

# KLIMAGASSBEREGNINGER FOR VERNEDE BOLIGBYGG VS. NYE LAVENERGIBOLIGER

En sammenligning av:

Et vernet laftet boligbygg (1812/1920), rehabilitert (2005-2010)  
og

Et nytt boligbygg, lavenergihus, klasse II (2010)



*Nedre Bakklandet 33, Trondheim.*

*Foto: Marte Boro.*

Beregninger: [www.klimagassregnskap.no](http://www.klimagassregnskap.no)

Oslo, august 2011

**CIVITAS**

i samarbeid med  
Bygganalyse AS  
Siv.Ing Kjell gurigard AS

## Innhold

<b>1. PROBLEMSTILLING .....</b>	<b>3</b>
<b>2. AVVEININGER MELLOM ENERGIEFFEKTIVISERING OG VERNEVERDIER.....</b>	<b>3</b>
<i>Juridisk vern .....</i>	<i>4</i>
<i>Tiltak for å ta vare på vernede bygg.....</i>	<i>4</i>
<b>3. KLIMAGASSBEREGNINGER FOR BYGG, HVA VET VI FRA TIDLIGERE ANALYSER? .....</b>	<b>6</b>
<b>4. AVGRENSNINGER .....</b>	<b>6</b>
<b>5. ANALYSEOPPLEGG, FORUTSETNINGER OG BEREKNINGER.....</b>	<b>7</b>
<i>Energieffektiviseringstiltak for Nedre Bakklandet 33 .....</i>	<i>9</i>
<i>Energiforsyning – valg av energiløsning.....</i>	<i>11</i>
<b>6. RESULTATER.....</b>	<b>11</b>
<i>Utslipp fra materialer før og etter tiltak vs. nytt lavenergiklasse II bygg .....</i>	<i>14</i>
<i>Akkumulert utslippberegning av klimagasser.....</i>	<i>15</i>
<b>7. HOVEDKONKLUSJON .....</b>	<b>18</b>
<b>8. REFERANSELISTE .....</b>	<b>19</b>
<b>VEDLEGG 1 - UTSLIPP FRA ELEKTRISITETSBRUK.....</b>	<b>20</b>

## 1. Problemstilling

Hva er klimagassutslippet fra materialbruk og energibruk i drift for to ulike boligbygg – et vernet tømmer/trehus og et nytt bygg med moderne materialvalg?

Vil klimagassutslippene fra et høyt energiforbruk ved drift (oppvarming) av det gamle huset overskygge klimagassutslipp fra produksjon av alle de nye materialene som må til for å bygge et nytt hus etter lavenergihus, klasse II (energibruksnivå)?

En helhetlig klimagassanalyse for et bygg i et livsløpsperspektiv inkluderer utslipp fra:

- materialer (produksjonen og transporten av disse)
- bygging (konstruksjonsfasen) inkl. evt. riving ved rehabilitering
- energi i driftfasen
- transport av brukere (beboere, besøkende, ansatte) til/fra bygget i driftfasen

Eldre verneverdige boliger (for eksempel av tømmer/tre) lar seg ofte ikke rehabilitere til en energistandard på høyde med lavenergibygg. Vernerestriksjonene medfører at ulike bygningsdeler ikke kan skiftes ut eller kles inne slik at lave nok U-verdier oppnås, men byggene kan til en viss grad energieffektiviseres uten at det går utover verneverdiene. Erfaringene er likevel at energibruk i driftfasen av et rehabilitert vernet hus blir vesentlig høyere enn lavenergihus, klasse II. På den annen side medfører gjenbruk og økt/lang levetid på verneverdige bygninger og bygningsdeler at utslipp per år fra materialene blir svært lave sett i et livsløpsperspektiv (embodied energy and emissions). Energi i driftfasen vil også normalt sett være lavere enn konstruksjon av et nybygg.

Riksantikvaren har reist følgende spørsmål som er belyst:

Hvilket av byggene vil samlet sett ha lavest klimagassutslipp – et nytt lavenergibygg eller et rehabilitert vernet?

Hvilket energieffektivitetsnivå (kWh/m<sup>2</sup> og år) må det verneverdige bygget oppnå for å samlet sett komme like godt ut som et nytt lavenergibygg?

Beregningene er utført av Eivind Selvig, Civitas, og Lars Petter Nilsen, Bygganalyse. Notatet er forfattet av Eivind Selvig, Civitas, med bidrag fra Marte Boro, Riksantikvaren. Marte Boro har vært oppdragsgivers prosjektleder.

## 2. Avveininger mellom energieffektivisering og verneverdier

Eldre bygninger og bygningsdeler vil ha ulik kulturhistorisk verdi. Dette gjelder enten bygningen er erklært som verneverdig eller ikke. Det juridiske vernet omfatter anlegg som myndighetene har bestemt at skal vernes. Dette vil omfatte deler, for eksempel eksteriør, eller hele bygg.

Mange bygg har imidlertid verdier og kvaliteter som ikke er juridisk vernet, men som har høy verdi allikevel. Ofte vil dette omfatte solide, godt formgitte, tidstypiske og vedlikeholdte bygninger med detaljer, overflater, vinduer, dører etc. fra da bygningen var ny. I mange tilfeller er bygninger delvis endret innvendig, men kanskje er det bevart originale bygningsdeler i noen rom slik som flott panel og listverk. For slike eiendommer er det for en stor del opp til eieren å evt. verne om bygningen eller enkelte bygningsdeler.

## Juridisk vern

Det er primært to lovverk som regulerer vern av eksisterende bygninger: *kulturminneloven* og *plan- og bygningsloven*. De innebærer ulike grader av restriksjoner og forvaltes av ulike myndigheter.

*Fredning* skjer etter kulturminneloven og er det strengeste vern for bygninger i Norge. Fredning kan omfatte både bygningens eksteriør og interiør/deler av interiøret. Det er Riksantikvaren som vedtar fredninger. For at et anlegg skal bli fredet må det ha svært høye kulturhistoriske verdier. Det er opp imot 6.000 fredete bygninger i Norge.

Regulering til *bevaring/hensynssone* skjer etter plan- og bygningsloven og brukes oftest for å verne om bygningers eksteriør og miljøer. Fra 2009 ble det også mulighet for å verne interiører. Dette er kommunenes virkemiddel for vern.

Gjennom begge disse formene for vern gis det *bestemmelser* om hva som ikke kan endres på bygningen. Fredete bygg behandles langt strengere enn de som er regulert til bevaring.

Bygninger kan i tillegg eller som et supplement være registrert som verneverdige i kommuneplan eller i egne lister i kommunen. Eksempel på det sistnevnte som et administrativt vern, er Byantikvaren i Oslos Gule liste.

## Tiltak for å ta vare på vernede bygg

For å ta vare på en bygningens kulturhistoriske verdi er det:

- bedre å vedlikeholde enn å reparere
- bedre å reparere enn å skifte ut,
- bedre å legge til noe enn å fjerne originale deler og
- hvis man må skifte ut en bygningsdel, erstatt den med en kopi som er så lik originaldelen som mulig i forhold til materiale, håndverksmessig utførelse og overflatebehandling.

Når man skal gjennomføre energieffektiviseringstiltak er det en avveining mellom behov for inngrep i bygningen og konsekvensen for de kulturhistoriske verdiene. Sintef rapport SFT22F00507 og veilederen "Fiin gammel aargang – energisparing i verneverdige hus" gir utfyllende vurderinger av kryssende hensyn mellom vern og effektivisering samt kvantifisering av potensial for energieffektivisering i noen eksempelbygg. Nedenfor er det gitt en kort kommentar til ulike tiltak som bidrar til energieffektivisering.

### Tetting

Gamle hus er svært ofte glisne og det er et betydelig varmetap gjennom utettheter. Ved forsiktig å løsne på gerikter og listverk for å tette oppnår man betydelig gevinst uten at det går utover kulturhistoriske verdier. Det forutsetter at arbeidene lar seg gjennomføre uten at listverk blir skadet der hvor man har verdifullt listverk.

### Etterisolering bjelkelag mot loft og kjeller

I de fleste tilfeller forutsetter etterisolering av bjelkelag mot kjeller eller tak mot kalde loft at stubbloftsleire fjernes i etasjeskillene og hulrommene fylt med isolasjon. Dette medfører fjerning av den originale leira. I noen tilfeller vil man ikke ønske å fjerne noen av de originale bygningsdelene, da vil innblåsing av isolasjon være en bedre løsning. Hvis kjeller og loft har lite verdifulle interiører vil det være akseptabelt å føre ned kjellerhimlingen eller å føre opp



loftsbjelkelaget for å få mer plass til isolasjon uten at det får noen konsekvenser for de kulturhistoriske verdiene.

### *Vinduer - nye varevinduer*

Vinduer står for en stor del av varmetapet i en bygning og reduserer bokomfort. Derfor anbefales det å forbedre eldre bygninger på dette punktet. En mulighet er å sett inn nye ”vare”vinduer som medfører at man legger til nye bygningsdeler, uten å fjerne de originale. Dette er et godt alternativt til å sette inn helt nye vinduer med koblede rammer som kan føre til at fine ornamenterte rammer, karner og midtposter skjules. Det finnes ulike løsninger med innvendige rammer som gjør svært lite av seg bl.a. løsninger med bare glass uten ramme. Imidlertid gir sistnevnte dårligere U-verdi som resultat. Dette blir hele tiden et spørsmål om avveining mellom energi effektivisering/reduerte klimagassutslipp og vernehensyn.

