

TOR HELGE DOKKA, GURO HAUGE, MARIT THYHOLT, MICHAEL KLINSKI OG  
ANDERS KIRKHUS

# Energieffektivisering i bygninger – mye miljø for pengene!

Prosjektrapport 40

2009



SINTEF Byggforsk

Tor Helge Dokka, Guro Hauge, Marit Thyholt,  
Michael Klinski og Anders Kirkhus

# **Energieffektivisering i bygninger – mye miljø for pengene!**

Prosjektrapport 40 – 2009

Prosjektrapport nr. 40

Tor Helge Dokka, Guro Hauge, Marit Thyholt, Michael Klinski og  
Anders Kirkhus

### **Energieffektivisering i bygninger – mye miljø for pengene!**

Emneord:

Energi, energieffektivisering, sysselsetting, byggenæringen, klimagasser

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1102-0 (pdf)

ISBN 978-82-536-1104-4 (trykt)

Omslag:

Roosendaal, Nederland. Foto: SINTEF Byggforsk

Villa Stoknes, Oslo. Arkitekter: Medplan AS Arkitekter/Stein Stoknes

MNAL. Foto: Stein Stoknes

200 eks. trykt av AIT AS e-dit

Innmat: 100 g munken polar

Omslag: 240 g trucard

© Copyright SINTEF Byggforsk 2009

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF Byggforsk er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B  
Postboks 124 Blindern  
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

[www.sintef.no/byggforsk](http://www.sintef.no/byggforsk)



# Forord

Denne studien har vært utført som et samarbeid mellom SINTEF Byggforsk, Lavenergiprogrammet og representanter fra Byggenæringens Landsforening. En arbeidsgruppe har vært med i utarbeidelsen av rapporten, bestående av:

- Jon Karlsen, Glava
- Ole-Petter Haugen og Inger Andresen, Skanska
- Arne Skjelle, Byggevareindustriens Forening
- Lars Myhre, Boligprodusentenes Forening
- Guro Hauge, Lavenergiprogrammet
- Anders Kirkhus, Michael Klinski, Marit Thyholt og Tor Helge Dokka, SINTEF Byggforsk

Rapporten er finansiert av Lavenergiprogrammet, Byggevareindustriens landsforbund, Research Centre on Zero Emission Buildings – ZEB, og SINTEF Byggforsk. I tillegg har aktørene i arbeidsgruppen bidratt med betydelig egeninnsats i prosjektet.



# Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Bakgrunn, formål og omfang</b> .....	<b>8</b>
<b>2. Tiltakspakker og potensial for energieffektivitet</b> .....	<b>10</b>
2.1 Tiltakspakker .....	10
2.2 Potensial for energieffektivitet i byggsektoren fram til 2020 .....	11
<b>3. Estimerte merkostnader</b> .....	<b>12</b>
<b>4. Samfunnsøkonomiske kostnader og gevinster</b> .....	<b>14</b>
4.1 Forbildeprosjekter, lønnsomhet og forslag til støttenivåer .....	14
4.2 Aggregerte merkostnader på nasjonalt nivå.....	16
4.3 Andre kostnader for å utløse potensialet.....	16
4.3.1 Utdanning og etterutdanning.....	16
4.3.2 Etterprøving og evaluering .....	17
4.4 Estimerte samfunnskostnader .....	17
4.5 Estimert sysselsettingseffekt.....	19
<b>5. Rammebetingelser fram til 2020</b> .....	<b>21</b>
5.1 EUs virkemiddelbruk .....	21
5.1.1 Fornybardirektivet.....	21
5.1.2 Revidert bygningsenergidirektiv (EPBD).....	22
5.2 Klimaforliket.....	22
<b>6. Beregning av klimagasseffekt</b> .....	<b>23</b>
<b>Vedlegg A: Eksempel på tiltakspakke</b> .....	<b>27</b>
<b>Vedlegg B: Eksempel på merkostnader på tiltaksnivå</b> .....	<b>29</b>
<b>Vedlegg C: Inntjeningsstid med og uten økonomiske insentiver</b> .....	<b>31</b>



## Sammendrag

Som vist i flere internasjonale studier, er energieffektivisering det enkleste og billigste klimatiltaket. Energieffektivisering i bygg vil være et meget viktig bidrag til at Norge kan utvikle et bærekraftig energisystem som møter våre internasjonale forpliktelser med hensyn til klimagassutslipp de neste tiårene. Analyser i denne rapporten viser at energieffektivisering i byggesektoren vil kunne bidra til følgende:

- Vi kan spare 12 TWh innen 2020, der i underkant av 10 TWh er frigjort elektrisitet.
- Sparepotensialet er estimert å tilsvare en forretningsmulighet på om lag 80 milliarder kroner i perioden 2010 til 2020.
- Dette forretningspotensialet på ca. 80 milliarder er estimert å kunne generere om lag 10 000 nye arbeidsplasser den neste fireårsperioden, og opp mot 20 000 nye arbeidsplasser innen 2020. Det vil være viktig for en næring som er rammet av finanskrisen.
- Basert på et nasjonalt scenario der frigjort energi i byggesektoren blir brukt til elektrifisering av transportsektoren og offshorevirksomhet og total utfasing av oljefyring, vil Norges klimagassutslipp kunne reduseres med 6 millioner tonn. Dette utgjør i underkant av 40 % av klimaforlikets målsetning om innenlandsk klimagassreduksjon innen 2020.

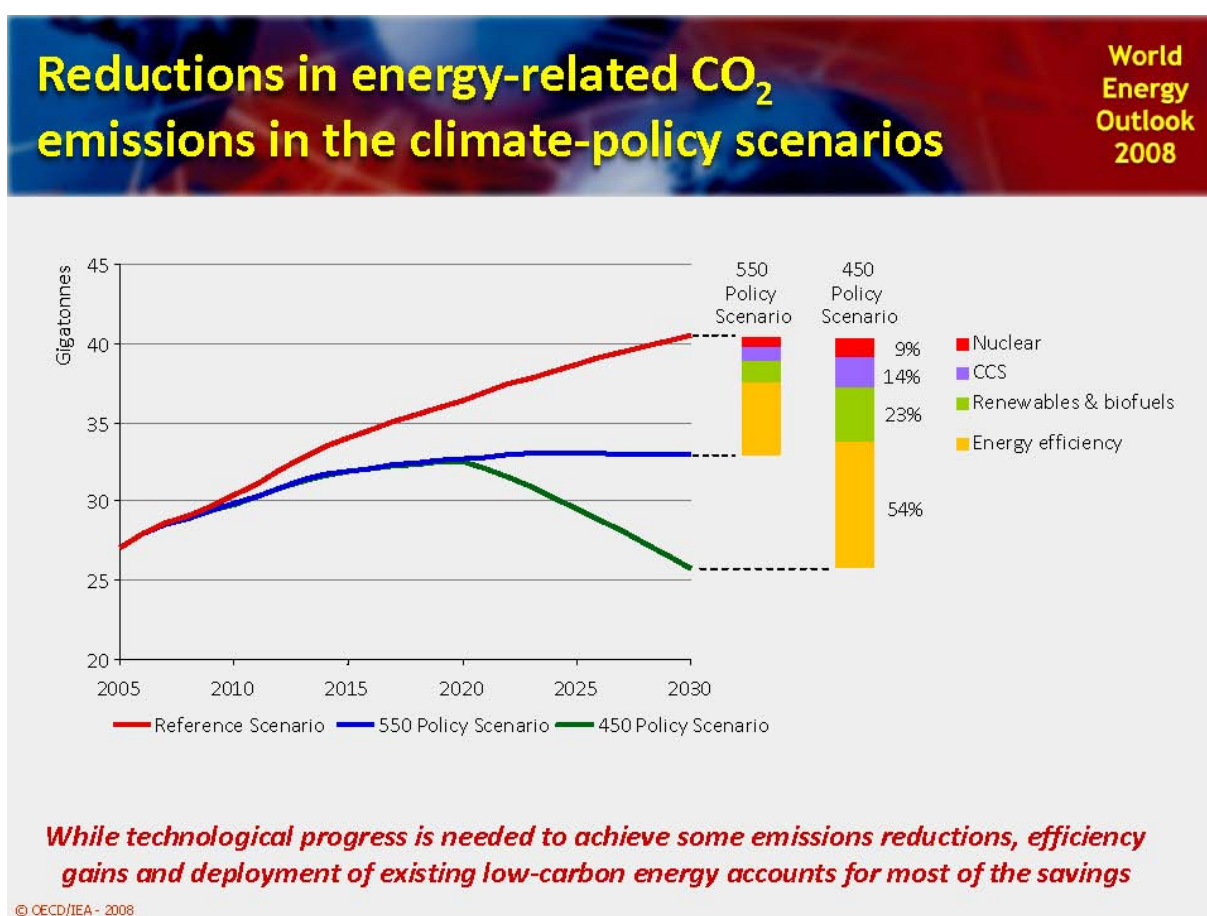
Energieffektivisering i byggesektoren vil trolig også være avgjørende for å kunne gjennomføre de forpliktelsene Norge vil få i fornybardirektivet og bygningsenergidirektivet fra EU.

