

SBF 51 A06008

# RAPPORT

2006-05-30

## Nye energikrav. Tilleggsanalyser - 2

Underlag for revisjon av forskriftskrav til bygningers energibehov

Tore Wigenstad

**SINTEF Byggforsk AS**

Arkitektur og byggteknikk

Mai 2006

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



**SINTEF Byggforsk AS**  
 Arkitektur og byggteknikk

 Postadresse: 7465 Trondheim  
 Besøksadresse: Alfred Getz vei 3  
 Telefon: 40 00 67 22  
 Telefaks: 73 59 82 85

Foretaksregisteret: NO 989 015 540 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Nye energikrav. Tilleggsanalyser - 2.**

Underlag for revisjon av forskriftskrav til bygningers energibehov

FORFATTER(E)

Tore Wigenstad

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens bygningstekniske etat (BE)

RAPPORTNR.

SBF 51 A06008

GRADERING

Åpen

OPPDRAGSGIVERS REF.

Brita Dagestad

GRADER. DENNE SIDE

Åpen

ISBN

82-14-03432-9

PROSJEKTNR.

501059

 ANTALL SIDER  
OG BILAG

 28 +  
vedlegg

ELEKTRONISK ARKIVKODE

PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)

Tore Wigenstad

VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)

Inger Andresen

ARKIVKODE

DATO

2006-05-30

GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)

Siri Hunnes Blakstad, Forskningsjef

**SAMMENDRAG**

Statens bygningsteknisk etat (BE) ønsker å få belyst de økonomiske aspektene ved skjerping av kravene til energibehov i oppvarmede bygninger i forhold til eksisterende rammeverk gitt i tekniske forskrifter (TEK) av 1997.

Denne rapporten er basert på rapport nr STF22 A03524 "Nye forskriftskrav til bygningers energibehov", og er en videreføring av rapport STF50 A05207 "Nye energikrav. Tilleggsanalyser." Sistnevnte rapport analyserer tiltakspakker som bla. tar sikte på å nå ned i energibehov ihht. "lavenenergibolig"-konseptet.

Denne rapporten omhandler i hovedsak en tiltakspakke kalt; **T2**.

T2 inneholder tiltak som i sum medfører et redusert energibehov i forhold til forslag til nye energirammer. Tiltakspakken representerer altså en skjerping.

Bakgrunn for valgt nivå er delvis basert på kostnadsoptimalisering, delvis basert på erfaringer fra gjennomførte byggeprosjekter hvor aktuelle tiltak er gjennomført.

Tiltak ihht. T2 innebærer for bolighus isolasjon i tak, vegg og gulv med U-verdier på hhv. 0.13, 0.16 og 0.13 W/m<sup>2</sup> K. U-verdi for vindu lik 1.1 W/m<sup>2</sup> K, lekkasjetall på 1.5 oms/h (p=50 Pa), og balansert ventilasjonsaggregat med årsvirkningsgrad på 80 %. Erfaring fra bransjen tilsier at dette er tiltak som benyttes enkeltvis eller i kombinasjon allerede i dag, og i stadig større omfang.

Lønnsomheten i T2 er vurdert for en rekke ulike energiprisscenarier

STIKKORD

NORSK

ENGELSK

GRUPPE 1

Energi

Energy

GRUPPE 2

Forskrifter

Regulations

EGENVALGTE

Energirammer

Energy frames

## **INNHOLDSFORTEGNELSE**

|           |                                                                |           |
|-----------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>BAKGRUNN FOR NYE BEREKNINGER</b>                            | <b>3</b>  |
| 1.1       | Tidligere utredninger.                                         | 3         |
| 1.2       | Tiltakspakke; T2                                               | 5         |
| 1.3       | Økonomisk framstilling                                         | 6         |
| <b>2.</b> | <b>KATEGORI: BOLIGBYGG - SMÅHUS</b>                            | <b>9</b>  |
| 2.1       | Beregning                                                      | 9         |
| 2.2       | Virkningen av lang levetid for passive tiltak                  | 11        |
| 2.3       | Bruk av normerte verdier for energipostene utstyr og belysning | 12        |
| 2.4       | Minstekravet til varmeisolasjon                                | 14        |
| 2.5       | Etablert byggetradisjon                                        | 14        |
| 2.6       | Økning av isolasjonstykkelsen i yttervegg                      | 16        |
| <b>3.</b> | <b>KATEGORI: NÆRINGSBYGG - KONTORBYGG</b>                      | <b>19</b> |
| 3.1       | Beregning                                                      | 19        |
| 3.2       | Minstekravet til varmeisolasjon                                | 21        |
| <b>4.</b> | <b>RANGERING AV DELTILTAK</b>                                  | <b>22</b> |
| 4.1       | Boligbygg: Småhus                                              | 23        |
| 4.2       | Næringsbygg: Kontor                                            | 24        |
| <b>5.</b> | <b>LIKT KRAV TIL ISOLASJON FOR ALLE BYGNINGSKATEGORIER</b>     | <b>25</b> |
| <b>6.</b> | <b>ENERGIMESSIG KONSEKVENNS AV SKJERPEDE KRAV</b>              | <b>26</b> |
| <b>7.</b> | <b>KOSTNADER VED INVESTERING I TILTAK</b>                      | <b>28</b> |
|           | <b>VEDLEGG 1</b>                                               | <b>29</b> |
|           | <b>VEDLEGG 2</b>                                               | <b>34</b> |
|           | <b>VEDLEGG 3</b>                                               | <b>36</b> |

## 1. Bakgrunn for nye beregninger

### 1.1 Tidligere utredninger.

Arbeidene i denne rapporten bygger på tidligere utredninger og rapporter fra SINTEF.