I varevindueene er det også flere alternativer for valg av glasstyper. Energiglass, glass med LE-belegg, er et enkelt glass, mens en energirute har dobbelt glass og belegg og gir bedre isolasjon (lavere U-verdi). Samtidig så bygger det mer i tykkelse og er tyngre slik at det kreves en noe sterkere rammer. Erfaringer viser at det ofte er enklest å skifte ut eksisterende glass med et nytt energiglass selv om det gir litt høyere U-verdi enn de andre alternativene.

### *Isolering – i ytterveggene – i innervegg*

Ytterveggene i gamle tømmerhus består ofte av laft med panel både utvendig og innvendig.

Utvendig etterisolering vil medføre at vegglivet ble flyttet lengre ut slik at forholdet til kjellermuren, takutstikk og vinduer endres. Ofte vil også mye av gammelt panelet måtte skiftes ut fordi det ikke tåler demontering.

Innvendig etterisolering vil ha konsekvenser for bevaringsverdige interiører. Det er vanskelig å ha full oversikt over interiøret fordi gamle panel kan ligge skjult bak nyere kledning. Det kan likevel være et godt alternativ til utvendig etterisolering.

### *Lys og annet elspesifikt utstyr*

I eldre hus kan belysningen med gamle glødelamper være en del av det vernede interiøret. De gir også et bidrag til rom oppvarming, men er en lite effektiv måte å produsere varme. Hvis mulig og det ikke strider mot verneverdiene vil en effektivisering av belysningen i et hus gi gode el-besparelser til en lav kostnad.

Det er stort sparepotensial ved utskiftning av eldre husholdningsmaskiner (vaskemaskin, kjøleskap, komfyr, oppvaskmaskin, kaffetrakter, ...) og annet elspesifikt utstyr (TV, PC, vifter, ...). Utskiftning av slikt utstyr kommer sjelden i konflikt med vernerestriksjonene, men er ikke alltid en naturlig del av oppgraderingen av bygningen.

Vi har nedenfor estimert besparelsen for Nedre Bakklandet 33.

### *Varmt forbruksvann*

Reduksjon i energibruk til varmt forbruksvann kan oppnås ved å installere sparedusjer og annen vannbesparende armatur, installere dobbelmantlet bereder og isolere varmtvannsrør der disse går gjennom kalde rom. En dobbelmantlet bereder vil installeres hvis det legges om til bio/pelletsfyrte kjel for romoppvarming. Tiltakene er effektive, gir god driftsøkonomi, rask tilbakebetaling, men har en relativ høy investeringskostnad. Tiltakene vil sjelden være i strid med verneverdier.

### 3. Klimagassberegninger for bygg, hva vet vi fra tidligere analyser?

Beregninger fra ulike prosjekter av nye og rehabiliterte bygg (kontorer, høyskoler, skoler, boliger) viser at utslippsbidragene fra de fire kildene (materialer, energibruk i drift, transport i drift, bygge/konstruksjon) varierer relativt mye avhengig av lokalisering, materialvalg og energieffektivitetsnivå. (Byggforsk, 1999; Selvig&Cervenka, 2008, Civitas, 2007, Selvig 2009 og 2010)

Det er indikasjoner på at utslipp fra **materialer** i nye bygg (småhus med lavenergi og lavenergihus, klasse II,) står for 25-30 % av samlet livsløpsutslipp. Rehabiliterte bygg har svært lave utslipp sammenlignet med nybygg, fordi de store materialmengdene i bygget tas vare på og levetiden for disse forlenges. Utslipp fra **energibruk** avhenger av energieffektivitetsnivå og valg av energiforsyning. Andelen varierer fra 10 – 90 %, der så stort bidrag som 90 % oppstår ved svært dårlig energieffektivitet, stor grad av fossil energiforsyning til romoppvarming og utslipp fra el-bruk inkluderes i beregningen. Utslipp fra **transport** avhenger av lokaliseringen og varierer mye avhengig av hvor stor andel av de daglige transportene som utføres med privatbil, kollektiv, sykkel og gange. Sentral sentrumslokalisering gir lave utslipp pga. stor andel kollektiv, sykkel og gange. **Konstruksjonsfasen** har vi foreløpig lite dokumentasjon om, men de analyser som er gjort indikerer at utslippsbidraget er opp til 5 – 10 % av totalt livsløpsutslipp.

I dette varierende bildet blir det vesentlig å analysere det enkelte prosjekt (bygg) for å avdekke hvilke kilder som vil bidra mye/lite hvis kun tradisjonelle løsninger velges. Deretter foreta vurderinger av alternative løsninger og se på mulighetene for utslippsreduksjoner ved for eksempel relokalisering, alternative bygningsmaterialer, arealeffektivisere og energieffektivisere for å redusere behovet for tilført energi og for valg av fornybar energiforsyning.

Rehabiliteringsprosjekter vil i utgangspunktet gi lave utslipp fra materialbruk fordi det kun beregnes utslipp fra produksjonen av de nye materialene som tilføres. Lokaliseringen er gitt og det er relativt lite man kan påvirke utslipp fra transport. Da gjenstår muligheter for utslippsreduksjoner fra energi bruk i drift, redusert energibehov og endring av energiforsyningen(kilde). Ulike sider av disse problemstillingene belyses gjennom beregningene og sammenligningene som er foretatt mellom boligbygget Nedre Bakklandet 33 i Trondheim og et nytt boligbygg etter lavenergi klasse II.

### 4. Avgrensninger

Vi anser ikke at utslipp fra transport i driftsfasen påvirkes av vernerestriksjonene for bygget. Imidlertid vil bruk av verneverdige bygg beliggende i eksisterende tette bystrukturer være å foretrekke framfor å bygge nytt energieffektivt i periferien av byen. God lokaliseringen kan mer enn motvirke en lav energieffektiviteten i et gammelt bygg ikke blir like lav som i et lavenergibygg. Denne problemstillingen har vi imidlertid ikke gått videre med i denne studien.

Utslipp fra konstruksjonsfasen og riving/avfall er i liten grad dokumentert i de prosjekter som har beregnet klimagassutslipp ved hjelp av klimagassregnskap.no. Heller ikke andre studier synes å ha god oversikt over energibruk og utslipp fra denne fasen. Av de studier vi kjenner til så er dette utslippsbidraget lite og det vil trolig heller ikke i denne sammenhengen utgjøre den viktigste forskjellen mellom rehabilitering av verneverdig bygg og bygging av nytt (se f.eks.

Byggforsk, 1999; Hammond&Jones, 2010; Junnila, m.fl., 2006). Problemstillingen er ikke analysert videre denne studien.

Både lokalisering/utslipp fra transport i driftsfasen og utslipp fra byggefasen er spørsmål som bør studeres nærmere ved å analysere konkrete bygge- og rehabiliteringsprosjekter og foreta sammenligninger av nytt versus rehabilitering.

Utslipp fra energibruk i driftsfasen og utslipp fra produksjon av materialer er de to ”utslippspostene” i regnskapet som varierer mye og til en viss grad med motsatt fortegn. Energieffektiv bygningskropp og tekniske løsninger som gir lavt utslipp i driftsfasen medfører ofte større materialmengder og dermed høyere utslipp fra materialer i konstruksjonen. Det er vanlig å sette disse to forholdene opp mot hverandre i diskusjonen om det er fornuftig å verne/ta vare på fremfor å bygge nytt. Det er blant annet derfor vi har gått videre med beregninger av disse to utslippskildene i denne analysen.

Det er ikke gjennomført en fullstendig livssyklusanalyse, men en analyse basert på de metodiske avgrensninger som er gitt i beregningsverktøyet [www.klimagassregnskap.no](http://www.klimagassregnskap.no).

## 5. Analyseopplegg, forutsetninger og beregninger

Problemstillingene er belyst ved å foreta beregninger for et konkret eldre boligbygg, Nedre Bakklandet 33 i Trondheim, og sammenligne dette med beregninger for et nytt boligbygg på samme størrelse bygget som lavenergi klasse II.

I beregningene inngår kun klimagassutslipp fra energibruk i drift og fra materialer som inngår i byggets konstruksjoner.

Beregningene forutsetter 60 års levetid etter at tiltak er gjennomført.

For **det vernede bygget Nedre Bakklandet 33** er det kun de nye ekstra materialene som er nødvendige innsatsfaktor i oppgraderingen av bygget (energieffektiviseringen) som er inkludert i klimagassberegningen. Nødvendige materialmengder (isolasjon, utlekting, vinduer, mv.) er estimert basert på erfaringer ved å oppgradere eldre bygg (Sintef, 2000).

Nedre Bakklandet 33 er et verneverdig laftet tømmer/trehus fra 1812, påbygd med en sidefløy i 1920. Bygget er vernet men rehabilitert med tanke på både å ta vare på bygget så tett på originalen som mulig, forlenge levetiden, bedre bokomfort til ”moderne” standard blant annet ved å bedre energieffektivitet. Vernerestriksjonene som er fastlagt av vernemyndighetene medførte at en rekke energiløsninger ble forkastet fordi det ville virke forstyrrende/skjemmende og komme i konflikt med verneverdiene (Sintef, 2000). Vi har i våre analyser gått videre med flere av løsningene for å illustrere hva som kan være nødvendig av tiltak for å oppnå tilsvarende eller lavere klimagassutslipp ved rehabilitering enn ved nybygg.

Det er foretatt beregninger av effekten av ytterligere tiltak som etterisolering i tak mot kaldt loft, bjelkelag mot kald kjeller, nye energiglass i vinduene, energibesparende belysning/elspesifikke forbruk, reduksjon i varmt forbruksvann samt omlegging av rom oppvarmingen fra ved/olje/el til biopellets og varmepumpe (luft/luft).