Analysene anslår at staten vil kunne utløse potensialet på 12 TWh innen 2020 ved gå inn med 1,6 milliarder kroner per år fra 2010, og som økes gradvis til 2,6 milliarder fram mot 2020.



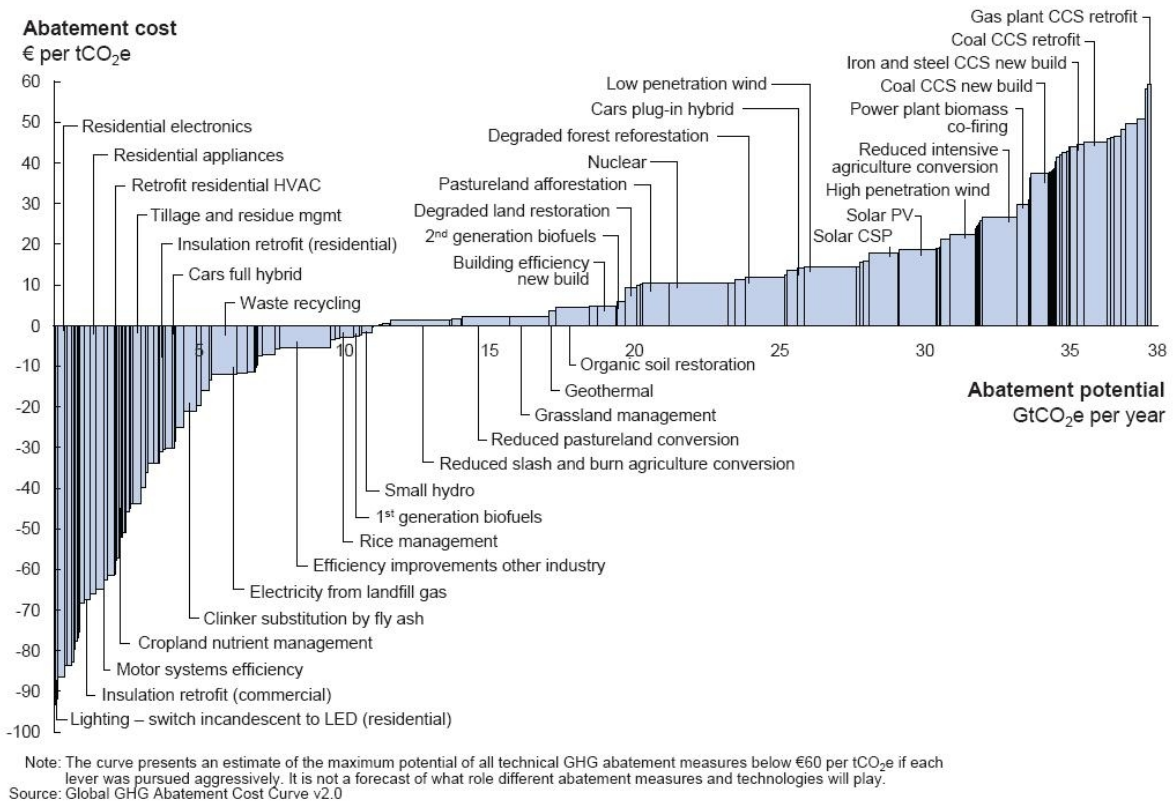
# 1. Bakgrunn, formål og omfang

FNs klimapanel (IPCC) og det internasjonale energibyrået (IEA) har slått fast at energi-effektivisering er det tiltaket som vil gi de største og raskeste klimagassreduksjonene. IEA angir i sitt scenario fram mot 2030 at 54 % av klimagassreduksjonene må skje innenfor energieffektivisering, se figur 1.1. Videre har konsultentselskapet McKinsey & Company gjort en stor studie der de har sett på tiltakskostnader for ulike klimagasstiltak, se figur 1.2. Tiltakene til venstre i figuren er de mest lønnsomme og billigste tiltakene, og de til høyre de minst lønnsomme og dyreste. Som vi ser av figuren, er veldig mange av energitiltakene både for boliger og yrkesbygg vurdert å være de billigste og mest lønnsomme tiltakene.



Figur 1.1 Ulike scenarier fram mot 2030. Med et 450 ppm scenario (CO<sub>2</sub>-konsentrasjon i atmosfæren) som tilsvarer et mål på maksimal temperaturøkning på 2 °C, er det estimert at energieffektivisering vil måtte stå for 54 % av klimagassreduksjonen. Kilde: World Energy Outlook 2008, IEA.

## Global GHG abatement cost curve beyond business-as-usual – 2030



Figur 1.2 McKinseys kurve for tiltakskostnader for ulike klimagassreduksjonstiltak fram mot 2030

Omlag 40 % av netto innenlandsk sluttforbruk av energi er i bygningsmassen. Ved å gjennomføre tiltak i bygningsmassen kan vi erstatte annen forurensende energi. Den billigste energien er den du ikke bruker.

Selv om mange energieffektiviseringstiltak er lønnsomme, vet man av erfaring at mange tiltak allikevel ikke blir gjennomført. Det må derfor settes i verk ytterligere virkemidler for å styrke dette området.

Denne rapporten er en videreføring av analysene i rapporten fra Lavenergiutvalget.<sup>1</sup> Rapporten omhandler potensialet for energieffektivisering fram mot 2020, og hvilke mer-kostnader og forretningsmuligheter dette kan gi. Det er videre estimert hvor mye staten må bidra med for å utløse potensialet, og også anslått sysselsettingseffekten fram mot 2020. Kapittel 5 omhandler rammebetingelser på dette området fram mot 2020, med særlig fokus på kommende direktiver fra EU som vil bli implementert i Norge. I kapittel 6 er det vist hvordan energieffektiviseringspotensialet kan utløse reduksjoner i klimagassutslipp basert på ulike scenarier.

Det er i denne rapporten ikke gått inn på hvordan de foreslåtte økonomiske incentivene skal implementeres, og heller ikke hvordan andre virkemidler må samordnes for å nå målsetningen på 12 TWh. Dette er behandlet for eksempel i Lavenergiutvalgets rapport, men bør også utredes mer i detalj i nær framtid.

<sup>1</sup> Lavenergiutvalget: Energieffektivisering, juni 2009.  
[www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/rapporter\\_planer/rapporter/2009/lavenergiutvalget---energieffektiviserin.html?id=570063](http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/rapporter_planer/rapporter/2009/lavenergiutvalget---energieffektiviserin.html?id=570063)

## 2. Tiltakspakker og potensial for energi-effektivitet

Det er her sett på potensialet for energieffektivisering av bygningsmassen fram til 2020. Potensialet er beregnet på bakgrunn av tiltakspakker for nybygg og omfattende rehabilitering, samt mindre enøk-tiltak på resterende eksisterende bygg.

### 2.1 Tiltakspakker

Det er tatt utgangspunkt i nivåene for energibruk i Lavenergiutvalgets rapport<sup>2</sup>, som er basert på en suksessiv utvikling mot passivhus- og etter hvert nullenergi- og nullutslippsnivå. Tallene i tabell 2.1 er beregnet levert energi, men det er gjort fradrag for lokal og klimagassnøytral energi. I praksis vil dette være en eller annen form for biobrensel (pellets, biodiesel, etanol, biogass). Ved beregnet levert energi er det også tatt hensyn til effekten av fornybar energi i form av varmepumper, solfangere, solceller o.l.