I rapporten "Nye forskriftskrav til bygningers energibehov"<sup>1</sup> foreslås det nye energirammer i forskriftssammenheng. Følgende tiltak ligger til grunn for beregning og siden tallverdier for energirammer:

- Bedret U-verdi for vinduer
- Bedre tetthet av bygningskonstruksjon
- Bedre virkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg
- Bedre temperaturregulering via senkning nattertid og gjennom helg.

Følgende energitall er foreslått i ramme:

| BYGNINGSKATEGORI              | Beregnet energibehov    |                                                                     |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|                               | REFERANSE:<br>TEK 97    | Forslag til rammekrav<br>(avrundet i forhold til<br>beregnet verdi) |
|                               | [kWh/m <sup>2</sup> år] | [kWh/m <sup>2</sup> år]                                             |
| SMÅHUS m/ avtrekk i referanse | 173                     | 150                                                                 |
| BOLIGBLOKKER                  | 149                     | 120                                                                 |
| KONTORBYGG                    | 202                     | 170                                                                 |
| BARNEHAGE                     | 216                     | 170                                                                 |
| SKOLE                         | 188                     | 150                                                                 |
| SYKEHUS                       | 391                     | 350                                                                 |
| SYKEHJEM                      | 317                     | 220                                                                 |
| HOTELL                        | 276                     | 240                                                                 |
| RESTAURANTBYGG                | 315                     | 260                                                                 |
| IDRETTSBYGG                   | 256                     | 200                                                                 |
| FORRETNINGSBYGG               | 345                     | 300                                                                 |
| KULTURBYGG                    | 231                     | 170                                                                 |
| LETT INDUSTRI                 | 220                     | 190                                                                 |

**Tabell 1 "Nye forskriftskrav til bygningers energibehov" Forslag til nye energiramme. REFERANSE TEK 97 er beregnet energibehov ihht. dagens regelverk.**

I SINTEF rapporten "Nye energikrav. Tilleggsanalyser."<sup>2</sup> er det gjort beregninger basert på 3 ulike tiltakspakker.

Tiltakspakke 1; Moderat Standard (tilsvarer beregnet rammekrav i foregående rapport)

Tiltakspakke 2; Medium Standard

Tiltakspakke 3; Lavenergistandard (tilsvarer lavenergistandard)

Alle 3 tiltakspakkene tar utgangspunkt i et referansebygg med et energibehov ihht. dagens regler i byggeforskriftene. Alle tiltakene er også økonomiberegnet.

<sup>1</sup> Nye forskriftskrav til bygningers energibehov. Thyholt, Dokka. SINTEF Arkitektur og byggteknikk. STF22 A03524. 2003.

<sup>2</sup> Nye energikrav. Tilleggsanalyser. Wigenstad, Thyholt. SINTEF Arkitektur og byggteknikk. STF50 A05207.2005

| TILTAK                 | REFERANSE TEK 97                                                                                                                                                     | Tiltakspakke 1:<br>MODERAT                                                           | Tiltakspakke 2:<br>MEDIUM                                                            | Tiltakspakke 3:<br>LAVENERGI                                                         |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Yttervegg              | U-verdi: 0,22 W/m <sup>2</sup> K (200 mm)                                                                                                                            | Som i TEK-97                                                                         | Som i TEK-97                                                                         | 0,14 W/m <sup>2</sup> K (300 mm)                                                     |
| Yttertak               | U-verdi: 0,15 W/m <sup>2</sup> K (300 mm)                                                                                                                            | Som i TEK-97                                                                         | Som i TEK-97                                                                         | 0,11 W/m <sup>2</sup> K (400 mm)                                                     |
| Gulv på grunn          | U-verdi: 0,15 W/m <sup>2</sup> K (200 mm)                                                                                                                            | Som i TEK-97                                                                         | U-verdi: 0,13 W/m <sup>2</sup> (200 mm polystyren + 30 mm kantisolasjon)             | U-verdi: 0,11 W/m <sup>2</sup> (250 mm polystyren + 50 mm kantisolasjon)             |
| Vindu                  | U-verdi: 1,6 W/m <sup>2</sup> K (4-15luft-E4))                                                                                                                       | U-verdi: 1,4 W/m <sup>2</sup> K (4-15arg-4E )                                        | U-verdi: 1,4 W/m <sup>2</sup> K (4-15arg-4E )                                        | U-verdi: 1,1 W/m <sup>2</sup> K (4E-12arg-4-12arg-4E)                                |
| Infiltrasjon           | n <sub>50</sub> = 4 oms/h.<br>Infiltrasjon: 0,28 oms/h for balansert ventilasjon, 0,06 oms/h for mekanisk avtrekk                                                    | n <sub>50</sub> = 2 oms/h.<br>Infiltrasjon: 0,14 oms/h                               | n <sub>50</sub> = 1,5 oms/h.<br>Infiltrasjon: 0,10 oms/h                             | n <sub>50</sub> = 1,0 oms/h.<br>Infiltrasjon: 0,07 oms/h                             |
| Styring/<br>regulering | Ikke nattsenkning av innnetemperatur                                                                                                                                 | Nattsenkning til 19 °C                                                               | Nattsenkning til 19 °C                                                               | Nattsenkning til 19 °C                                                               |
| Ventilasjon            | For mekanisk ventilasjon: ingen varmegjenvinning.<br>For balansert ventilasjon: årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 60 %.<br>SFP-faktor 2,5 kW/m <sup>3</sup> /s | Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 60 %.<br>SFP-faktor 2,5 kW/m <sup>3</sup> /s | Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 80 %.<br>SFP-faktor 2,5 kW/m <sup>3</sup> /s | Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 80 %.<br>SFP-faktor 1,5 kW/m <sup>3</sup> /s |