I Sintef 2000 er det ikke gjennomgått muligheter for redusert energibruk til elspesifikke formål og varmt vann. I samarbeid med Siv.ing. Kjell Gurigard er det gjort vurderinger av

hvilke tiltak som kan bringe det elspesifikke forbruket (belysning, el-apparater, mv.) og forbruk til varmt vann ned mot samme nivå som i det nye lavenergiklasse II bygget. Det er ikke foretatt konkrete/grundige vurderinger av om disse tiltakene vil komme i strid med verneverdiene(verneformålet) i bygget, men det er angitt generell vurdering av om det er lavt eller høyt konfliktpotensial.

”Tiltaksoversikt” Nedre Bakklandet 33:

Energieffektivisering, **tiltakstrinn 1**, reduserer forbruket fra 510 til 325 kWh/m<sup>2</sup>, en reduksjon på ca 35 % (Sintef, 2000)

Ytterligere effektiviseringstiltak, **tiltakstrinn 2**, kan reduserer energibehovet videre fra 325 til 310 kWh/m<sup>2</sup>, en reduksjon på 5 % (Sintef, 2000)

Tiltak for å redusere det elspesifikke forbruket (belysning og elapparater) og energibruk til varmt vann, **tiltakstrinn 3**, kan redusere energibehovet fra 310 til 252 kWh/m<sup>2</sup>. Se tabeller og gjennomgang nedenfor.

Nye materialer som er tilført bygget som følge av tiltakstrinnene 1-3, dvs. vindtetting, utlekting, isolasjon i vegger, gulv mot kjeller og tak mot kaldt loft, nye varevinduer, mv. Materialmengdene er estimert ut fra skissert omfang av tiltakene i henhold til tiltaksbeskrivelsene i Sintef, 2000 og kjente mengder fra modellbygg i databasen i [www.klimagassregnskap.no](http://www.klimagassregnskap.no) (Bygganalyse).

Det **nye bygget lavenergiklasse II** er ”konstruert” basert på modellbygg i [www.klimagassregnskap.no](http://www.klimagassregnskap.no). Alle materialer i nybygget inngår som grunnlag for klimagassberegningen. Det nye boligbygget er et bindingsverkhus ”konstruert” for å oppnå lavenergi klasse II for energibruk i drift. Det betyr et svært lavt energibruk til oppvarming, kjøling/ventilasjon og el-spesifikke formål.

Sammenlignet med et nytt bygg bygget i henhold til TEK07 gir bygg bygget etter lavenergiklasse II, økt materialbruk til isolering, tetting, vinduer, mv. på ca 20 %. NB! Modellbyggene i [www.klimagassregnskap.no](http://www.klimagassregnskap.no) er satt sammen av bygg som er bygget i henhold til TEK97 og TEK07. Det er foreløpig ingen bygg i databasen som er bygget etter TEK10 (Lars Petter Nilsen, Bygganalyse, pers.med.).

”Tiltaksoversikt” for vårt Nybygget lavenergihus, klasse II:

Tilnærmet samme geometri, størrelse og antall boenheter som Nedre Bakklandet 33.

Netto energibehov for lavenergi boliger, klasse II er ca 80 kWh/m<sup>2</sup> år, fordelt med 35-36 % til el-spesifikke formål

37 % til varmt forbruksvann og

ca 27 % er varme

Materialmengder og materialtyper i hentet fra modellbygg i databasen som inngår i [www.klimagassregnskap.no](http://www.klimagassregnskap.no). Modellbygget er utført som bindingsverk i tre, boliger.

Flere kombinasjoner av energiforsyning til oppvarming og varmt vann er undersøkt for begge byggene. I originalbygget er det i følge Sintef 2000 installert både parafinbrenner/oljebrenner, vedovn og elektrisk panelovner. Forholdet mellom disse oppvarmingsmulighetene er ikke beskrevet i underlaget. Vi har derfor i beregningene forutsatt ulike kombinasjoner for å vise utslippseffekten av mulige valg.

Utslipp fra elektrisitetsbruk er inkludert i beregningene, se også vedlegg med utdypende forklaring (Civitas, 2010 og 2011, ZEB, 2011):

for el som inngår i materialproduksjonen er det forutsatt utslipp fra elektrisitet lik 400 g CO<sub>2</sub>-ekvivalenter/kWh (om lag EU27-nivå i 2007)

for el som inngår i drift av bygget er det forutsatt at det skjer en utslippseffektivisering av el-produksjonen gjennom i levetiden til bygget slik at utslippet fra driften reduseres år for år.

Beregninger for energibruk i drift er foretatt med to ulike funksjoner for utslippseffektivisering av elektrisitetsproduksjonen i Europa. Gjennomsnittet for perioden 2010 til 2070 er hhv. 269 og 146 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh. Disse representerer hhv. en *referanseutvikling* der det kun er forutsatt at gjeldende virkemidler i europeiske politikk gjennomføres (dvs. ca 50% utslippsreduksjon fra elproduksjon innen 2050) og ny kraftig justert europeisk politikk i tråd med 2-graders målet (98% reduksjon i utslippet fra elproduksjon innen 2050).

### Energieffektiviseringstiltak for Nedre Bakklandet 33

Effekten av energieffektiviseringstiltakene (rom oppvarming) har vi beregnet ved hjelp av forenklet beregningsmetode, Sintef, 2004, og resultatet er vist tabellene 1 og 2 nedenfor.

**Tabell 1: Energibesparelsene av ulike tiltak**

Bygg 230 m2 BTA og med 180 m2 oppvarmet BRA		180 m2					
Energisparing - trinn 1+2							
	Energi sparing (kWh/år)	dU	Areal (m2)	Graddager Værnes	Forbruk etter tiltak (kWh/år)	Spesifikt forbruk (kWh/m2)	
Forbruk før tiltak 510 kWh/m2					91 800	510	
Vegg	5 771	0,32	175	4294	86 029	478	
Tak mot kaldt loft	7 930	0,81	95	4294	83 870	466	
Gulv mot kjeller	7 008	0,8	85	4294	84 792	471	
Gulv mot portrom	1 237	0,8	15	4294	90 563	503	
Vinduer	14 016	3,4	40	4294	77 784	432	
Dører	-						
Tetthet reduseres til 1 / h	-						
Sum besparelser og sluttforbruk	35 961				55 839	310	

**Tabell 2: Endrede U-verdier som følge av tiltakene (Sintef 2004):**

Transmisjon Nedre Bakklandet (ref. Sintef, stf22f 00507)	Areal(m2)	U-verdi før	U-verdi etter enkel energieff (trinn 1)	U-verdi etter ytterligere energieff. (trinn 2)	Bygningmessige endringer
Vegg	175	0,68	0,68	0,36	innvendig etterisolering(5-10 cm) og tetting
Tak mot kaldt loft	95	0,66	0,19	0,19	Hulrom evt. leire erstattes med isolasjon
Gulv mot kjeller	85	0,52	0,26	0,2	Leirfylling erstattes med isolasjon
Gulv mot portrom	15	0,99	0,43	0,2	Hulrom evt. leire erstattes med isolasjon
Vinduer	40	4,7	1,7	1,3	nye vevinduer med energiruter (to lag med gassfylling)
Dører	5	2,9	2,9	2,9	Ingen endringer
Tetthet reduseres til 1 / h					

Det er avvik i dU i de tabellene 1 og 2. Det synes som om Sintef har brukt ulikt utgangspunkt i vurderingen av effekten av tiltakene eller at tiltakseffekten er mer detaljert/nøyaktig beregnet enn det vi har fått til med bruk av forenklet metode. I tabell 1 er U-verdi før tiltak mot tak, gulv mot kjeller og gulv mot portrom alle satt til 1,0. I tabell 2 er U-verdiene før tiltak hhv. 0,66, 0,52 og 0,99. Vi har i våre beregninger anvendt sluttresultatet gjengitt i tabell 1, dvs. det resulterende forbruket kWh/m<sup>2</sup> etter tiltak.

Tiltakene etterisolering i gulv, tak og vegger samt skifting av vindusglass medfører fra 10 til 20 % økt materialbruk i de deler av bygget der nye materialer legges til (Bygghanalyse/Lars Petter Nilsen, pers med.). Utslipp knyttet til nye materialer er inkludert i beregningene.

Effektivisering av elspesifikk forbruk og varmt forbruksvann kaller vi **Tiltakstrinn 3**. Disse er gjennomgått av Siv.ing Kjell Gurigard.

Tiltakene vil være en blanding av energieff. tiltak, og moderniserings-/oppgraderingstiltak. Eksempler på mulige tiltak og potensiell effekt er listet i tabell 3 nedenfor. Noen av tiltakene

er høyst aktuelle og økonomisk gunstige, mens andre gir mer marginal energispareeffekt, har høy merkostnad og er først og fremst eksempler på moderniserings-/oppgraderingstiltak.

**Tabell 3: Tiltakseksempler for en husholdning i en bolig på 120 m<sup>2</sup> (www.hafslund.no, 2011):**

	Tiltakstype	Før tiltak (kWh/m <sup>2</sup> )	Etter tiltak (kWh/m <sup>2</sup> )	Besparelse (kWh/m <sup>2</sup> og % reduksjon)	Merkostnad ift besparelse (Lav, Middels, Høy)	Konfliktpotensial med verneverdier (Lavt, Høyt)
1a	Alt 1: Sparepærer i gammel armatur	23	13	10 (-43%)	L	L
1b	Alt 2: LED-belysning	23	5	18 (-78%)	H	L/H
2	Tidsstyring og/eller bevegelsessensor i rom- og utebelysning				M	L
3	Sparedusj	30	18	12 (-40%)	L	L
4	Valg av beste energiklasse på hvitevarer og LED-TV	30	20	10 (-33%)	H	L

Energibruk til elspesifikke formål og varmt forbruksvann kan for et laftet bygg ved gjennomføring av de riktige tiltakene, bringes ned på om lag samme nivå som i et nytt lavenergiklasse II bygg. Det forutsetter blant annet utskifting til samme type energieffektive elektriske apparater som forutsettes installert i lavenergiklasse II-bygget (tiltak nr. 4 i tabell 3). Det gir en høy merkostnad per kWh spart hvis utskiftingen gjøres før eldre utstyr er utslitt og i praksis er en full utskifting av alt el-spesifikt utstyr ikke realistisk.