I tabell 2.2 vises forventet energibruksreduksjon i bygningsmasse hvor det gjennomføres mindre enøk-tiltak, men som ikke omfattes av omfattende rehabilitering. Det er forutsatt at man i snitt får en 20 % energibruksreduksjon ved enøk-tiltak både i yrkesbygg og boliger.<sup>3</sup>

I vedlegg A er det vist eksempel på tiltak som er nødvendige for å nå nivåene satt i tabell 2.1.

Tabell 2.1 Forslag til nivåer for lavenerginivå, passivhusnivå og passivhus+-nivå, her beregnet som levert energi(kWh/m<sup>2</sup>år). Hentet fra Lavenergiutvalgets rapport.<sup>1</sup>

Nivå	Nybygg		Rehabilitering	
	Boliger	Yrkesbygg	Boliger	Yrkesbygg
Lavenerginivå (kWh/m <sup>2</sup> år)	100	110	125	130
Passivhusnivå (kWh/m <sup>2</sup> år)	65	70	85	90
Passivhus+-nivå (kWh/m <sup>2</sup> år)	30	40	50	55

Tabell 2.2 Antatt energibruksreduksjon når det gjøres mindre enøk-tiltak på eksisterende boliger og yrkesbygg som ikke skal gjennomgå omfattende rehabilitering.

Nivå	Nybygg	
	Boliger	Yrkesbygg
Eksisterende bygg <sup>1</sup>	201	283
Enøk-tiltak, 20 % reduksjon	160	225

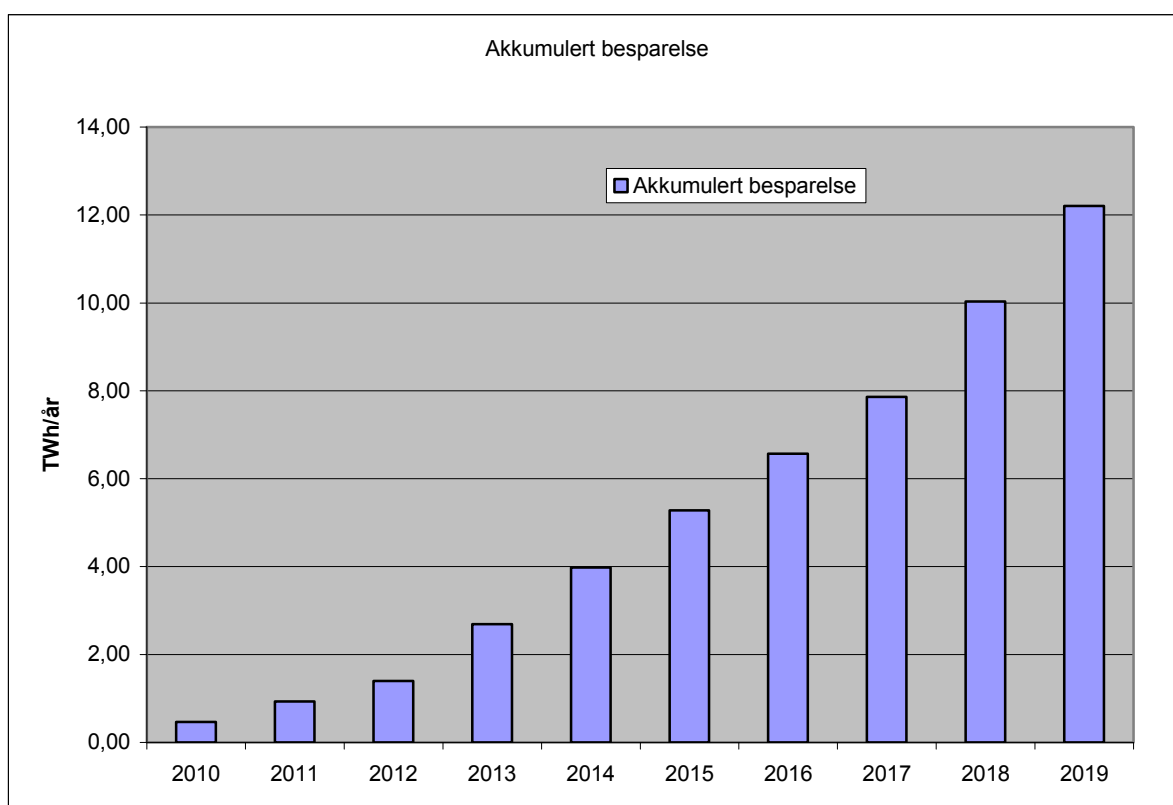
<sup>2</sup> Lavenergiutvalget: Energieffektivisering, juni 2009.

[www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/rapporter\\_planer/rapporter/2009/lavenergiutvalget---energieffektiviserin.html?id=570063](http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/rapporter_planer/rapporter/2009/lavenergiutvalget---energieffektiviserin.html?id=570063)

<sup>3</sup> Lavenergiutvalget. Møte 26.03.09: "Markedsmuligheter i energieffektivisering", Presentasjon av Tor Olsen, AF Energi & Miljøteknikk.

## 2.2 Potensial for energieffektivitet i byggsektoren fram til 2020

I rapporten fra Lavenergiutvalget<sup>4</sup> var energieffektiviseringspotensialet fram mot 2020 beregnet å være ca. 10 TWh. Det var da ikke tatt hensyn til eventuelle forbildeprosjekter som ble utført til høyere nivå enn antatt forskriftsnivå (for både nybygg og rehabilitering), men det var forutsatt samme rate for enøk-tiltak i resterende eksisterende bygningsmasse som i denne rapporten. Storstilt satsing på forbildeprosjekter som angitt over, både på nybygg og rehabilitering, fører til at energisparepotensialet øker til ca. 12,2 TWh innen 2020. I starten av perioden (fra 2010 til 2012) vil det årlige energieffektiviseringspotensialet være på ca. 0,5 TWh/år. Dette øker til ca. 1,3 TWh/år fra 2012 til 2017 på grunn av heving til lavenerginivå som standard, samt forbildeprosjekter på passivhus og passivhus+ nivå. Fra 2017 og til 2020 øker dette ytterligere til 2,2 TWh/år. Akkumulert mellom 2010 til 2020 utgjør dette da 12,2 TWh. Rater for nybygging, rehabilitering, sanering/-riving og enøk-tiltak i resterende bygningsmasse er som antatt og angitt i Lavenergiutvalgets rapport.



Figur 2.1 Beregnet potensial for energieffektivisering i byggsektoren fra 2010 til 2020

<sup>4</sup> Lavenergiutvalget: Energieffektivisering, juni 2009.  
[www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/rapporter\\_planer/rapporter/2009/lavenergiutvalget---energieffektiviserin.html?id=570063](http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/rapporter_planer/rapporter/2009/lavenergiutvalget---energieffektiviserin.html?id=570063)

### 3. Estimerte merkostnader

Det er meget vanskelig å anslå merkostnader for å nå lavenergi-, passivhus-, og passivhus+ - nivå, da dette vil variere til dels sterkt fra prosjekt til prosjekt. Det er også store variasjoner mellom ulike type bygningskategorier. I denne rapporten er kontorbygg ansett å være representativt for yrkesbygg. Dagens merkostnader for å bygge et passivhus vil også med stor sikkerhet reduseres når planleggere og utførende får trening med å designe, prosjektere og utføre bygg med høy energistandard. Vi må også kunne forvente en utvikling av systemer, komponenter og løsninger som er mer energieffektive, mer kostnadseffektive og som også er mer robuste og tidsbesparende på byggeplass. En slik utvikling har vi allerede sett, blant annet på utvikling av nye løsninger og produkter for lufttetting av bygg, men også på andre områder.

Merkostnader er relativt grove estimater basert på realiserte lavenergi- og passivhusprosjekter i Norge, Sverige, og delvis Tyskland og Østerrike. Men det er også gjort en kvalitativ vurdering av forventet utvikling av løsninger og komponenter, som vil redusere kostnadene. På den annen side er det ikke brukt tall fra de mest kostnadseffektive byggeprosjektene. For eksempel er det i flere av passivhusprosjektene i Sverige oppgitt lavere merkostnader enn angitt nedenfor. I tallene for rehabilitering er det større usikkerhet enn for nybygg, da realiserte prosjekter er relativt få.