**Tabell 2 "Nye energikrav. Tilleggsanalyser." Innhold i ulike tiltakspakker. Småhus**

Tiltakene for næringsbygg er i det vesentligste de samme som for småhus. Næringsbygg har imidlertid normalt et større innslag av tekniske anlegg, og enkelte av tiltakene berører også disse. (ventilasjon og sirkulasjonspumper)

| TILTAK                 | REFERANSE TEK 97                                                                                      | Tiltakspakke 1:<br>MODERAT                                                                                           | Tiltakspakke 2:<br>MEDIUM                                                                                           | Tiltakspakke 3:<br>LAVENERGI                                                                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yttervegg              | U-verdi: 0,22 W/m <sup>2</sup> K (200 mm)                                                             | Som TEK-97                                                                                                           | Som TEK-97                                                                                                          | 0,14 W/m <sup>2</sup> K (300 mm)                                                                                   |
| Yttertak               | U-verdi: 0,15 W/m <sup>2</sup> K (300 mm)                                                             | Som TEK-97                                                                                                           | Som TEK-97                                                                                                          | 0,11 W/m <sup>2</sup> K (400 mm)                                                                                   |
| Gulv på grunn          | U-verdi: 0,15 W/m <sup>2</sup> K (200 mm)                                                             | Som TEK-97                                                                                                           | U-verdi: 0,13 W/m <sup>2</sup> (200 mm polystyren + 30 mm kantisolasjon)                                            | U-verdi: 0,11 W/m <sup>2</sup> (250 mm polystyren + 50 mm kantisolasjon)                                           |
| Vindu                  | U-verdi: 1,6 W/m <sup>2</sup> K (4-15luft-E4), eller U-verdi lik 2,0 W/m <sup>2</sup> K for yrkesbygg | U-verdi: 1,4 W/m <sup>2</sup> K (4-15arg-4E )                                                                        | U-verdi: 1,4 W/m <sup>2</sup> K (4-15arg-4E )                                                                       | U-verdi: 1,1 W/m <sup>2</sup> K (4E-12arg-4-12arg-4E)                                                              |
| Infiltrasjon           | n <sub>50</sub> = 4 oms/h.<br>Infiltrasjon: 0,28 oms/h                                                | n <sub>50</sub> = 2 oms/h.<br>Infiltrasjon: 0,14 oms/h                                                               | n <sub>50</sub> = 1,5 oms/h.<br>Infiltrasjon: 0,10 oms/h                                                            | n <sub>50</sub> = 1 oms/h.<br>Infiltrasjon: 0,07 oms/h                                                             |
| Styring/<br>regulering | Nattsenkning                                                                                          | Som i TEK-97                                                                                                         | Som i TEK-97                                                                                                        | Som i TEK-97                                                                                                       |
| Ventilasjon            | Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 60 %.<br>SFP-faktor 4/3 (d/n) kW/m <sup>3</sup> /s            | Konstante luftmengder.<br>Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 70 %.<br>SFP-faktor 2/1 (d/n) kW/m <sup>3</sup> /s | Konstante luftmengder<br>Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 70 %.<br>SFP-faktor 2/1 (d/n) kW/m <sup>3</sup> /s | Variable luftmengder<br>Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 70 %.<br>SFP-faktor 3/1 (d/n) kW/m <sup>3</sup> /s |
| Pumpeenergi (kjøling)  | Konstant drift                                                                                        | Konstant drift                                                                                                       | Konstant drift                                                                                                      | Kapasitetsregulering                                                                                               |

**Tabell 3 "Nye energikrav. Tilleggsanalyser." Innhold i ulike tiltakspakker. Næringsbygg**

På bakgrunn av de ulike tiltakspakkene er resulterende energibehov beregnet

| BYGNINGSKATEGORI              | REFERANSE<br>TEK 97 <sup>3</sup><br>[kWh/m <sup>2</sup> år] | Tiltakspakke 1:<br>MODERAT<br>[kWh/m <sup>2</sup> år] | Tiltakspakke 2:<br>MEDIUM<br>[kWh/m <sup>2</sup> år] | Tiltakspakke 3:<br>LAVENERGI<br>[kWh/m <sup>2</sup> år] |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| SMÅHUS m/ avtrekk i referanse | 173                                                         | 147                                                   | 136                                                  | 117                                                     |
| SMÅHUS m/bal.vent i referanse | 167                                                         | 147                                                   | 136                                                  | 117                                                     |
| BOLIG-BLOKKER                 | 149                                                         | 126                                                   | 113                                                  | 101                                                     |
| KONTORBYGG                    | 216                                                         | 162                                                   | 158                                                  | 114                                                     |
| BARNEHAGE                     | 216                                                         | 157                                                   | 152                                                  | 107                                                     |
| SKOLE                         | 198                                                         | 130                                                   | 127                                                  | 105                                                     |
| SYKEHUS                       | 409                                                         | 323                                                   | 319                                                  | 257                                                     |
| SYKEHJEM                      | 328                                                         | 226                                                   | 222                                                  | 178                                                     |
| HOTELL                        | 293                                                         | 228                                                   | 224                                                  | 172                                                     |
| RESTAURANT-BYGG               | 327                                                         | 235                                                   | 230                                                  | 171                                                     |
| IDRETTSBYGG                   | 288                                                         | 194                                                   | 183                                                  | 138                                                     |
| FORRETNINGS-BYGG              | 356                                                         | 271                                                   | 267                                                  | 186                                                     |
| KULTURBYGG                    | 243                                                         | 167                                                   | 163                                                  | 122                                                     |
| LETT INDUSTRI                 | 227                                                         | 159                                                   | 155                                                  | 118                                                     |