Besparelsen ved gjennomføring av tiltak 1b og 3 i tabell 3 vil for en husholdning være ca 30 kWh/m<sup>2</sup>\*år.

Tiltak 2 over kan være aktuell dersom 1a og 1b ikke blir gjennomført. Dersom 1b blir gjennomført (og i noen grad 1a) så betyr styring av belysningen lite og tiltaket er overflødig. Konfliktpotensialet er avhengig av *verneklasse, omfang og formål*, og vi har kun foretatt generelle vurderinger knyttet til tiltakstypen og ”synligheten av tiltaket”. Nærmere vurderinger må gjøres i hvert enkelt bygg.

Overfører vi beregnet sparepotensial til Nedre Bakklandet 33 hvor det er et oppvarmet bruksareal på 180 m<sup>2</sup> og 3-5 boenheter/leiligheter har vi estimert at tiltak 1b + 3 gir en reduksjon på ca 53 kWh/m<sup>2</sup> og at del av tiltak 4 (utskifting av kun halvparten av husholdningsapparatene) gir en reduksjon på ca 20 kWh/m<sup>2</sup>. På denne bakgrunn forutsetter vi i videre beregninger at **tiltakstrinn 3** for Nedre Bakklandet inkluderer tiltak nr. 1b, 3 og ½ parten av tiltak 4 med samlet energibesparelse er 73 kWh/m<sup>2</sup>.

Energispareeffekten av tiltakstrinnene for Nedre Bakklandet 33 er oppsummert i tabell 4 nedenfor, fordelt på formål og sammenlignet med et nytt boligbygg i lavenergiklasse II.

Utslippseffekten (klimagasser) kommer vi tilbake til i eget avsnitt der også effekten av endret energiforsyning inkluderes.

**Tabell 4: Energispareeffekten av tiltakstrinn for Nedre Bakklandet 33**

Energibruk i drift, kWh/m <sup>2</sup> (% av Sum)	Sum	Varme	El-spesifikt	Varmt vann
Vernet laftet, etter energieff. trinn 1	325 (100 %)	170 (52 %)	105 (32 %)	50 (15 %)
Vernet laftet, etter energieff. trinn 1+2	310 (100 %)	155 (50 %)	105 (34 %)	50 (16 %)
Vernet laftet, etter energieff. trinn 1+2+3	252 (100 %)	155 (62 %)	67 (27 %)	30 (12 %)
Nytt lavenergi klasse II	80 (100 %)	22 (27 %)	29 (36 %)	30 (37 %)



## Energiforsyning – valg av energiløsning

Vi har i analysen foretatt beregninger for flere alternative løsninger for energiforsyning til romoppvarming og varmt forbruksvann i det laftede huset.

**Romoppvarming.** Opprinnelig oppvarming (dagens) er i følge Sintef (2000 og 2004) olje/parafinbrennere (kaminer), elektrisitet samt tradisjonell vedfyring. Det er ikke oppgitt fordelingen av disse. Vi har derfor forutsatt at de hver for seg forsyner bygget med 1/3 av varmebehovet. Se tabell 5 nedenfor.

**Varmt forbruksvann.** I dag varmes vannet opp ved tradisjonell elkolbe. Vi har også foretatt en beregning der det legges om til en kombinasjon av biokjel/pellets og solkollektorer med dobbeltmantlet kolbe til varmt vann og vannbåren rom oppvarming.

I tabell 5 er netto energibehov oppgitt før og etter ulike tiltakstrinn og fordelt på formål.

**Tabell 5: Energibehov før og etter tiltakstrinn med fordeling på formål og energiforsyning**

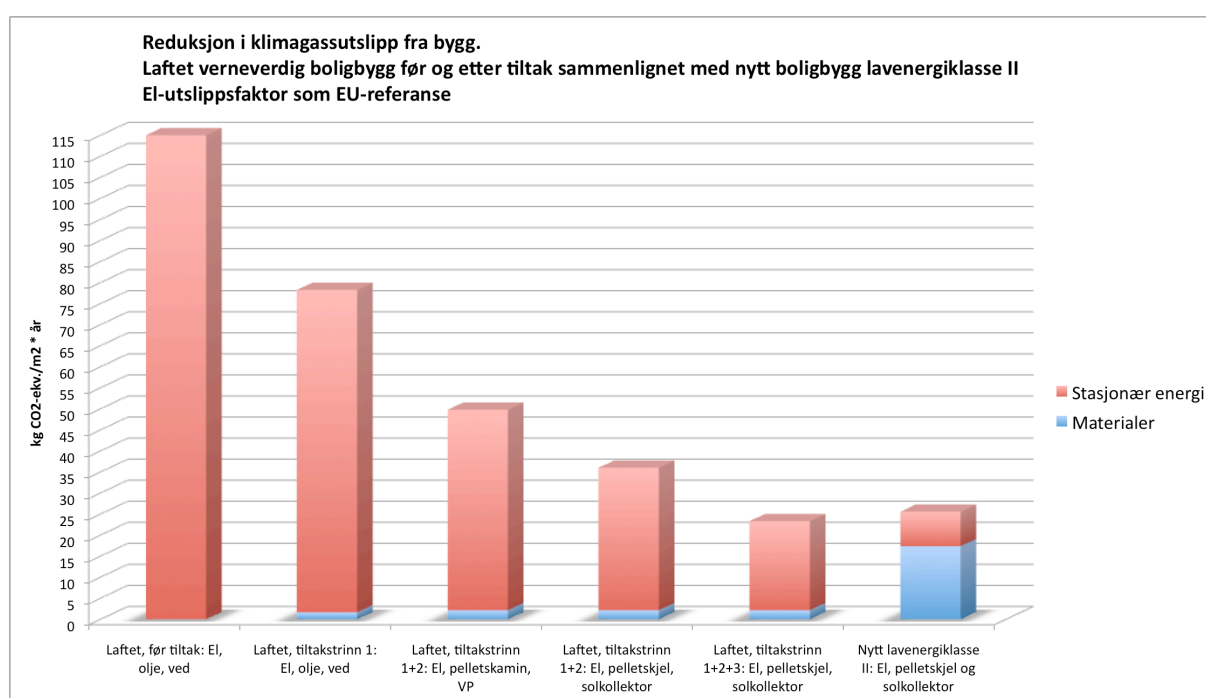
	Netto energibeh. (kWh/m <sup>2</sup> *år)	El-spes.	Varmt vann	Romoppvarming			
				El-direkte varme	Olje/parafin-kamin	Vedfyring, pelletskamin/pellets-kjel/solkollektor	Varmepumpe
<b>Prosent av total energibruk</b>							
<b>Laftet bolighus med vernerestriksj. (Nedre Bakklandet 33):</b>							
<u>Dagens bygg</u> uten energieffektivisering; el, olje/parafin og ved	510	21 %	10 % (el)	23 %	23 %	23 %	0 %
<u>Energieffektiviseringstiltak trinn 1</u> , samme energiforsyning som dagens	325	33 %	16 % (el)	16 %	17 %	17 %	0 %
<u>Energieffektiviseringstiltak trinn 1+2</u> , ny energiforsyning med luft til luft varmepumpe og bio-pellets-kamin til romoppvarming	310	34 %	16 % (el)	0 %	0 %	25 %	25 %
<u>Energieffektiviseringstiltak trinn 1+2</u> , ny energiforsyning med bio-pellets-kjel og solkollektor til vannbåren varme og varmtvann	310	34 %	16 % (45% pellets-kjel, 45% sol, 10% el)	5 %	0 %	45 % (70% pellets 30% sol)	0 %
<u>Energieffektiviseringstiltak trinn 1+2+3</u> , ny energiforsyning med bio-pellets-kjel og solkollektor til vannbåren varme og varmtvann	252	27 %	12 % (45% pellets-kjel, 45% sol, 10% el)	3 %	0 %	58 % (70% pellets 30% sol)	0 %
<b>Nytt boligbygg, bindingsverk, – lavenergihus, klasse II</b>							
<u>Lavenergibygg klasse II</u> med bio-pellets-kamin og varmepumpe	80	36 %	37 % (90% pellets-kam., 10% el)	0	0	13,5 %	13,5 %
<u>Lavenergibygg klasse II</u> med bio-pellets-kjel og solkollektor til vannbåren varme og varmtvann	80	36 %	37 % (45% pellets-kjel, 45% sol, 10% el)	0	0	27 %	0

## 6. Resultater

Klimagassutslippene fra energibruk i drift og materialer for Nedre Bakklandet 33 er før gjennomføring av tiltak ca 115 kg CO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>2</sup> og år (60 års beregningsperiode), se figur 1. Utslipp fra materialer i dette vernede gamle laftede bygget er satt til null. Utslippene før tiltak er derfor kun knyttet til energibruk i drift. Det er som nevnt ovenfor forutsatt utslipp fra elektrisitet etter funksjonen EU-referanse som gir et gjennomsnittlig utslipp i 60 års perioden 2010-2070 på 269 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh. I kapittel 5 og i vedlegg er det en nærmere drøfting av denne forutsetningen.