Anslåtte merkostnader ved nybygging og rehabilitering fordelt på de ulike nivåene er vist i tabell 3.1. For rehabilitering er det antatt at det i utgangspunktet er behov for en total rehabilitering av bygget, og kostnadene satt opp i tabellen er kun merkostnader for selve energiltakene.<sup>5</sup> Et eksempel på hvordan ekstrakostnader kan være fordelt ned på tiltaksnivå er vist i vedlegg B.

I tabell 3.2 er det anslått merkostnader for gjennomføring av enøk-tiltak på eksisterende bygg som reduserer energibruken med 20 %. Av AF Gruppen<sup>6</sup> anslås det at kostnaden for slike enøk-tiltak koster fra 2–5 kr per spart kWh (i året). Siden enøk-tiltak på boliger vanligvis er mer kostbare enn mer driftstekniske tiltak på yrkesbygg, er det antatt en merkostnad på 4 kr per kWh spart på yrkesbygg, og 6 kr per kWh for boliger. Dette gir kostnadstall per m<sup>2</sup> oppvarmet bruksareal (BRA) som vist i tabell 3.2.

Tabell 3.1 Anslåtte merkostnader for nybygg og rehabilitering.

Nivå	Nybygg		Rehabilitering	
	Boliger	Yrkesbygg	Boliger	Yrkesbygg
Forskriftsnivå 2007 (kr/m <sup>2</sup> )	0	0	750	500
Lavenerginivå 2012 (kr/m <sup>2</sup> )	600	400	1 000	600
Passivhusnivå 2017 (kr/m <sup>2</sup> )	1 200	800	1 500	900
Passivhus+ nivå 2022 (kr/m <sup>2</sup> )	1 500	1 000	1 800	1 080

<sup>5</sup> For eksempel ved rehabilitering av en fasade, vil ekstrakostnaden kun være for den ekstra isolasjonen, og ikke kostnaden for bytting av kledning, vindtetting, utlekting, rigg- og drift m.m.

<sup>6</sup> Lavenergiutvalget. Møte 26.03.09: "Markedsmuligheter i energieffektivisering", Presentasjon av Tor Olsen, AF Energi & Miljøteknikk.



Tabell 3.2 Anslåtte merkostnader for gjennomføring av enøk-tiltak på eksisterende bygg, som reduserer energibruken med 20 %

Nivå	ENØK-tiltak	
	Boliger	Yrkesbygg
Tiltak som reduserer energibruken med 20 % (kr/m <sup>2</sup> )	240	225



Løvåshagen: 14 leiligheter med passivhusstandard bygget i Fyllingsdalen utenfor Bergen. Første lavblokkbebyggelse med passivhusstandard i Norge. Arkitekter: ABO PLAN & ARKITEKTUR. Foto: SINTEF Byggforsk.

## 4. Samfunnsøkonomiske kostnader og gevinster

### 4.1 Forbildeprosjekter, lønnsomhet og forslag til støttenivåer

For å realistisk endre den generelle energistandarden fra dagens nivå (TEK07<sup>7</sup>) til høyere nivåer som lavenerginivå og passivhusnivå, er det helt nødvendig å satse på forbildeprosjekter. Det er flere grunner til det:

- Det er nødvendig å høste erfaringer og utvikle robuste løsninger før dette blir standardnivået for alle i byggebransjen.
- Det vil være avgjørende for at byggebransjen skal akseptere suksessivt høyere energistandard i framtiden.
- Forbildeprosjekter vil være en lærings- og informasjonsarena som er meget viktig for å utvikle det nødvendige kompetansenivået i hele byggebransjen.
- Forbildeprosjekter er viktig som drivkraft for utvikling av komponenter, systemer og konsepter.



Lindås Park: 20 rekkehus bygget med passivhusstandard. Første passivhusprosjektet i Norden. Arkitekter: EFEM med arkitekt Hans Eek. Foto: SINTEF Byggforsk.

<sup>7</sup> Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven (TEK07) med tilhørende veiledning, se [www.be.no/beweb/info/energi.html](http://www.be.no/beweb/info/energi.html)

Det er her anslått at andelen av nybygg som er bedre enn gjeldende forskriftsnivå (eller framtidig standardnivå), bør utgjøre ca. 25 %. For eksempel kan 20 % av bygningsmassen bygges til lavenerginivå og 5 % til passivhusnivå i perioden 2010 til 2012.<sup>8</sup> For å realisere forbildeprosjekter i dette omfang, og ikke bare et fåtall pilotbygg, er det nødvendig med betydelige økonomiske insentiver. Det er vurdert ut fra lønnsomhetsberegninger (se vedlegg C) og erfaringer fra prosjekter støttet av Enova, at støttenivået bør være opp mot 40 % av merkostnadene. Etter hvert som markedet får satt seg og ordningene blir godt kjent, kan støttenivået reduseres noe. Det foreslås derfor at støttenivået fram til 2017 er på 40 % for både nybygg og rehabilitering, mens det kan reduseres ned til 30 % fra 2017 og fram til 2020. For enøk-tiltak på eksisterende bygg som reduserer energibruken med 20 %, vil det trolig holde med en støttesats på 30 %, da slike tiltak ofte er mer lønnsomme enn ved nybygging og rehabilitering. Forslaget til støttesatser er oppsummert i tabell 4.1.

For rehabilitering er det per i dag nesten ingen som rehabiliterer til dagens forskriftsnivå og i langt mindre grad til lavenergi- eller passivhusnivå. For å få til rehabilitering nær gjeldende forskriftsnivå, og også forbildeprosjekter til lavenergi- og passivhusnivå, må det iverksettes betydelige insentiver. I tillegg til 40 % støtte til forbildeprosjekter på rehabilitering, foreslås det også å gi 40 % støtte til prosjekter som rehabiliterer til nære gjeldende forskriftsnivå. Selv med slik støtte er det ikke sannsynlig at det i starten (2010–2012), blir mer enn ca. ¼ del av rehabilitert bygningsmasse som kommer opp mot gjeldende forskriftsnivå. Framover mot 2020 vil denne andelen øke betydelig, når både kompetansen økes og slike ordninger blir kjent. Det er videre antatt at man kan initiere ca. 10 % av rehabiliterte bygg til bedre enn gjeldende forskriftsnivå/standardnivå, dvs. såkalte forbildeprosjekter på rehabilitering med gitte økonomiske insentiver. Prosentandel av rehabilitert bygningsmasse til høy energistandard er oppsummert i tabell 4.1.

Tabell 4.1 Anslått prosentandel av nybygging og rehabilitert bygningsmasse til høy energistandard i ulike perioder fram mot 2020, samt foreslått støttenivå som presentsats av merkostnader (gitt i tabell 3.1 og 3.2). LE: Lavenerginivå, PH: Passivhusnivå. PH+: Passivhus+ nivå. TEK07: Forskriftsnivå 2007

	2010–2012	2012–2017	2017–2020
Prosentvis nybyggrate, LE Støttenivå	20 % (40 % støtte)	75 % (0 % støtte)	0 % (0 % støtte)
Prosentvis nybyggrate, PH, Støttenivå	5 % (40 % støtte)	20 % (40 % støtte)	75 % (0 % støtte)
Prosentvis nybyggrate, PH+ Støttenivå	0 % (40 % støtte)	5 % (40 % støtte)	25 % (30 % støtte)
Prosentvis rehab, TEK07 Støttenivå	25 % (40 % støtte)	0 % (0 % støtte)	0 % (0 % støtte)
Prosentvis rehabilitering, LE Støttenivå	10 % (40 % støtte)	40 % (40 % støtte)	0 % (0 % støtte)
Prosentvis rehabilitering, PH Støttenivå	0 % (40 % støtte)	10 % (40 % støtte)	60 % (30 % støtte)
Prosentvis rehabilitering, PH+ Støttenivå	0 % (40 % støtte)	0 % (40 % støtte)	10 % (30 % støtte)

<sup>8</sup> Hvis man følger Bygningsenergidirektivet fra EU, skal energiforskriftene innskjerpes minst vært 5. år, og det vil da bety nytt forskriftsnivå i 2012 (etter siste endring i 2007).



## 4.2 Aggregerte merkostnader på nasjonalt nivå

I kapittel 3 ble det anslått merkostnader på bygningsnivå for å nå høy energistandard. Samholder vi det med rater for nybygging, rehabilitering og enøk i resterende bygningsmasse gitt i rapporten fra Lavenergiutvalget, samt antagelser om prosentandeler som bygges som forbildeprosjekter gitt i tabell 4.2, kan vi regne ut aggregerte merkostnader på nasjonalt nivå for de ulike periodene fram mot 2020. Disse tallene er oppsummert i tabell 4.2. Tallene i tabellen er ikke inflasjonsjustert.