**Tabell 4** "Nye energikrav. Tilleggsanalyser." Beregnet energibehov for ulike tiltakspakker

Tiltakspakke 3; Lavenergistandard, er valgt for å undersøke kost/nytte verdien for tiltak tilsvarende lavenergikonseptet. Det er dog valgt normaliserte forbrukstall hva gjelder lys og brukerstyr. Lavenergistandard er et ambisiøst mål og inneholder bla. en kraftig økning av isolasjonstykkelse. Videre er det forutsatt behovsstyrt ventilasjon i kombinasjon med svært lav motstand i kanalnettet for de fleste bygningskategoriene under næringsbygg.

Selv om disse tiltakene ikke representerer ny "teknologi", er det tiltak som vil ha stor innvirkning på bransjen og vil endre etablerte byggetradisjoner slik disse virker i dag. Kostnadsbildet er tilsvarende noe usikkert.

Det er i denne forbindelse viktig å være klar over at eksempelvis god isolasjon av bygget mot grunnen kan medføre teleproblemer. Årsaken til dette er at der en i dag har noe varmelekkasje ned i grunnen og derfor holder dette telefritt, vil en ved bedre isolering få en annen utbredelse av frost i grunnen. Tiltak mot dette vil bla. avhenge av stedlige masser, men vil antagelig bety en endring av innarbeidede isoleringsrutiner. Et annet forhold er øket isolasjonstykkelse i tak og vegger. Dette kan ha innvirkning på fuktvandring og særlig kondensasjonspunkt i konstruksjonen. Her vil det kreve øket oppmerksomhet og krav til diffusjonstett konstruksjon. Metoder for å bedre diffusjonstettheten er beskrevet bla. i byggdetaljblader, slik at dette representerer ikke noe nytt, men konsekvensen av at en ikke får dette godt nok til ute på byggeplassen vil være langt større når isolasjonstykkelsen øker.

## 1.2 Tiltakspakke; T2

Blant annet som et resultat av dette ønsket BE en vurdering av konsekvenser dersom en noe moderert lavenergi standard skal være målsetning for tiltakene. Moderert standard betyr i denne sammenheng bla. en isolasjonsløsning hvor det finnes mer erfaringsbakgrunn i form av flere gjennomførte byggeprosjekter. I tillegg benyttes det en normal kanalinstallasjon for ventilasjonsanlegget hvor bla. SFP-faktor settes til 2.5.

For kategorien Småhus, gir denne modererte lavenergistandarden et rammekrav på 125<sup>4</sup> kWh/m<sup>2</sup> år.

<sup>3</sup> Avviket mellom referanseverdier i tabell 1 og tabell 4 skyldes en mer nøyaktig beregning i forhold til infiltrasjon, samt solinnstråling i tabell 2.

<sup>4</sup> For lavenergiboliger benyttes gjerne 100 kWh/m<sup>2</sup> år som måltall. (ref.: [www.Lavenergiboliger.no](http://www.Lavenergiboliger.no)). Begrepet har ingen presis definisjon, og inneholder ofte en forutsetning om installasjon av lys og brukerstyr med lavt energibehov (A-merket utstyr). Forholdet diskuteres lenger ut i rapporten.

Tilsvarende for næringsbygg (kontorbygg) oppnås et beregnet rammekrav på 140 kWh/m<sup>2</sup> år. Tiltakspakken for å oppnå disse verdiene er i det videre benevnt **T2**.

### 1.3 Økonomisk framstilling

#### Energikostnad

For å få fram privatøkonomisk konsekvens av ulike prisscenarier, er det gjort beregninger med energipriser på 40, 65, 75, 100 og 150 øre/kWh. Det er i økonomiberegningene fokusert på inntjeningstid<sup>5</sup>, men nåverdi<sup>6</sup> og årskostnader<sup>7</sup> er også beregnet for en del utvalgte case

#### Levetid

Levetid for passive tiltak settes lik henholdsvis 30 og 50 år, mens levetid for installasjonstekniske tiltak settes lik 15 år.

Kort levetid for tiltak vil naturlig nok gjøre det økonomiske regnestykket mer anstrengt. Dette forholdet er vist via en egen gjennomregning hvor levetid for passive tiltak er satt lavt. (15 år)

#### Nåverdi

Nåverdi defineres som dagens verdi av framtidige besparelser minus investering.

$$NV = B \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_0$$

hvor:

|       |   |                                     |
|-------|---|-------------------------------------|
| $NV$  | = | Nåverdi                             |
| $B$   | = | Årlig netto besparelse              |
| $r$   | = | Kalkulasjonsrente                   |
| $n$   | = | Økonomisk levetid for investeringen |
| $I_0$ | = | Investeringen                       |

#### Inntjeningstid

Inntjeningstiden er den tiden ( $n$ ) det tar før en investering er inntjent. Til forskjell fra tilbakebetalingstiden inngår som vi ser kapitalkostnad (rente) i denne beregningen. Det baseres på like årlige besparelser. Inntjeningstiden vil samtidig være tiden som gir nåverdi ( $NV$ ) = 0.

