Flere kollektivreiser

Utgangspunkt

	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Annet	0 %	0 %	100 %

Resultat

	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Annet	0 %	0 %	100 %

Påvirkning av reisemiddelfordeling - Parkering

Tilpasningsfaktor, parkering

1.0 = Fri park., full tilgang
0.6 = Avg.belagt av arb.giver
0.4 = Avg.belagt offentlig
0.1 = Ingen P-mulighet

Reduksjon i biltrafikk fordeles på (%):

 økt bilbelegg Flere gående og syklende Flere kollektivreiser

Utgangspunkt

	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Arbeid	17 %	12 %	71 %
Tjeneste	21 %	7 %	72 %
Innkjøp og service	20 %	5 %	75 %
Annet	24 %	5 %	71 %

Resultat

	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Arbeid	17 %	12 %	71 %
Tjeneste	21 %	7 %	72 %
Innkjøp og service	20 %	5 %	75 %
Annet	24 %	5 %	71 %

Prosjektert bygg

Turproduksjon for ansatte og andre brukere:

Skolebygg: 100 andre brukere

Antall reiser/turer per dag per bruker av bygget

Turproduksjon pr person pr døgn

	Turer/person/døgn
Andre brukere	1.60

Lagre og beregn

Skolebygg: 110 ansatte

Antall reiser/turer per dag per bruker av bygget

Turproduksjon pr person

	Turer/døgn
Arbeid	1.6
Tjeneste	0.6
Private ærend	0.2
Service utenfra	0.1
Varetransport	0.2

Lagre og beregn

Reisemiddelfordeling og andre forutsetninger:

Skolebygg: 100 andre brukere

Reisemiddelfordeling og andre forutsetninger

Reisemiddelfordeling

	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Annet	0 %	0 %	100 %

Kjørehastighet i vegnett

% under 50 km/t

% over 50 km/t

Gjennomsnittlig reiselengde

bil (km)

kollektivt (km)

Bil- og bussbelegg

bilbelegg (gj.sn. ant. personer pr bil)

bussbelegg (gj.sn. ant. personer pr buss)

Andel skinnegående kollektivtransport

% av personkm

Lagre og beregn

Reisemiddelfordeling og andre forutsetninger

Reisemiddelfordeling

	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Arbeid	18 %	21 %	61 %
Tjeneste	10 %	4 %	86 %
Private ærend	30 %	5 %	65 %
Annet	52 %	9 %	39 %

Kjørehastighet i vegnett

% under 50 km/t

% over 50 km/t

Gjennomsnittlig reiselengde

bil (km)

kollektivt (km)

Bil- og bussbelegg

bilbelegg (gj.sn. ant. personer pr bil)

bussbelegg (gj.sn. ant. personer pr buss)

Andel skinnegående kollektivtransport

% av personkm

Lagre og beregn

Parkeringens påvirkning av reisemiddelfordeling:

Skolebygg: 100 andre brukere

Påvirkning av reisemiddelfordeling - Parkering

Tilpasningsfaktor, parkering

1.0 = Fri park., full tilgang
0.6 = Avg.belagt av arb.giver
0.4 = Avg.belagt offentlig
0.1 = Ingen P-mulighet

Reduksjon i biltrafikk fordeles på (%):

 økt bilbelegg Flere gående og syklende Flere kollektivreiser

Utgangspunkt

	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Annet	0 %	0 %	100 %

Resultat

	Gang/sykkel	Kollektiv	Bil
Annet	0 %	0 %	100 %

Påvirkning av reisemiddelfordeling - Parkering

Tilpasningsfaktor, parkering

1

1.0 = Fri park., full tilgang
0.6 = Avg.belagt av arb.giver
0.4 = Avg.belagt offentlig
0.1 = Ingen P-mulighet

Reduksjon i biltrafikk fordeles på (%):

10 økt bilbelegg

15 Flere gående og syklende

75 Flere kollektivreiser

Utgangspunkt

	Gang/syssel	Kollektiv	Bil
Arbeid	18 %	21 %	61 %
Tjeneste	10 %	4 %	86 %
Innkjøp og service	30 %	5 %	65 %
Annet	52 %	9 %	39 %

Resultat

	Gang/syssel	Kollektiv	Bil
Arbeid	18 %	21 %	61 %
Tjeneste	10 %	4 %	86 %
Innkjøp og service	30 %	5 %	65 %
Annet	52 %	9 %	39 %