Klimagassutslippene etter gjennomført tiltakstrinn 1, 1+2, 1+2+3 og energiomlegging reduseres ned til ca 23 kg CO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>2</sup> og år, en utslippsreduksjon på hele 80 prosent. Gjennomføringen av tiltakstrinnene medfører at bygget tilføres nye materialer som gir et utslippsbidrag på i underkant av 10 prosent.

Klimagassutslippet fra det nye lavenergiklasse II boligbygget er tilsvarende beregnet til ca 26 kg CO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>2</sup> og år (figur 1). Det er ca 80 prosent lavere utslipp enn Nedre Bakklandet 33 før rehabilitering og energieffektivisering. Det er omlag på samme nivå (marginalt høyere) som Nedre Bakklandet 33 etter gjennomføring av tiltakstrinn 1+2+3+energiomlegging. I lavenergibygg utgjør utslipp fra materialer hele 68 prosent av summen av utslipp fra energibruk i drift og materialer. Vi har forutsatt tradisjonell materialbruk i lavenergibygg og dermed ikke lagt vekt på valg av materialer med lavest mulig klimagassutslipp.



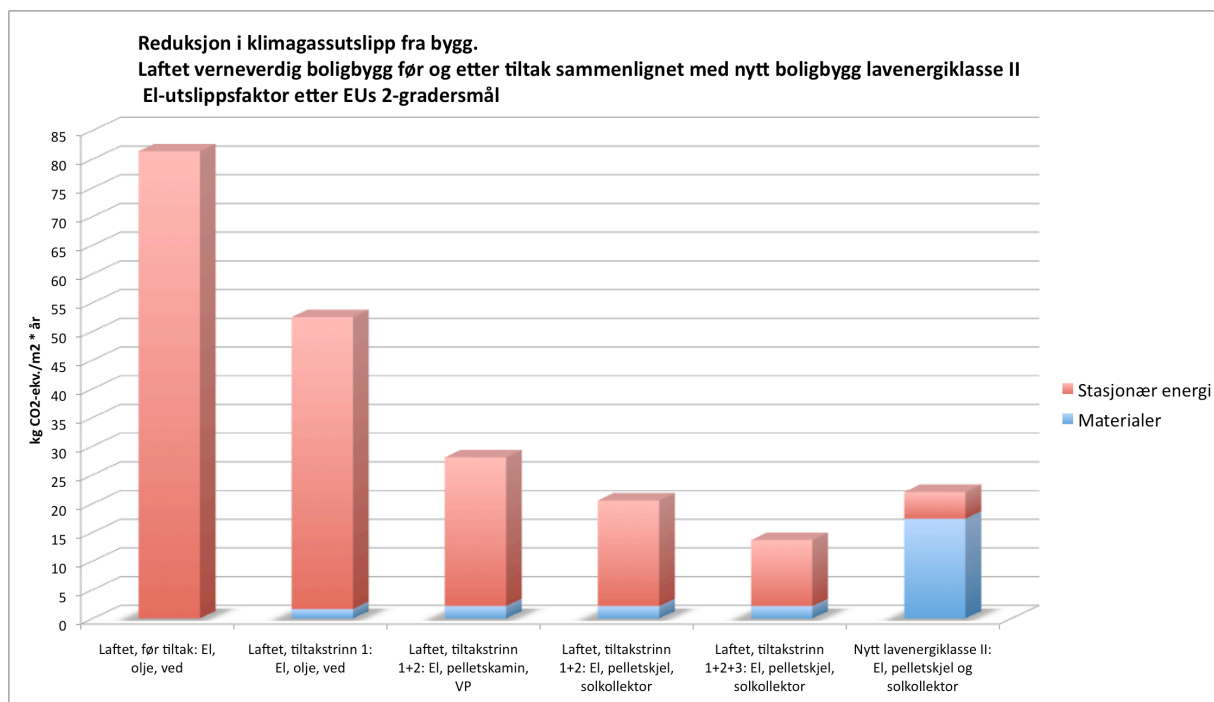
**Figur 1:** Klimagassutslipp fra energibruk i drift og materialer (kg CO<sub>2</sub>-ekv/m<sup>2</sup>\*år), for to boligbygg. Nedre Bakklandet 33 et laftet bygg med verneverdigheter der det er gjennomført energieffektivisering og endret energiforsyning, og et nytt lavenergi klasse II boligbygg. Beregningsverktøy: [www.klimagassregnskap.no](http://www.klimagassregnskap.no). Utslipp fra el etter funksjonen "EU-referanse", i gjennomsnitt 269 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh i 60 års perioden 2010 til 2070.

Fossdal og Edvardsen kom i 1999 fram til at et gammelt tømmerhus gav vesentlig lavere klimagassbelastning enn et moderne bindingsverkshus. Denne analysen beregnet imidlertid ikke utslipp fra elektrisitetsbruk. Energieffektivitetsnivået i det moderne bindingsverkshuset var også kun 20 % lavere enn for tømmerhuset. Dette er en vesentlig mindre forskjell enn det som er tilfellet mellom lavenergibygg klasse II og vårt eksempel på eldre laftet bolighus (Nedre Bakklandet 33). Her er forskjellen hele 70-75 % lavere energibehov for lavenergibygg.

Sammenligner vi med beregninger av andre bygg ved bruk av klimagassregnskap.no (Civitas, 2008 og 2010) så er utslippene i samme størrelsesorden.

I figur 2 vises klimagassutslipp for byggene ved bruk av en lavere utslippsfaktor for elektrisitet etter funksjonen ”2-gradersmålet” som gir et gjennomsnittlig utslipp i 60 års perioden 2010-2070 på 146 g CO<sub>2</sub>-ekv./kWh. Generelt så gir endring i denne forutsetningen en reduksjon i utslippene på 30-40 prosent for Nedre Bakklandet 33 og ca 14 prosent for lavenergibygget. Energibruk i drift bidrar dermed mindre til byggets klimagassutslipp, mens materialvalg får en større betydning. Utslippene i Nedre Bakklandet ved lav utslippsfaktor for elektrisitet, også etter kun tiltak 1+2+full energiomlegging er lavere enn i lavenergibygget.

I figur 3 er resultatene ved bruk av de to el-faktorene satt ved siden av hverandre for letter å se forskjellen ved endring i forutsetningen om utslipp fra el.



**Figur 2:** Klimagassutslipp fra energibruk i drift og materialer (kg CO<sub>2</sub>-ekv/m<sup>2</sup>\*år) for to de boligbyggene, men ved forutsetning om lavere utslipp fra el – utslippsfunksjon etter EUs ”2-gradersmål” som gir gjennomsnitt på 146 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh i 60-års perioden 2010 til 2070.

Som det fremgår av resultatene er det stor forskjell i klimagassutslippene mellom de to byggene før det gjennomføres tiltak for Nedre Bakklandet 33. Gjennomgangen av tiltakene og beregnet effekt av tiltakene viser at det er mulig også for eldre bygg å oppnå svært lavt energibehov. Det kreves imidlertid relativt omfattende tiltak og noen av kan i mange tilfeller komme i konflikt med verneformålet for bygget og i praksis ikke tillates gjennomført.

Kun effektiviseringstiltak er i dette eksempelet ikke tilstrekkelig til å oppnå samme lave klimagassutslipp som et lavenergiklasse II bygg. Det er i tillegg nødvendig med en energiomlegging (annen forsyning) både for oppvarming og varmt forbruksvann. Også slike tiltak kan komme i konflikt med verneformålet og i praksis ikke tillates gjennomført.



**Figur 3:** Klimagassutslipp fra energibruk i drift og materialer (kg CO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>2</sup>\*år) for to de boligbyggene, med to ulike forutsetninger om el – utslippsfunksjon; ”EU-referanse” og EUs ”2-gradersmål”.

Vi har i vår studie ikke gått detaljert inn i å vurdere tiltakenes konfliktpotensial med verneformålet for Nedre Bakklandet 33. Tiltakstrinn 1 er vurdert av Sintef, 2000, til ikke å komme i konflikt med verneformålet. Tiltakstrinn 2 er også vurdert av Sintef, 2000, og her er det påpekt at tiltakene kan komme i konflikt med verneformålet. Vår vurdering av tiltakstrinn 3 er at disse tiltakene ikke vil komme i konflikt med verneformålet, mens deler av foreslått energiomlegging kan gi endringer som er i strid med formålet. Spesielt gjelder dette solkollektorer på taket. Vi har ikke gått videre med disse problemstillingene i vår studie.

Det vil for alle vernede bygg være nødvendig å gjøre individuelle vurderinger når det skal gjennomføres klima- og energireducerende tiltak; I hvilken grad vil aktuelle klima og energitiltak og komme i konflikt med verneomfang og -formål.