---

<sup>5</sup> Inntjeningstid:

Dette er den tiden det tar før den investeringen som foretas (tiltakspakka) er inntjent.

Eksempel: Kostnader til tiltakspakka lånefinansieres til en realrente på 4 %. Rentekostnad samt tilbakebetaling dekkes via reduserte energikostnader. Når inntjeningstiden er nådd er hele tiltaket tilbakebetalt, eller mer presist inntjent. Reduserte energikostnader i resterende levetid for tiltaket vil være "fortjeneste".

<sup>6</sup> Nåverdi:

Metoden benyttes for å sammenligne dagens-, og framtidige utgifter og inntekter, ved at disse føres til et likt tidspunkt. Vanligvis nå-tidspunktet. Positiv verdi betyr at tiltaket er lønnsomt. Negativ verdi betyr at det er ulønnsomt. Verdien er uttrykt som et kronebeløp, men er en fiktiv verdi i den forstand at en ikke har disse pengene fysisk tilgjengelig ved nå-tidspunktet. Metoden er mye benyttet ved rangering av flere mulige tiltak.

<sup>7</sup> Årskostnader benyttes gjerne ved analyse av alternative investering/kostnadsscenarier, hvor resultatet gir ulike kostnadsbilder. I denne utredningen søker vi primært investeringer som resulterer i framtidig besparelse (inntekt). Vi ønsker en større samlet inntekt enn investering, og altså en negativ "kostnad". Sammenligning mellom flere negative årskostnader kan ofte virke noe forvirrende og i ENØK sammenheng er det derfor mange miljøer som velger å døpe om negativ årskostnad til "årlig overskudd". I denne rapporten har vi valgt å holde oss til begrepet årskostnader, og opererer følgelig med både negative og positive verdier for denne.

$$B \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_0 = 0$$

hvor:

|       |   |                                            |
|-------|---|--------------------------------------------|
| $B$   | = | Årlig netto besparelse (dagens kroneverdi) |
| $r$   | = | Kalkulasjonsrente                          |
| $I_0$ | = | Investeringsen, år 0                       |
| $n$   | = | Inntjeningsperioden                        |

### Kalkulasjonsrente

Kalkulasjonsrenta framkommer generelt ved følgende uttrykk:

$$r = \frac{1}{1 + e} \cdot \left[ \frac{r_n (1 - s) - i}{(1 + i)} \right] - e$$

hvor:

|       |   |                                        |
|-------|---|----------------------------------------|
| $r$   | = | kalkulasjonsrente                      |
| $e$   | = | relativ prisstigning energi, %         |
| $r_n$ | = | nominell rente ved lånefinansiering, % |
| $s$   | = | skatt, %                               |
| $i$   | = | inflasjon, %                           |

Eksempel med tallverdi:

|       |   |                                                   |
|-------|---|---------------------------------------------------|
| $e$   | = | 0,0 (konservativt anslag)                         |
| $r_n$ | = | 0,05 (Antar en framtidig stabil bankrente på 5 %) |
| $s$   | = | 0,28 (28 % nominell skatt)                        |
| $i$   | = | 0,025 (Norges Bank sitt inflasjonsmål lik 2,5 %)  |

Disse verdiene gir en realrente på 1,1 %.

Dersom en forutsetter en relativ prisstigning for energi på 2 %, blir kalkulasjonsrenta lik – 1 %.

Kalkulasjonsrenta vil variere vesentlig avhengig av hvilken verdi de ulike parametre blir gitt. Disse valgene vil igjen være veldig forskjellig avhengig av hvorvidt en benytter et privatøkonomisk-, bedriftsøkonomisk-, eller samfunnsøkonomisk perspektiv. Talleksempelen over kan være relevant for en privatøkonomisk betraktning i dag.

I beregningene er det imidlertid benyttet en konservativ verdi lik 4 %

### Årskostnad

I beregning av tiltakenes årskostnader sammenlignes inntektene ved redusert energibehov med resultatet av investeringen gjort ved år 0, inklusive alle framtidige kostnader i form av rehabiliteringer, driftsutgifter og vedlikehold. Noen av disse kostnadene kommer årlig, andre med flere års mellomrom.

Ved å gjennomføre en nåverdiberegning av alle disse kostnadene, har vi ”summert” disse til et referansetidspunkt. (år 0)

Ved å legge nåverdien ut som en lik kostnad i hele betraktningsperioden (typisk 50 år) via en s.k. annuitetsfaktor, konstrueres en årskostnad for alle utgifter når de enn måtte inntreffe.