Tabell 4.3 Årlige merkostnader på nasjonalt nivå fram mot 2020

	2010–2012	2012–2017	2017–2020
Nybygg (millioner kr per år)	820	3 480	5 800
Rehabilitering (millioner kr per år)	1 300	2 430	4 780
Enøk-tiltak (millioner kr per år)	1 630	1 630	1 630
SUM	3 750	7 540	12 210

## 4.3 Andre kostnader for å utløse potensialet

### 4.3.1 Utdanning og etterutdanning

For å kunne utløse et så stort energieffektiviseringspotensial (ca. 12 TWh) holder det ikke bare å gi byggherrer og utbyggere strengere krav og økonomiske insentiver, man må også ha en byggebransje som kan levere slike løsninger. Per i dag er det bare et fåtall aktører i byggebransjen som har kompetanse på å prosjektere og bygge på for eksempel passivhusnivå.

Det er derfor nødvendig å legge om utdanningen ved videregående skoler, teknisk fagskole, byggmesterutdanning, ingeniørhøgskolene, ved universitetene og arkitektthøgskolene, slik at både planleggere og utførende kommer ut med høy kompetanse på å utføre denne type bygg. For en slik omlegging må man så raskt som mulig utvikle nødvendige veiledere, nye anvisninger i Byggforskserien, standarder, undervisningsmaterieell, kursopplegg m.m.

Den største utfordringen og kostnaden er imidlertid å etterutdanne de som allerede jobber i bransjen. Det jobber per i dag ca. 300 000 i byggebransjen, og en betydelig andel av disse må ha en kraftig kompetanseheving for å kunne realisere målsetningene beskrevet over. Slike kurs bør da tilpasses for både planleggere og for utførende og de som er ansvarlige på byggeplassen (anleggsledere, formenn, baser, byggmestere o.l.). I tillegg til kostnaden for å arrangere slike kurs, vil det også være en betydelig kostnad forbundet med tapt arbeidstid. **Denne kostnaden er her grovt anslått til 500 millioner kroner i året.**

Siden byggenæringen er en fragmentert næring med 40 000 bedrifter, hovedsakelig småbedrifter, er det nødvendig med statlig finansiering av kompetanseheving. Det må være et spleiselag mellom byggenæringen og staten. Økt kompetanse er avgjørende for at samfunnet skal få utløst potensialet for energieffektivisering i bygg.

### 4.3.2 Etterprøving og evaluering

I kjølvannet av forskriftsendringen i 2007 (obligatorisk fra 2009) har det vært en debatt om at kravet kun er satt på beregnet energibruk, uten krav til etterprøving. Særlig har det blitt dratt fram at målt energiforbruk i yrkesbygg ofte er betydelig høyere enn det som er beregnet. Per i dag er det i Norge veldig få prosjekter, både med vanlig og høye energiambisjoner, som har blitt systematisk målt, etterprøvd og evaluert. I land som Tyskland, Østerrike og Sverige gjøres dette i langt større skala.

For å etterprøve at det i snitt er god overensstemmelse mellom beregnet energiytelse og reell energibruk, bør det settes av et betydelig beløp til etterprøving av et antall prosjekter. En slik etterprøving bør også evaluere inn klima og bygningsfysiske forhold i tillegg til energi. Det foreslås at det settes av et beløp på **50 millioner kroner i året** til slik etterprøving.

## 4.4 Estimerte samfunnskostnader

Som det framgår over, vil de årlig estimerte merkostnadene for energiltakene begynne på ca. 3,7 milliarder og øke til ca. 12,2 milliarder fram mot 2020. I tillegg kommer kostnader forbundet med etterutdanning samt etterprøving som er estimert til ca. 550 millioner i året.

Disse kostnadene må på en eller annen måte fordeles mellom staten og private (husholdninger og bedrifter). For energiltak antas det støttenivåer som gitt i tabell 4.1. Det antas videre at 50 % av kostnaden for etterutdanningen, samt 100 % av kostnaden for etterprøving bekostes av staten. De samlede samfunnskostnadene blir som vist i tabell 4.4. De årlige utgiftene vil da i starten bli på ca. 1,6 milliarder kroner og øke til ca. 2,6 milliarder når vi nærmer oss 2020.

Tabell 4.4 Estimerte årlige samfunnskostnader fram mot 2020

	2010–2012	2012–2017	2017–2020
NYBYGG (millioner kr per år)	330	575	510
REHAB (millioner kr per år)	520	975	1 435
ENØK (millioner kr per år)	490	490	490
ETTERUTDANNING <sup>9</sup> (millioner kr per år)	250	250	125
MÅLING & ETTERPRØVING (millioner kr per år)	50	50	50
SUM (millioner kr per år)	1 640	2 340	2 610

To til tre milliarder kroner per år i støtte for å gjennomføre energieffektiviseringstiltak og å heve kompetansen i byggebransjen, er et relativt stort beløp, og ligger betydelig over dagens støttenivå fra Enova til byggsektoren.

<sup>9</sup> Etter 2017 er det antatt at behovet for etterutdanning reduseres til ca. halvparten i forhold til de to første periodene.

Et interessant regnestykke er å se hvor mye elektrisitetsprisen trenger å økes for å finansiere disse beløpene. I følge rapporten fra Lavenergiutvalget er total energibruk i byggsektoren på ca. 80 TWh per år. Av dette er ganske nøyaktig 80 % elektrisitet, det vil si ca. 64 TWh. Tar vi 1,64 milliarder kroner og fordeler på 64 TWh, får vi et påslag på energiprisen på 2,6 øre per kWh for perioden 2010–2012. Går vi til perioden 2017–2020 blir påslaget på 4,1 øre/kWh. Det vil si at det er mulig å finansiere disse samfunnskostnadene med relativt beskjedne økninger i energiprisen. For en gjennomsnittshusholdning som i snitt bruker 16 200 kWh/år,<sup>10</sup> betyr 4,1 øre/kWh i økt energipris kun 55 kroner per måned.



Brogården: Stortilt rehabilitering av lavblokker i Allingsås (Sverige) til nære passivhusstandard.  
Foto: SINTEF Byggforsk.

---

<sup>10</sup> [www.ssb.no/husenergi/main.html](http://www.ssb.no/husenergi/main.html)



## 4.5 Estimert sysselsettingseffekt

En annen viktig samfunnskonsekvens av å satse på energieffektivisering i byggsektoren er økt sysselsetting. Det anslås fra Prognosesenteret at hver million kroner økt omsetning i byggenæringen gir 1,5 nye arbeidsplasser.<sup>11</sup> Merkostnader som angitt i avsnitt 4.3 og 4.4, vil da kunne føre til nye arbeidsplasser som angitt i tabell 4.5.

Mange av disse arbeidsplassene vil komme i utførende ledd, men en stor andel vil også komme innenfor høykompetanseyrker som FoU (utvikling av nye produkter, løsninger og konsepter), design og arkitektur, undervisning, en rekke ingeniør- og rådgivningstjenester m.m. Mange av disse nye arbeidsplassene vil også ha potensial til å eksportere produkter og kompetanse til utlandet.

Tabell 4.5 Estimert sysselsettingseffekt ved satsing på energieffektivisering i byggsektoren

	2010–2012	2012–2017	2017–2020
Estimerte nye arbeidsplasser	7 100	12 800	22 000



Storøya grendesenter: Barnehage på ca. 1000 m<sup>2</sup> med passivhusstandard, bygget på Fornebu i Bærum kommune.

Arkitekt og foto: Arkitektkontoret Kvadrat AS

<sup>11</sup> Opplysninger gitt av Kjell Senneset, Prognosesenteret.



Sleephelling: Eksisterende bygård fra 1900 i Rotterdam (Nederland), rehabilitert til passivhusstandard.  
Foto: SINTEF Byggforsk.



Roosendaal: Stort utbyggingsområde sør i Nederland hvor det satses kun på passivhus både i nybygg (bildet) og ved rehabilitering.  
Foto: SINTEF Byggforsk.