### Utslipp fra materialer før og etter tiltak vs. nytt lavenergiklasse II bygg.

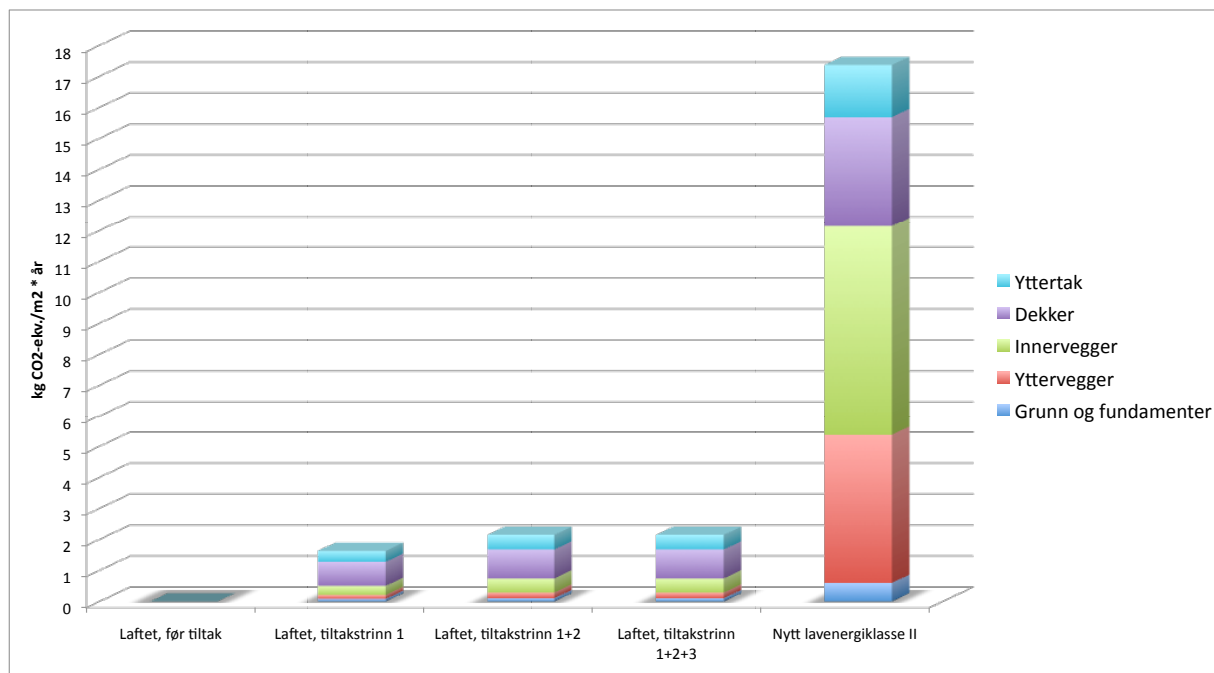
Utslippet fra **rehabiliteringen og ”ytterligere energieffektivisering”** er i hovedsak ekstra isolasjon, vindsperrer og dampsperrer i tak, gulv, noe vegg og ved vinduer samt noe utskiftning av treverk. Klimagassutslipp beregnet til kun ca 2 kg CO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>2</sup> og år for materialinnsatsen i energieffektiviseringstiltakene trinn 1 (”enøk”) og trinn 2 (”ytterligere energieff.”). Materialinnsatsen i trinn 3 tiltakene er ikke beregnet da det dette heller ikke inngår i beregningen for lavenergiklasse II bygget.

Utslipp fra materialer i det nye lavenergibyggget er beregnet til ca 17 kg CO<sub>2</sub>-ekv./m<sup>2</sup> og år. Se figur 4.

Eksisterende materialer i det vernede bygget har per definisjon ikke klimagassutslipp. Utslippet er allerede ”avskrevet” og ved å forlenge levetiden til bygget (utover 60 år) så reduseres behovet for nye materialer. Ved gjennomføring av tiltakene tilføres det nye materialer til bygget og disse er utslippsberegnet etter tilsvarende metodikk som for nytt bygg.

Utslipp fra materialer øker dermed noe for hvert tiltakstrinn som er forutsatt gjennomført, men er likevel kun 10 prosent av utslipp fra materialer i det nye bygget. Det er valgt ”standard” materialer for det nye bygget.

Tidligere studier (Selvig, 2007 og 2010) indikerer at det ved valg av mer klimagassvennlige materialer er mulig å redusere utslippet med mer enn 50 prosent sammenlignet med ”dagens praksis”. Forutsettes dette så vil likevel utslippet være ca 4 ganger høyere enn etter tiltak for det vernede bygget.



**Figur 4:** Klimagassutslipp fra materialer, kg CO<sub>2</sub>-ekv/m<sup>2</sup>\*år, for et laftet boligbygg med vernerestriksjoner før og etter rehabilitering og energieffektivisering sammenlignet med et bolighus bygget etter lavenergivå, klasse II. Beregningsverktøy: [www.klimagassregnskap.no](http://www.klimagassregnskap.no).

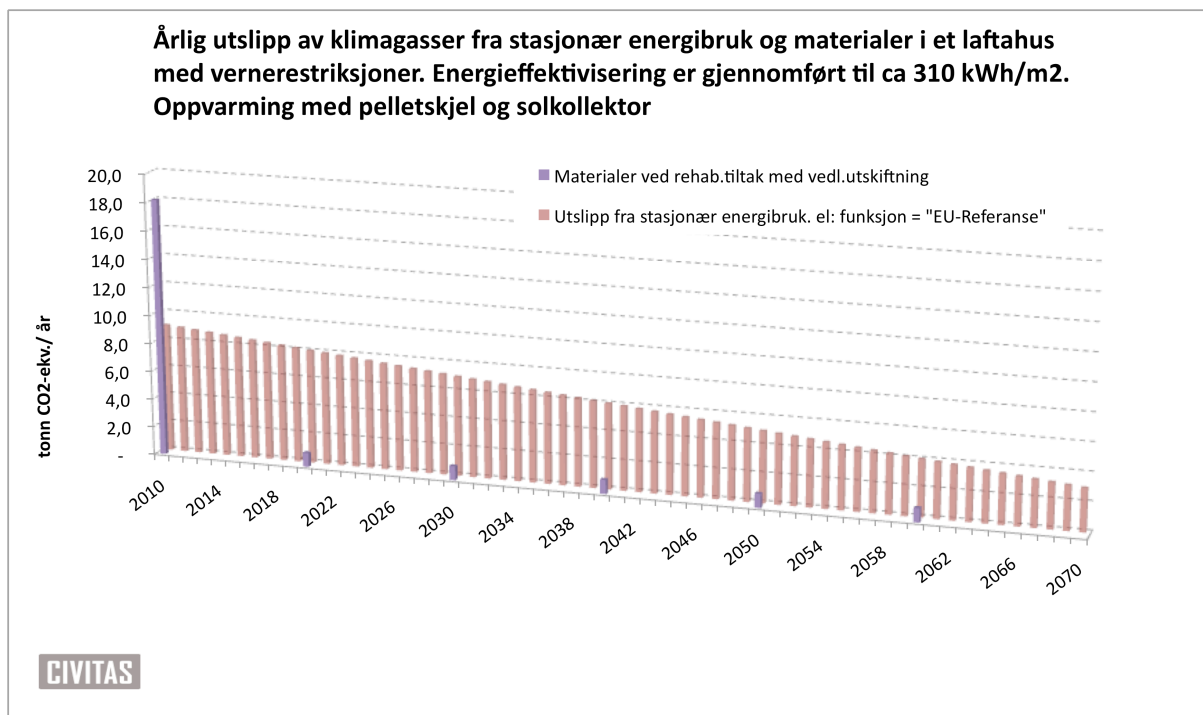
### Akkumulert utslippberegning av klimagasser

I løpet av 60 års perioden 2010 til 2070 forårsaker materialer og stasjonær energibruk utslipp på ca 390 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. for Nedre Bakklandet 33 etter gjennomført tiltakstrinn:

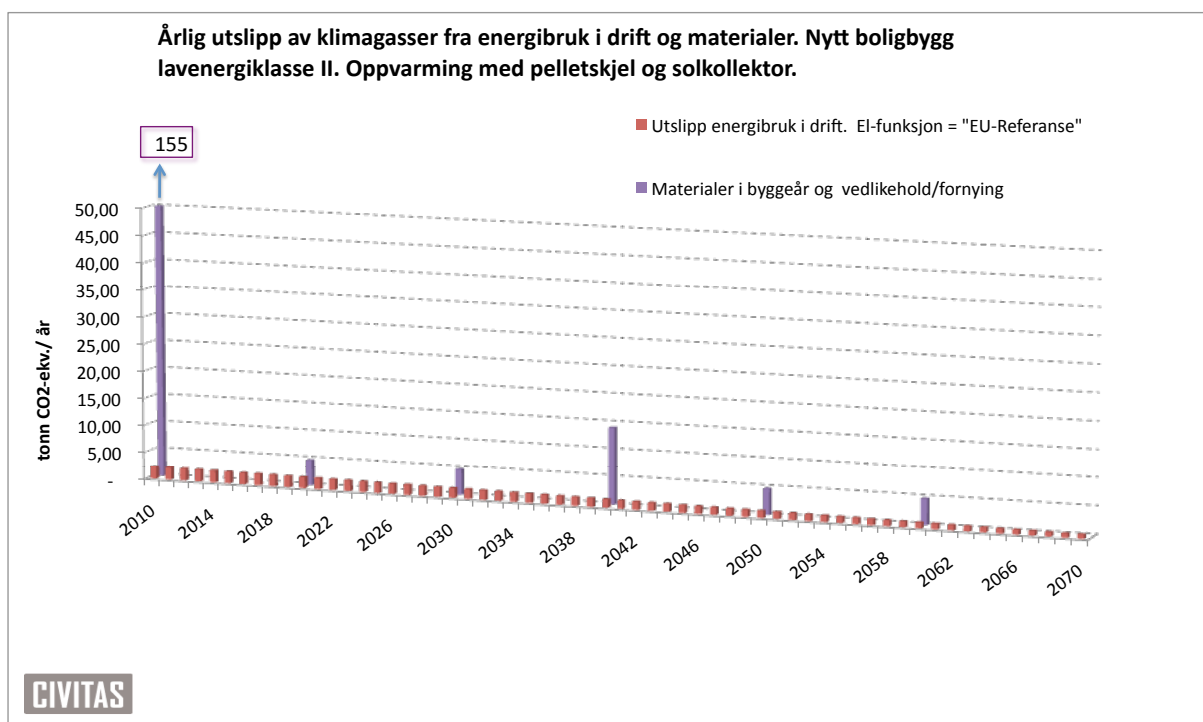
- 1+2+energiomlegging, ca 250 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. etter gjennomført tiltakstrinn
- 1+2+3+energiomlegging og ca 280 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. for det nye lavenergibygget.