Denne kostnaden må korrigeres med årlig inntekt fra energibesparelsen. Summen gir årskostnad, og er en teoretisk verdi.

$$NV = I_0 + \frac{I_1}{(1+r)^{n_1}} + \frac{I_2}{(1+r)^{n_2}} + \dots + \frac{i_n}{(1+r)^{n_n}}$$

hvor:

- $NV$  = Nåverdi av alle kostnader
- $I_0$  = Investeringen, år 0
- $I_{1,2,\dots,n}$  = Investeringen, år 1, 2...n
- $r$  = Kalkulasjonsrente
- $n$  = Tidspunkt for investering (1,2 ...n år fra år 0)

annuitetsfaktor

$$a = \frac{r}{1 - (1+r)^{-N}}$$

hvor:

- $r$  = Kalkulasjonsrente
- $N$  = Betraktningsperiode

Årskostnad:

$$ÅK = (NV \cdot a) - E$$

hvor:

- $E$  = Verdi av energibesparelse

## **2. Kategori: Boligbygg - småhus**

### **2.1 Beregning**

Utgangspunktet for beregningene er en tenkt modellbygning, med en normalt form, moderat vindusareal mm. Tekniske kvaliteter er ihht. dagens forskriftskrav, og utgangspunktet betegnes referansebygg.

På det samme modellbygget er det gjennomført en rekke tiltak, som sammen reduserer energibehovet.

Denne samlingen av tiltak er benevnt tiltakspakke **T2**

Investeringskostnadene for hvert enkelt tiltak i pakken er kalkulert.

| Referanse: SMÅHUS m/ mekanisk avtrekk |                 |             |                                         |                                                                                              |                                  |                                | Kommentar                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------|-----------------|-------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | Areal/<br>enhet |             | REFERANSE:<br>TEK 97                    | Tiltak T2                                                                                    | Kostnads<br>økning<br>[kr/enhet] | Kostnads<br>økning<br>[kr/BRA] |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Yttervegg                             | 160             | m²          | U-verdi: 0,22 W/m² K<br>(200 mm)        | 0,16 W/m² K<br>(250 mm)                                                                      | 90                               | 117                            | Kostnadstall er basert på et gjennomsnitt av hhv. krysslektet oppbygging og I-profil                                                                                                                                            |
| Yttertak                              | 80              | m²          | U-verdi: 0,15 W/m² K<br>(300 mm)        | 0,13 W/m² K<br>(350 mm)                                                                      | 39                               | 25                             | Kostnadstall er basert på et gjennomsnitt av hhv. takstolkonstruksjon (kaldt tak), sperretak og sperretak med I-bjelker (Store variasjoner i kostnadstall)                                                                      |
| Gulv på grunn                         | 80              | m²          | U-verdi: 0,15 W/m² K<br>(200 mm)        | U-verdi: 0.13 W/m²<br>(200 mm polystyren + 30 mm kantisolasjon)                              | 20                               | 13                             | Det er ved dette tiltaket fokusert på randsoneisolering og reduksjon av kuldebro                                                                                                                                                |
| Vindu                                 | 32              | m²          | U-verdi: 1,6 W/m² K<br>(2-lags energi)  | U-verdi: 1,1 W/m² K<br>(3-lags: 4E-12arg-4-12arg-4E)                                         | 350                              | 91                             | Det kan være en utfordring å skaffe denne kvaliteten for enkelte vindustyper (eksempelvis sprossevindu med gjennomgående sprosser)                                                                                              |
| Infiltrasjon                          | 160             | m²          | 0.06 oms/h                              | 0.10 oms/h                                                                                   | 25                               | 33                             | Infiltrasjon på 0.1 oms/h (ved balansert ventilasjon) betinger et tettere bygg enn verdien på 0.06 oms/h når bygget kun har at avtrekksanlegg. Verdien er ambisiøs og anses å være et tilstrekkelig nivå i forskriftssammenheng |
| Styring/regulering                    | 160             | m²          | Ikke nattsenkning av innetemperatur     | Enkel nattsenkning til 19 grader                                                             | 25                               | 33                             | Det er her forutsatt et enkelt ordinært temperatursenkningssystem for varmeanlegget.                                                                                                                                            |
| Ventilasjon                           | type            | stk         | 0.50 luftskifte/h<br>(mekanisk avtrekk) | 0.50 luftskifte/h<br>Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 80 %.<br>SFP-faktor 2.5 kW/m³/s | 17000                            | 138                            | Virkningsgrad for varmegjenvinner betinger beste produkt i dagens marked. SFP-faktoren på 2.5 kW/m³/s uttrykker energi til transport av ventilasjonsluft i kanalnettet, og betinger et normalt til godt utført anlegg.          |
| SUM ØKTE INVESTERINGER                |                 | kroner/m2   |                                         |                                                                                              |                                  | 449                            | Kostnad for tiltakspakke, korrigert for usikkerhet/påslag. Inkl. mva.                                                                                                                                                           |
| Energipris                            | (75)            | øre/kWh     |                                         |                                                                                              |                                  |                                | Energipris (her 150 øre/kWh) er variert i økonomiberegningene. Kalkulasjonsrente er fast lik 4 %                                                                                                                                |
| Kalkulasjonsrente                     | 4               | %           |                                         |                                                                                              |                                  |                                |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Energibehov/besparelse                |                 | [kWh/m2 år] | 173                                     | Beregnet energibehov etter tiltak:                                                           | 125                              | 48                             | Redusert energibehov grunnet tiltakspakke                                                                                                                                                                                       |
| ÅRLIG BESPARELSE                      |                 | kroner/m2   |                                         | Årlig besparelse samlede tiltak                                                              |                                  | (36)                           | Verdi gjelder for valgt energipris                                                                                                                                                                                              |
| INNTJENINGSTID                        |                 | år          | Inntjeningstid for samlede tiltak       |                                                                                              |                                  | (17,6)                         | Verdi gjelder for valgt energipris og rentenivå                                                                                                                                                                                 |