## 5. Rammebetingelser fram til 2020

For å begrense omfanget av klimaendringer har FNs klimapanel slått fast at gjennomsnittstemperaturen på jorden ikke må øke med mer enn to grader. FNs klimapanel har videre slått fast at det største og billigste klimatiltaket er energieffektivisering. I desember 2009 vil det gjennomføres forhandlinger i København om en ny klimaavtale. Energieffektivisering er avgjørende for å få ned utslippene. Det internasjonale energibyrådet, IEA, har anslått at 54 % av utslippene må reduseres gjennom energieffektivisering innen 2030 for å nå togradersmålet.

EU har et skarpt fokus på energieffektivisering siden dette er et viktig og billig klimatiltak, samtidig som det gjør EU mindre avhengig av energiimport fra land utenfor EU. EU har satt et mål i sin klimapakke om 20 % energieffektivisering innen 2020. Det er derfor flere direktiver som skal revideres og nye som skal innføres for å få utløst tiltak. To direktiver som er spesielt viktige er bygningsenergidirektivet og fornybardirektivet. De vedtakene som gjøres i EU på dette området, vil ha stor innvirkning for Norge siden de fleste er EØS-relevante.

For Norge vil ikke energieffektivisering i bygningsmassen føre til store direkte reduksjoner i klimagassutslipp. Se nærmere beskrivelse av dette i kapittel 7. Energieffektivisering kan imidlertid frigjøre energi til aktiviteter som i dag er basert på fossile brensler. I klimaforliket vises det til flere virkemidler det skal satses på for å få økt innsats på energieffektivisering.

### 5.1 EUs virkemiddelbruk

#### 5.1.1 Fornybardirektivet

Fornybardirektivets formål er at EU skal ha 20 % fornybarandel i 2020. Direktivet ble vedtatt 6. april 2009. Direktivet er EØS-relevant og må derfor implementeres i Norge. Norge hadde i 2005 et innenlands forbruk på 227 TWh, og en fornybarandel på 59,8 %.

For å få til en fornybarandel på 20 % har alle landene fått et krav om hvor stor fornybarandel de skal ha i 2020. Direktivet sier at alle land må øke denne andelen med 5,5 prosentpoeng fra 2005-nivå. I tillegg til dette skal de rikeste landene gjøre mest. Det innebærer at de innfører en BNP-vekting. Point Carbon har gjennomført beregninger som viser at ut fra EUs beregningsmetode, vil Norge måtte øke andelen fornybar energi med 14,5 prosentpoeng innen 2020. Det vil bety at fornybarandelen i Norge må være på 74,3 %. For å oppfylle fornybardirektivet er det avgjørende å holde energibruken nede samtidig som man øker produksjonen av fornybar energi. Hvis energibruken øker like mye som produksjonen, vil andelen fornybar energi være den samme og ikke gi et utslag i form av høyere andel fornybar energi. Dersom energibruken i Norge holdes på dagens nivå, vil Norge måtte øke produksjonen av fornybar energi med ca. 33 TWh. Dersom det spares 12 TWh i bygg, vil produksjonen av fornybar energi måtte økes med 24,5 TWh

Tabell 5.1 Ulike scenarier for Norges oppfyllelse av fornybardirektivet

	Nullvekst i energibruken	2 % økning i energiebruken fram til 2020	12 TWh spart i bygg
Antall TWh ekstra produksjon av fornybar energi	33 TWh	36 TWh	24,5 TWh

Hvor stor andel fornybar energi Norge skal ha er ennå ikke avklart. Med ambisjonsnivået som EU har lagt opp til, vil det bli en utfordring for Norge å nå målsetningene. Sverige, som har hatt en omfattende satsing på fornybar energi de siste årene, har måttet øke sin andel fra 39,8 % til 49 %. Det er derfor grunn til å tro at Norge også vil få et ambisiøst mål. Redusert energibruk i bygg er avgjørende for at Norge skal kunne klare å oppfylle direktivet.

### 5.1.2 Revidert bygningsenergidirektiv (EPBD)

Bygningsenergidirektivet, vedtatt i januar 2003, skal bidra til større energieffektivitet i den europeiske bygningsmassen. Direktivet inneholder virkemidler for å redusere energibruken i bygg. Blant annet er det krav om å innføre energimerking av bygninger og jevnlig revisjon av energikravene til nybygg og rehabilitering. Dette direktivet skal nå revideres. EU-kommisjonen har kommet med et første forslag som er behandlet i EU-parlamentet. Kommisjonen har foreslått at alle land skal utarbeide en plan for implementering av null-utslippsbygg og bygg med lavt energiforbruk. I tillegg er det foreslått å innskjerpe kravene til eksisterende bygningsmasse.

Da saken ble behandlet i EU-parlamentet, var det et ønske om at alle bygg skal være nullenergibygg fra og med 2019. Forslaget fra parlamentet skal nå behandles videre, og det vil være diskusjoner med medlemslandene om ambisjonsnivået.

## 5.2 Klimaforliket

I klimaforliket på Stortinget i 2008 ble det enighet om at CO<sub>2</sub>-utslippene i Norge skal kuttes med 15–17 mill. tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i forhold til referansebanen slik den er presentert i nasjonalbudsjettet for 2007, når skog er inkludert. Ett av områdene i klimaforliket er bygg. I forliket er det sagt at man skal øke innsatsen som man allerede har gjennom Enova og Husbanken. Det er også enighet om at energikravene i Teknisk forskrift skal revideres langt oftere enn det som hittil har vært vanlig, minimum hvert femte år. Det står også i klimaforliket at passivhus skal vurderes som forskriftsstandard i 2020. Klimaforliket nevner også at det er viktig å satse på kompetanseheving i byggenæringen og innsatsen i Lavenergiprogrammet skal trappes opp. Oppfølging av klimaforliket vil være sentralt for regjeringens videre arbeid med klimatiltak.

## 6. Beregning av klimagasseffekt

Energibruken i den norske byggsektoren utgjør omlagt 80 TWh per år. Av denne energibruken er ca. 80 % basert på elektrisitet. Klimagassutslippene knyttet til elektrisitetsproduksjon i Norge er svært lave, noe som tilskrives at tilnærmet hele produksjonen er vannkraftbasert. Reduksjon av elektrisitetsforbruket ved energieffektivisering kan imidlertid frigjøre elektrisitet til aktiviteter som i dag er basert på fossile brensler, eller til eksport. Deler av elektrisitetsproduksjonen i land som Norge utveksler elektrisitet med, er basert på fossile brensler. Klimaeffekten av frigjort elektrisitet ved energieffektivisering skiller seg ikke fra effekten av å erstatte elektrisitetsforbruk med eksempelvis biobrensler, eller effekten av ny elektrisitet ved produksjon av vindkraft.

Under vises hvilke reduksjoner av CO<sub>2</sub>-utslipp<sup>12</sup> som kan oppnås når energieffektivisering bidrar til:

- 1) frigjøring av elektrisitet til elektrifisering av personbilparken
- 2) frigjøring av elektrisitet til elektrifisering av norsk offshorevirksomhet
- 3) eksport av frigjort elektrisitet
- 4) utfasing av oljekjeler
- 5) mindre behov for fjernvarme

### 1) Elektrifisering av personbilparken

Frigjort elektrisitet ved energieffektivisering kan benyttes til elektrifisering av bilparken. I følge Energi- og klimaplan for Norge til 2020<sup>13</sup> (ENKL-planen) vil det innen 2020 kunne være et potensial for å elektrifisere 20 % av personbilparken. Dette vil gi en reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslippene lik 1,3 millioner tonn per år, og et elektrisitetsforbruk på 1 TWh. ENKL-planen angir ikke tall for potensialet for elektrifisering av den øvrige bilparken.

### 2) Elektrifisering av offshorevirksomheten

I følge ENKL-planen vil elektrifisering av deler av eksisterende og ny offshorevirksomhet i Norge basert på elektrisitet fra land, og til erstatning for naturgassbasert elektrisitetsproduksjon, kunne bidra til reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslippene med henholdsvis 1,5 millioner tonn for nye produksjonsanlegg og 1,7 millioner tonn for eksisterende anlegg. Dette vil medføre overføring av 5,4 TWh (2,7 + 2,7 TWh) elektrisitet fra land.