Det er stor forskjelle på når i perioden utslippene skjer. For det rehabiliterte bygget skjer utslippene relativt jevnt over perioden knyttet til energibruk i drift, mens det nye lavenergibygget har høyt utslipp tidlig i perioden og vesentlig mindre under driften av bygget. Figur 5 og 6 viser de to utslippsforløpene.

IPCC's indikerer at det er nødvendig med en stabilisering av utslippene fra rundt 2015-2020 og 50-85 prosents globale utslippsreduksjoner innen 2050 hvis de globale temperaturøkningen ikke skal overskride ca 2 grader celsius. Dette er vedtatt som ambisjon både i EU-27 og i Norge – ”2-gradersmålet”. Det er dermed en ønsket politikk å oppnå store klimagassreduksjoner så raskt som mulig.



**Figur 5:** Årlig klimagassutslipp, materialer og energibruk, i et laftet tømmerhus, energieffektivisert til energibruk på ca 310 kWh/m<sup>2</sup> og år. Relativt lavt utslipp ved bygging men desto mer gjennom driftstiden. Samlet utslipp ca 390 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. i perioden 2010 til 2070.



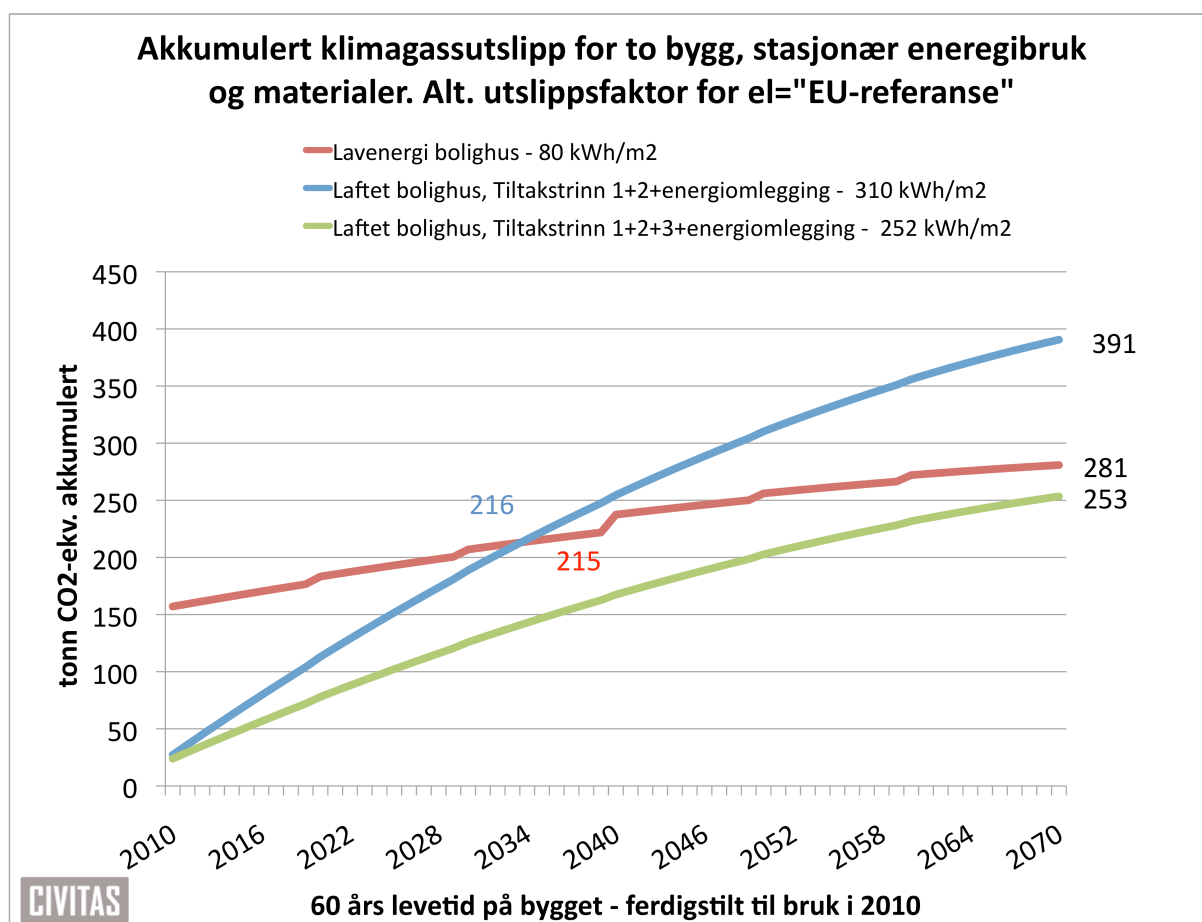
**Figur 6:** Årlig klimagassutslipp, materialer og energibruk, i et lavenergihus, klasse II, 80 kWh/m<sup>2</sup>. Høyt utslipp tidlig i livsløpet og lite gjennom driftstiden. Samlet utslipp beregnet til ca 280 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. i perioden 2010 til 2070.



Spørsmålet er om resultatene fra denne foreløpige analysen gir holdepunkter for at det kan være en strategi å ta vare på og rehabilitere eldre bygg til et godt energieffektiviseringsnivå, framfor å bygge nye lavenergibygg?

Sammenligner vi resultatene for de to byggene og lar utslippet akkumuleres år for år, figur 7, så ser vi at utslippet fra det laftede bygget etter tiltakstrinn "1+2+energiomlegging" starter med lavere utslipp og det er første etter ca 25 år at de to byggene har sluppet ut like mye klimagasser. Det betyr at det laftede huset er den utslippsmessige beste løsningen i de første 15-20 årene etter byggstart, mens lavenergibygg tar igjen det tapte og er den beste løsningen hvis vi ser over en 60 års periode. I en situasjon der det er ønskelig med utslippreduksjoner i så raskt som mulig så er det å ta vare på eldre bygg, rehabilitere disse til lavt energibehov og energiomlegging den beste løsningen sammenlignet med å bygge nye lavenergibygg.

Hvis det kan oppnås ytterligere energieffektiviseringer i det laftede bygget uten vesentlig større materialinnsats vil fordelene ved å rehabilitere eldre bygg tre ennå tydeligere fram. Dette er illustrert ved beregningseksempelet der det er forutsatt at tiltakstrinn "1+2+3+energiomlegging" er gjennomført for Nedre Bakklandet 33. Klimagassutslippet vil være lavere enn for det nye lavenergihuset i hele 60-års perioden, og først etter ca 70 år vil akkumulert utslipp være om lag like stort.



**Figur 7:** Akkumulerte klimagassutslipp for et laftet hus, energieffektivisert til ca 310 og 252 kWh/m<sup>2</sup>, sammenlignet med et lavenergibygg, 80 kWh/m<sup>2</sup>.

## 7. Hovedkonklusjon

Redusert utslipp fra materialer ved rehabilitering av verneverdige bygg kompensere delvis eller helt høye utslipp fra energibruk i drift. Rehabilitering og energieffektivisering må suppleres med energiomlegging til klimagassnøytrale energikilder for at akkumulert utslipp fra materialer og energibruk skal nærme seg eller bli lavere enn utslipp fra et nytt lavenergihus klasse II.

Det er et viktig mål å sørge for så lave nasjonale og globale utslipp så raskt som mulig, jf. IPCC. Da indikerer resultatene at rehabilitering av eldre hus vil være å foretrekke fremfor å bygge nye lavenergibygg. Men det er helt vesentlig at det samtidig med energieffektivisering også foretas en energiomlegging bort fra olje, gass og elektrisitet og over til bioenergi, varmepumper og solvarme.

Det er understreket at det er usikkerhet i beregningene og flere av forutsetningene for materialmengder og tiltakenes effekter er estimater da det ikke har vært tilgjengelig nøyaktige mengdebeskrivelser (for materialer) eller energiberegninger. Det er derfor viktig at det utføres beregninger for flere konkrete bygg med mer eksakte materialmengder og energibruksmålinger, både før og etter gjennomførte tiltak.

## 8. Referanseliste

Bygganalyse, 2010/2011. Per med. Lars Petter Nilsen.

Byggforsk, 1999. Bygningers energiforbruk og miljøpåvirkning. En studie i tradisjonelle og moderne trebygninger.

Civitas, 2007. Klimagassregnskap for utbyggingsprosjekter. Utvikling av et beregningsverktøy og eksempel på et klimagassregnskap for en del av Fornebu. Et FoU-prosjekt finansiert av Statsbygg

Hammond, Geoffrey P., and Jones, Craig I., 2010. Embodied Carbon: The Concealed Impact of Residential Construction. I. Dincer et al. (eds.), Global Warming, Green Energy and Technology, DOI 10.1007/978-1-4419-1017-2\_23, © Springer Science+Business Media, LLC 2010

Jones, Craig, 2011. Embodied Carbon: A Look Forward. Sustain Insight Article: Volume I.

Junnila, Seppo, Horvath, Arpad and Guggemos, Angela Acree, 2006. Life-Cycle Assessment of Office Buildings in Europe and the United States. JOURNAL OF INFRASTRUCTURE SYSTEMS © ASCE / MARCH 2006

Riksantikvaren, 2010-2011. Pers.med Marte Boro.

Rønning, Anne; Lyng, Kari-Anne; Vold, Mie, 2011. Kunnskapsplattform for beregning av klimabelastning fra bygg og byggematerialer. Litteraturstudie.

Selvig, 2009 og 2010. Presentasjoner og foredrag i forbindelse med utviklingen og testingen av klimagassregnskap.no.