**Tabell 5 Sammenstilling av beregning**

| INVESTERING<br>NÅ<br>[kr/BRA] | ENERGIPRIS<br>[øre/kWh] | TILTAKSPAKKENS<br>INN-TJENINGSTID<br>[ÅR] | TILTAKPAKKENS NÅVERDI OG ÅRSKOSTNAD<br>[kr/BRA] |                 |                         |                 |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
|                               |                         |                                           | Levetid, bygget = 30 år                         |                 | Levetid, bygget = 50 år |                 |
|                               |                         |                                           | NÅVERDI                                         | ÅRS-<br>KOSTNAD | NÅVERDI                 | ÅRS-<br>KOSTNAD |
| 449                           | 40                      | 70,2                                      | -212                                            | + 12            | -214                    | + 10            |
| 449                           | 65                      | 21,9                                      | -5                                              | 0               | 44                      | -2              |
| 449                           | 75                      | 17,6                                      | 78                                              | - 5             | 147                     | - 7             |
| 449                           | 100                     | 12,0                                      | 286                                             | - 17            | 405                     | - 19            |
| 449                           | 150                     | 7,3                                       | 701                                             | - 41            | 921                     | - 43            |

**Tabell 6** Inntjeningsstid, nåverdi og årskostnader for T2 med ulike energipriser. Levetid for bygget er også variert

I nåverdibetraktningen er levetid for passive tiltak satt lik levetiden for boligen, hhv 30 og 50 år. For tekniske tiltak er levetiden satt lik 15 år. Dette siste betyr at der bygningens levetid settes lik 30 år, skiftes det tekniske anlegget ut en gang (etter 15 år). Hvor levetiden er 50 år, skiftes anlegget ut 3 ganger (hhv. etter 15, 30 og 45 år)

Nåverdien er negativ for en energipris på 40 øre, og 65 øre/kWh dersom kort levetid forutsettes i dette tilfellet.

For alle andre prissenarioer er nåverdien positiv.

Lønnsomheten øker med økt levetid for bygget, og selvsagt med økning i energipris. Det er i denne sammenheng viktig å være klar over at energipris er regnet fast i hele levetidsperioden. Det er grunn til å anta at denne vil øke relativ i forhold til generell prisstigning uttrykt gjennom kalkulasjonsrenten (4 %)

Flere beregninger/bygningskategorier er presentert i vedlegg 1 og 3

## 2.2 Virkningen av lang levetid for passive tiltak

Virkningen av lang levetid for passive tiltak er vist i tabellen under. Utgangspunktet er et bygg med levetid på 50 år.

| INVESTERING<br>NÅ<br>[kr/BRA] | ENERGI<br>PRIS<br>[øre/kWh] | TILTAKS-<br>PAKKENS INN-<br>TJENINGSTID<br>[ÅR] | TILTAKPAKKENS NÅVERDI OG ÅRSKOSTNAD<br>[kr/BRA]       |                 |                                                     |                 |                                               |                 |
|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|-----------------|
|                               |                             |                                                 | Levetid, bygget = 50 år                               |                 |                                                     |                 |                                               |                 |
|                               |                             |                                                 | Levetid, passiv = 15 år<br>(3 utskiftinger pr. 50 år) |                 | Levetid, passiv = 30 år<br>(1 utskifting pr. 50 år) |                 | Levetid, passiv = 50 år<br>(ingen utskifting) |                 |
|                               |                             |                                                 | NÅ-<br>VERDI                                          | ÅRS-<br>KOSTNAD | NÅ-<br>VERDI                                        | ÅRS-<br>KOSTNAD | NÅ-<br>VERDI                                  | ÅRS-<br>KOSTNAD |
| 449                           | 75                          | 17,6                                            | -141                                                  | +7              | 61                                                  | -3              | 147                                           | - 7             |
| 449                           | 100                         | 12,0                                            | 117                                                   | -5              | 319                                                 | -15             | 405                                           | - 19            |
| 449                           | 150                         | 7,3                                             | 632                                                   | -29             | 835                                                 | -39             | 921                                           | - 43            |

**Tabell 7** Virkning av lang levetid for passive tiltak

Levetiden for passive bygningsmessige tiltak (isolasjon, vinduer og infiltrasjon) er hhv. 15, 30 og 50 år. Levetid for tekniske tiltak 15 år.

Vi ser av tabell 7 at nåverdien er negativ for kombinasjonen kort levetid for passive tiltak og "lav" energipris. Dette overrasker ikke da levetiden for både de aktive og passive tiltakene er kortere enn

inntjenningstiden. Øvrige kombinasjoner er lønnsomme, og selvfølgelig mest lønnsomt hvor levetiden er lang og energiprisen høy.

Det er imidlertid her viktig å poengtere at levetiden for passive tiltak i dette eksempelet er satt lavt.

”Teknisk levetid” for isolasjon vil eksempelvis i praksis ofte være lik byggets funksjonsmessige levetid, som vanligvis beregnes til (minst) 50 år.

Levetid for tekniske installasjoner (temperaturstyring og ventilasjonsanlegg) er satt til konstant 15 år. Dette er også et konservativt (kort) tidsanslag.

## 2.3 Bruk av normerte verdier for energipostene utstyr og belysning

### Referanseverdier

Energipostene for lys og utstyr er holdt konstant for både referansebygg og for bygg hvor tiltakspakke er simulert.