### 3) Eksport av frigjort elektrisitet

Ved energieffektivisering vil elektrisitetsforbruket reduseres. I hvilken grad eksport av frigjort elektrisitet fra Norge vil medføre reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp knyttet til lavere elektrisitetsproduksjon utenfor Norges grenser, hersker det stor usikkerhet om. I denne rapporten er det trukket fram et mulig scenario som baseres på at 1 kWh eksportert elektrisitet bidrar til 1 kWh redusert produksjon på marginalen i det nordiske eller nord-europeiske kraftmarkedet. I følge NVE vil dette, grovt regnet, utgjøre ca. 600 gram CO<sub>2</sub> per kWh eksportert elektrisitet.<sup>14</sup> Det er da sett bort fra mulige effekter av dagens europeiske kvotesystem for CO<sub>2</sub>.

<sup>12</sup> Det gis her kun potensialer for reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp, selv om effektene av energieffektiviseringen også kan bidra til å redusere andre klimagasser.

<sup>13</sup> ENKL-planen: En energi- og klimaplan for Norge til 2020, BI, SINTEF, EBL. 2009

<sup>14</sup> Vil lavere kraftforbruk i Norge gi lavere CO<sub>2</sub>-utslipp fra europeisk kraftproduksjon? NVE, 2008.



#### 4) Utfasing av oljekjeler

Utslipp av CO<sub>2</sub> knyttet til stasjonær forbrenning i husholdninger og tjenesteytende næringer, utgjør i følge SSB 1,3 millioner tonn per år.<sup>15</sup> Dette er utslipp hovedsakelig relatert til bruk av fossile brenslere til oppvarming. Med en forutsetning om at CO<sub>2</sub>-utslipp per kWh forbrukt brensel utgjør 0,26 kg (oljebaserte brenslere), vil de samlede utslippene representere et forbruk på ca 5 TWh.<sup>16</sup>

#### 5) Mindre behov for fjernvarme

Forbruket av fjernvarme i dagens bygningsmasse utgjør i følge SSB ca. 2,8 TWh,<sup>17</sup> og kan forventes å øke i årene framover som følge av nasjonal satsing på fjernvarme. En omfattende energieffektivisering i bygningsmassen vil imidlertid innebære at behovet også for fjernvarme vil reduseres. CO<sub>2</sub>-utslipp fra fjernvarmeproduksjonen avhenger av hvordan fjernvarmen produseres. Basert på dagens gjennomsnittsprødsjon kan utslippene antas å utgjøre 231 gram per kWh levert fjernvarme til sluttbruker.<sup>18</sup> Når det også tas hensyn til noe tap i varmesystemene (virkningsgrad 85 %), vil utslippet kunne antas å utgjøre 270 gram per kWh forbruk.

### **Reduksjon av klimagassutslipp**

Basert på de mulige effekter av energieffektivisering beskrevet over, presenteres her to eksempler på scenarier som beskriver mulige potensialer for reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp knyttet til energieffektivisering.

#### A) Nasjonalt scenario

Dette scenariet baseres på at tiltakene for energieffektivisering har effekt innenfor Norges grenser. Samlet utgjør antatt energisparepotensial 12,2 TWh, jamfør kapittel 4.2. Dette sparepotensialet kan bidra til reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp med 6 millioner tonn CO<sub>2</sub> per år i 2020, som vist i tabell 6.1.

Tabell 6.1 Samlet potensial for reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp for nasjonalt scenario

Effekt av energieffektivisering	Fordeling av sparepotensial på 12,2 TWh	Reduserte CO <sub>2</sub> -utslipp per år i 2020
Elektrifisering av personbilparken	1 TWh	1,3 millioner tonn
Elektrifisering av offshorevirksomheten	5,4 TWh	3,2 millioner tonn
Utfasing av oljefyring	5 TWh	1,3 millioner tonn
Lavere behov for fjernvarme	0,8 TWh	0,2 millioner tonn
Sum	12,2 TWh	6 millioner tonn

#### B) Internasjonalt scenario

Dette scenariet baseres på at frigjort elektrisitet, på lik linje med ny og ”grønn” elektrisitet fra for eksempel vindkraftproduksjon, har en klimaeffekt utenfor Norges grenser. Av de 12,2 TWh antas det at 80 % er frigjort elektrisitet som går til eksport, tilsvarende 9,8 TWh. Dette vil med 0,6 kg/kWh utgjøre en utslippsreduksjon på 5,9 millioner tonn i 2020. Den resterende frigjorte

<sup>15</sup> Kildefordelte utslipp til luft. SSB, 2009

<sup>16</sup> Basert på forslag til krav i nye tekniske forskrifter fra 2010 om at en stor andel av varmebehovet skal dekkes av fornybar energi, antas det her at det ikke installeres nye oljekjeler i nye bygninger fram mot 2020.

<sup>17</sup> Fjernvarmestatistikk 2008. SSB, 2008

<sup>18</sup> Kriterier for lavenergi- og passivhus. Boligbygninger. prNS 3700:2009

energimengden på 2,4 TWh antas å redusere/fortrenge oljefyring, og vil da representere en utslippsreduksjon på 0,6 millioner tonn. Samlet potensial for reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp blir da 6,5 millioner tonn per år i 2020, som vist i tabell 6.2.

Tabell 6.2 Samlet potensial for reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp for internasjonalt scenario

Effekt av energieffektivisering	Fordeling av sparepotensial på 12,2 TWh	Reduserte CO <sub>2</sub> -utslipp per år i 2020
Eksport av elektrisitet	9,8 TWh	5,9 millioner tonn
Utfasing av oljefyring	2,4 TWh	0,6 millioner tonn
Sum	12,2 TWh	6,5 millioner tonn



Villa Stoknes: Enebolig på ca. 190 m<sup>2</sup> med passivhusstandard, oppført på Skøyen i Oslo. Innovativt bruk av massivtre og nytt isolasjonssystem.

Arkitekter: Medplan AS Arkitekter/Stein Stoknes MNAL. Foto: Stein Stoknes.

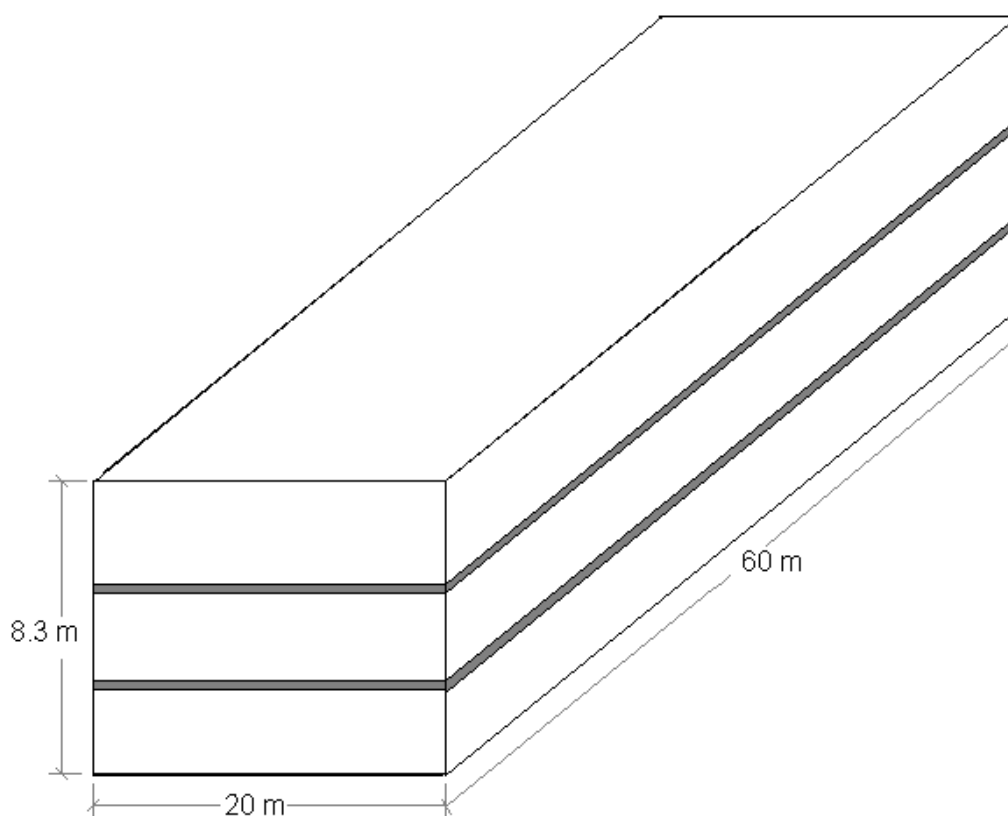


## Vedlegg A: Eksempel på tiltakspakke

Energivåene (levert energi) gitt i tabell 2.1 kan nås på ulike måter. Det vil i regi av forsknings-senteret Zero Emission Buildings bli utgitt en rapport der det vises hvordan disse nivåene kan nås med gitt tiltak.<sup>19</sup> Som eksempel er det her gitt eksempel på tiltak for å nå passivhusnivået for et nytt yrkesbygg. I et reelt byggeprosjekt vil det være andre tiltak som kan være bedre og mer kostnads-effektive enn de som er angitt her.