Selvig, 2010. Elektrisitetsbruk og klimagassutslipp – er det noen sammenheng? Notat – [www.klimagassregnskap.no](http://www.klimagassregnskap.no).

Selvig&Cervenka, 2008. HOLISTIC LIFE-CYCLE GHG EMISSIONS ASSOCIATED WITH BUILDINGS. Proceedings of the World Conference SB08 - ISBN 978-0-646-50372-1.

Sintef, 2000. Rapport SFT22F00507.

Sintef, 2004. ”Fiin gammel aargang – energisparing i verneverdige hus”

Standard Norge, 2010. NS 3700:2010. Kriterier for passivhus og lavenergihus, Boligbygninger.

## Vedlegg 1 - Utslipp fra elektrisitetsbruk

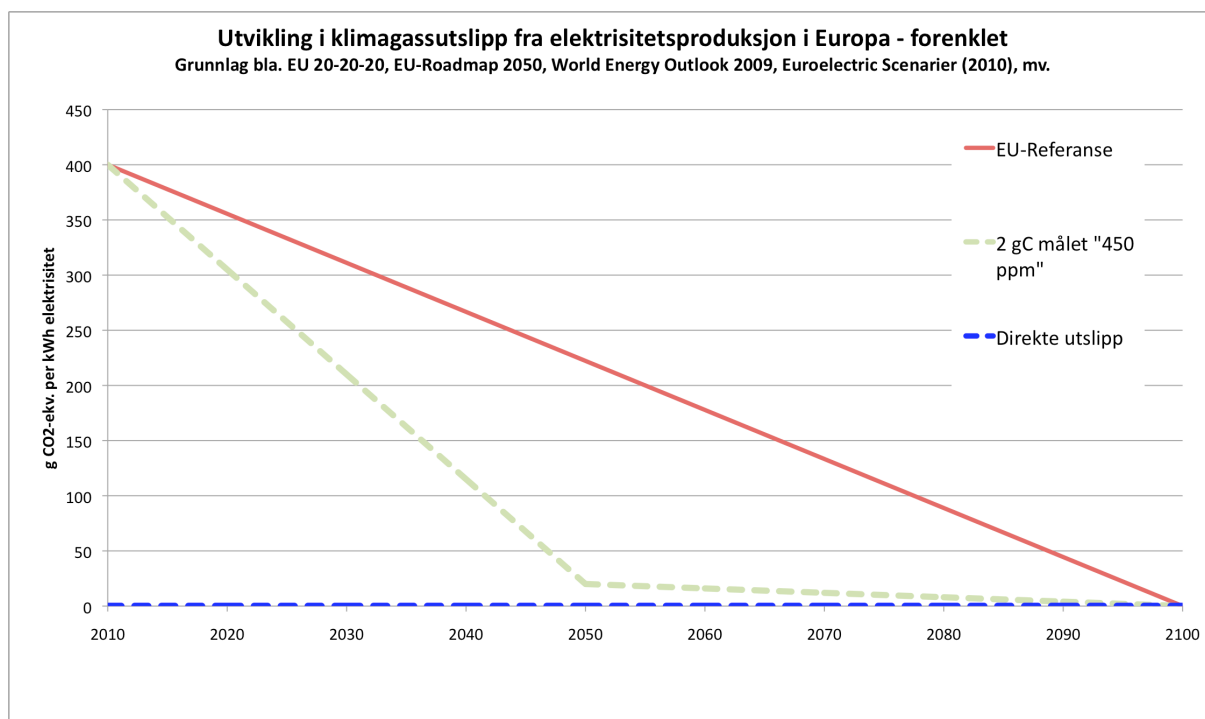
I norsk sammenheng har det gjennom flere år vært stilt spørsmål ved om det skal regnes utslipp fra elektrisitetsbruk eller ikke når det foretas vurderinger av tiltak og investeringer med lang levetid. Begrunnelsen for å regne utslipp fra el-bruk er den stadig sterkere tilknytningen/koblingen mellom de europeiske el-systemene. Det er ikke lenger adskilte nasjonale el-system, men i økende grad et åpent markedsbaserte el-utvekslingsområde som omfatter hele Europa. Det betyr at Norges fornybare og utslippsfrie vannkraft inngår i et felles Europeisk kraftsystem sammen med kullkraft, gasskraft, kjernekraft, biokraft, vindkraft, mv.

Gjennomføres tiltak som redusere strømforbruket vil det på lang sikt medføre utslippsreduksjoner og vica vers. Disse spørsmålene er utførlig drøftet i Civitas-notat, 2010 og 2011, og i ZEB-Memo til styret i ZEB, 2011 (Tor Helge Dokka, pers.med. ZEB er Senter for fremragende forskning: Zero Emission Building).

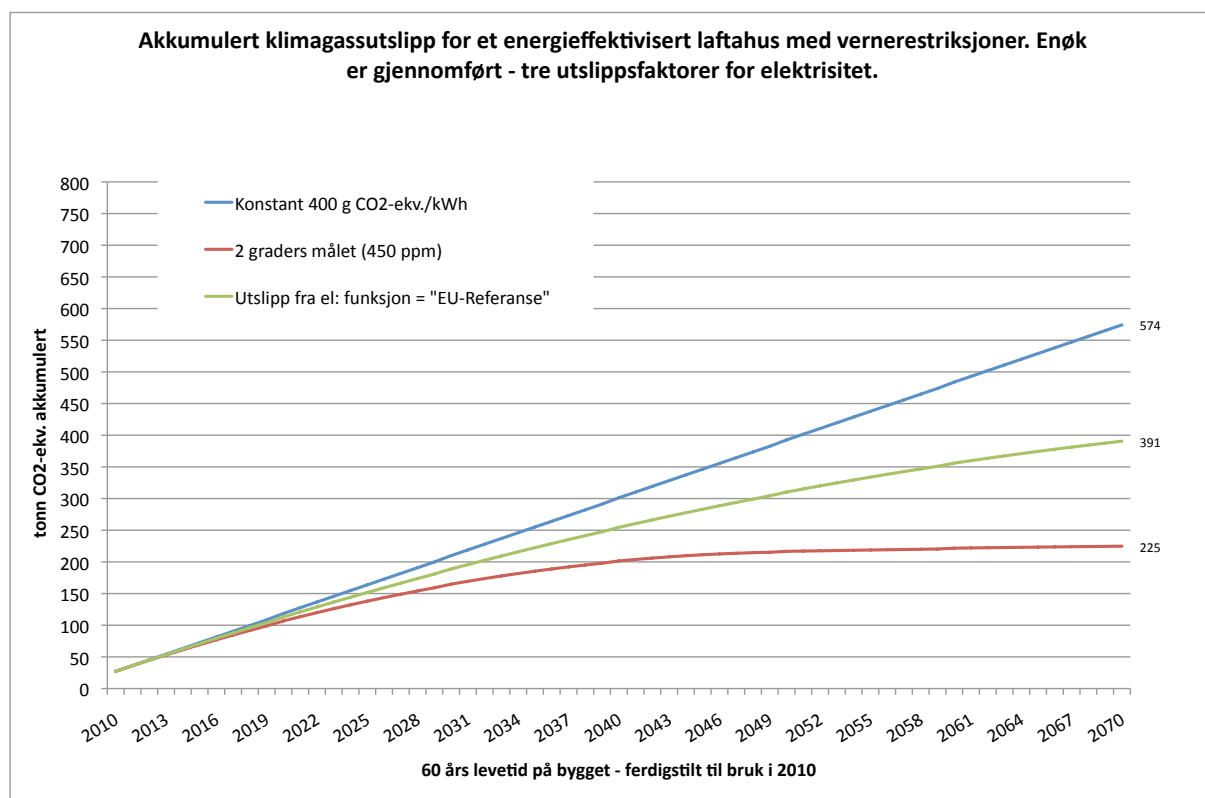
Det gis i Civitas, 2011, en anbefaling om å anvende utslippsscenarioet EU-referanse eller ”Current Policy” (EU COM 112 final, mars 2011) i fotavtrykksberegninger der formålet er å ta beslutninger om investeringer som har lang levetid. I ZEB-Memo, 2011, anbefales det å anvende samme metodikk men legge til grunn EUs energi- og utslippsscenario der målet er å begrense global oppvarming til maksimalt 2 grader. Sistnevnte er et svært krevende scenario som forutsetter 95 % (93-99%) utslippsreduksjon fra kraftsektoren i EU innen 2050.

I figur V.1 vises utslipp som g CO<sub>2</sub>-ekv. per kWh elektrisitet for begge scenarioene. I figur V.2 vises akkumulert utslipp for stasjonær energibruk ved bruk av tre tilnærminger: konstant utslippsfaktor på dagens nivå, EU-referanse (anbefalt) og 2 graders scenario.

Det fremgår at en statisk utslippsfaktor på dagens nivå vil overestimere fremtidig utslipp fra el-bruk i driftsfasen. Anvendes et mer dynamiske perspektiv, dvs. at utslipp fra elektrisitetsproduksjon blir vesentlig redusert i årene som kommer, så blir utslipp fra driftsfasen av et bygg vesentlig lavere. Forskjellen mellom disse to beregningsforutsetningene kan være så mye som 100 %. I beregninger som grunnlag for å fatte de riktige beslutningene om utslippsreduserende tiltak i bygg er det derfor vesentlig å anvende en utslippsfunksjon, EU-referanse eller 2-gradersmålet.



**Figur V.1:** Scenarier, forenklet, for utslipp fra europeisk elektrisitetsproduksjon fram til 2100. Civitas, mars 2011.



**Figur V.2:** Akkumulert utslipp fra elektrisitetsbruk i et bygg der det er forutsatt tre ulike nivåer på fremtidig utslipp fra elektrisitetsproduksjon i Europa.