For yrkesbygg er det tatt utgangspunkt i kontorbygg som representativt for byggkategoriene innefor yrkesbyggsegmentet. Kontorbygg ligger i Enovas energistatistikk noe under snittet for hele yrkesbyggmassen.<sup>20</sup> I tiltakspakkene beskrevet under, for kontorbygg, overoppfylles derfor nivåene gitt i tabell 2.1 for å kompensere for dette.

Det er tatt utgangspunkt i bygningsmodellen som ligger til grunn for energirammene i TEK07.<sup>21</sup> Dette er et treetasjes avlangt kontorbygg med en grunnflate på 1 200 m<sup>2</sup>, som gir et oppvarmet bruksareal på 3 600 m<sup>2</sup>. Tabell A.1 lister opp komponentverdier for å klare energikravet satt i tabell 2.1. Tabell A.2 viser utvalgte simuleringresultater.<sup>22</sup>



Figur A.1 Bygningsmodell for kontorbygget som er brukt i simuleringer av yrkesbyggsegmentet











<sup>19</sup> Dokka TH, "Detaljerte tiltakspakker med kostnadsestimater fra lavenergi til nullutslipp", The Research Centre on Zero Emission Buildings – ZEB, 2009.

<sup>20</sup> <http://www.enova.no/minas27/publicationdetails.aspx?publicationID=325>





<sup>21</sup> Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven (TEK07) m. tilhørende veiledning, se [www.be.no/beweb/info/energi.html](http://www.be.no/beweb/info/energi.html)

<sup>22</sup> Energibruken er simulert med SIMIEN 4.0, [www.programbyggerne.no](http://www.programbyggerne.no)

Tabell A.1 Spesifikasjon på komponentnivå for yrkesbygg for å nå passivhusnivået i tabell 2.1

Komponenter:		Passivhusnivå 2017
	U-verdi yttervegg	0,15 W/m <sup>2</sup> K
	U-verdi gulv	0,09 W/m <sup>2</sup> K
	U-verdi yttertak	0,08 W/m <sup>2</sup> K
	U-verdi vinduer vindus-/dørrareal	0,80 W/m <sup>2</sup> K 20 %
	Varmegjenvinning (η) vifteeffekt (SFP)	82 % 1,5 kW/m <sup>3</sup> /s
	Lekkasjetall (N50)	0,6 h <sup>-1</sup>
Ψ''	Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/m <sup>2</sup> K
	Energibehov lys	15,7 kWh/m <sup>2</sup> år
	Energibehov utstyr	18,8 kWh/m <sup>2</sup> år
	Effektbehov oppvarming (Oslo-klima)	17,4 W/m <sup>2</sup>
	Effektbehov Kjøling	15 W/m <sup>2</sup>

Tabell A.2 Beregningsresultater for kontorbygget

Simuleringsresultater:		Passivhusnivå 2017
	Årlig oppvarmingsbehov	14,7 kWh/m <sup>2</sup> år
	Årlig kjølebehov	8,2 kWh/m <sup>2</sup> år
	Lokal fornybar energiforsyning	0 kWh/m <sup>2</sup> år
	Årlig levert energi	68,6 kWh/m <sup>2</sup> år

## Vedlegg B:

### Eksempel på merkostnader på tiltaksnivå

Ut fra tiltakspakken vist i vedlegg A er det i tabell B.1 estimert ekstrakostnader for et nytt kontorbygg bygget til passivhusnivå. Kostnadene er kun indikative, og i et reelt prosjekt ville kostnadene og kostnadsfordelingen meget sannsynlig vært annerledes.

Tabell B.1 Estimerte merkostnader for bygging til passivhusnivå (2017) for nye yrkesbygg

Komponent/bygningsdel	Ekstrakostnad (kr/m <sup>2</sup> )	Kommentar
Yttervegg	150	Går opp fra 250 til 300 mm isolasjon.
Gulv	75	Går opp fra 200 til 350 mm isolasjon.
Yttertak	125	Går opp fra 300 til 450 mm isolasjon.
Vinduer og dører	120	Bruker passivhusvinduer og dører med U = 0,80.
Kuldebroeliminerer	50	Tiltak for å redusere kuldebroer.
Lufttetthet	75	Tiltak for å nå et lekkasjetall på 0,6 oms/t.
Varmegjenvinning og SFP	150	Bedre gjenvinning og lavere SFP i aggregatet.
Behovsstyring	200	Behovsstyring av ventilasjon og belysning ved CO <sub>2</sub> og tilstedeværelsesstyring
Oppvarmingssystem	-225	Effektbehov redusert fra 60 til 15 W/m <sup>2</sup> . Anslått kW-pris: 5 000 kr (5 kr/W).
Kjølesystem	-150	Laveffektjøling, installert effekt redusert fra 30 til 15 W/m <sup>2</sup> . Anslått besparing 10 kr/W.
Belysningssystem	50	Energieffektivt belysningssystem (T5-rør)
Lokal fornybar energi	0	Kun gridbasert elektrisitet.
Ekstra prosjektering og KS av byggeprosess	100	Noe ekstra prosjektering og KS på byggeplass
SUM	720	Avrundet til 800 kr/m <sup>2</sup>



## Vedlegg C:

# Inntjeningstid med og uten økonomiske insentiver

Ut fra energinivåene gitt i kapittel 2 og merkostnader i kapittel 3, samt foreslåtte støttenivåer i kapittel 4, er det her beregnet lønnsomhet både med og uten økonomiske insentiver. Lønnsomhet er her beregnet som inntjeningstiden til tiltaket, dvs. hvor mange år det tar før investeringen er tilbakebetalt (tatt hensyn til renter).

Inntjeningstiden vist i tabellene under er beregnet med en energipris på 90 øre/kWh og en kalkulasjonsrente på 4 %.<sup>23</sup> Det gjøres oppmerksom på at inntjeningstiden er sensitiv for valg av energipris og kalkulasjonsrente.

Tabell C.1 Inntjeningstid forutsatt ingen økonomiske insentiver

Nivå	Nybygg		Rehabilitering	
	Boliger	Yrkesbygg	Boliger	Yrkesbygg
Lavenerginivå 2012 (år)	56 år	13 år	22 år	5 år
Passivhusnivå 2017 (år)	44 år	6 år	12 år	6 år
Passivhus+ 2022 (år)	28 år	12 år	22 år	10 år

Tabell C.2 Tilbakebetalingstid forutsatt at staten dekker 40 % av merkostnaden

Nivå	Nybygg		Rehabilitering	
	Boliger	Yrkesbygg	Boliger	Yrkesbygg
Lavenerginivå 2012 (år)	19 år	7 år	11 år	3 år
Passivhusnivå 2017 (år)	17 år	3 år	6 år	3 år
Passivhus+ 2022 (år)	13 år	6 år	11 år	6 år

<sup>23</sup> Konservativt anslag, da dagens kalkulasjonsrente (september 2009), når det tatt hensyn til inflasjon og skattefordeler, vil ligge under null.



Visjonen for **FME-senteret Zero Emission Buildings** er å bli et nasjonalt forskningscenter som vil plassere Norge i front innen forskning, innovasjon og implementering mht bygninger med svært lavt energibehov og uten netto klimabelastninger.

Partnerne i senteret er: NTNU (vertsinstitusjon), SINTEF Byggforsk, Skanska, maxit, Isola, Glava, Protan, Hydro Aluminium, YIT, ByBo, Multiconsult, Brødrene Dahl, Snøhetta, Forsvarsbygg, Statsbygg, Husbanken, Byggenæringens landsforening (inkl. Byggevareindustriens forening), Norsk Teknologi og Statens bygningstekniske etat.

**SINTEF** er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

**SINTEF Byggforsk** er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.