Følgende verdier benyttet:

$E_{\text{belysning}} = 640 \text{ Watt} - 4 \text{ W/m}^2$ , periode: 07.00 - 23.00, 0 Watt ellers. Gir beregnet forbruk:  $23 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$   
 $E_{\text{utstyr}} = 800 \text{ Watt} - 5 \text{ W/m}^2$ , periode: 07.00 - 23.00, 0 Watt ellers. Gir beregnet forbruk:  $29 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$

Energibruken framkommer generelt som en kombinasjon av installert effekt og brukstid.

#### *Installert effekt utstyr:*

Det finnes lite fullgod dokumentasjon tilgjengelig, men generelt kan det synes som det er en trend med en økning av antall installerte komponenter, men i kombinasjon med lavere effektbehov for hver komponent.

#### *Installert effekt lys:*

I boligsammenheng er det et øket fokus rundt laveeffektbelysning (lavvolt, spot, ”sparepærer”), samt styringssystem, men ikke alle disse systemene fører til reelt lavere installert effekt (tap transformatorer)

#### *Brukstid:*

Stor variasjon og henger sammen med brukeratferd og faktisk tilstedeværelse.

### Lavenergikonseptet

I lavenergi konseptet, (som ikke har noen endelig definisjon eller nøkkeltall mht. brukerrelaterte verdier som lys og utstyr), er brukstallene ofte justert ned til følgende verdier:

$E_{\text{belysning}} = 420 \text{ Watt} - 2.6 \text{ W/m}^2$ , periode: 07.00 - 23.00, 0 Watt ellers. Forbruk:  $15 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$  (red. 35 %)  
 $E_{\text{utstyr}} = 545 \text{ Watt} - 3.4 \text{ W/m}^2$ , periode: 07.00 - 23.00, 0 Watt ellers. Forbruk:  $20 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$  (red. 31 %)

Disse verdiene forutsetter altså bruk av utstyr og belysning med lavt effektbehov. Brukeratferd er i beregningene beholdt til konstant bruk fra kl 07.00 til kl. 23.00. Lysstyringsanlegg (reduisert brukstid) er følgelig ikke inkludert.

Hvorvidt det er korrekt å benytte disse siste verdiene i forskriftssammenheng, kan diskuteres.

For belysning, og særlig den delen som tilhører en fast installasjon, dvs. et eventuelt styringsanlegg, lavvolt innbygget spot, lysstoffrør mm, kan det være belegg for å hevde at dette kan sammenlignes med øvrige tekniske installasjoner i bygget, og følgelig betraktes som en tiltakspakke.

Den delen av belysningen som kun dreier seg om løse lyskilder eksempelvis ”sparepærer”, vil være avhengig av bruker og dennes kjøpsatferd.

Det samme forholdet vil gjelde for utstyr. Dette er i hovedsak løse komponenter, hvor antall og effektbehov er helt avhengig av brukeratferd.

Da så stor andel av dette el-forbruket er brukeravhengig, kan det i forskriftssammenheng være riktig å benytte verdiene, kun dersom de samme verdiene også benyttes i referanseverdien.

|                      | Referanse uten lavenergibelysning/utstyr [kWh/m <sup>2</sup> år] | Referanse med lavenergibelysning/utstyr [kWh/m <sup>2</sup> år] |
|----------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Romoppvarming        | 82                                                               | 93                                                              |
| Varmebatterier       | 0                                                                | 0                                                               |
| Vannoppvarming       | 35                                                               | 35                                                              |
| Vifter og pumper     | 4                                                                | 4                                                               |
| Belysning            | 23                                                               | 15                                                              |
| Teknisk brukerutstyr | 29                                                               | 20                                                              |
| Totalt energibehov   | 173                                                              | 168                                                             |
| Reduksjon i behov    | 5                                                                |                                                                 |

**Tabell 8 Simulering. Referanse med og uten lavenergibelysning/utstyr**

Tabellen over viser at ved å redusere energibruk til lys og utstyr med 17 kWh/m<sup>2</sup> år, reduseres ikke samlet energibehov tilsvarende. Mye av frafallet av energi til lys/utstyr må gjennom fyringssesongen kompenseres via øket romoppvarming, slik at netto energireduksjon blir ca 5 kWh/m<sup>2</sup> år.

|                      | Tiltakspakke T2 uten lavenergibelysning/utstyr [kWh/m <sup>2</sup> år] | Tiltakspakke T2 med lavenergibelysning/utstyr [kWh/m <sup>2</sup> år] |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Romoppvarming        | 29                                                                     | 37                                                                    |
| Varmebatterier       | 2                                                                      | 3                                                                     |
| Vannoppvarming       | 35                                                                     | 35                                                                    |
| Vifter og pumper     | 7                                                                      | 7                                                                     |
| Belysning            | 23                                                                     | 15                                                                    |
| Teknisk brukerutstyr | 29                                                                     | 20                                                                    |
| Totalt energibehov   | 125                                                                    | 118                                                                   |
| Reduksjon i behov    | 7                                                                      |                                                                       |

**Tabell 9 Simulering. Tiltakspakke T2 med og uten lavenergibelysning/utstyr**

Ved simulert tiltakspakke T2, reduseres energibruk til lys og utstyr med 17 kWh/m<sup>2</sup> år. På samme måte som i referanse, må mye av bortfall i varmeenergi fra lys og utstyr kompenseres via øket romoppvarming. Netto energireduksjon blir 7 kWh/m<sup>2</sup> år.

### Konklusjon:

Dersom en vil inkludere lavenergi belysning og utstyr i forutsetningen for nye energirammekrav, medfører dette en reduksjon på 7 kWh/m<sup>2</sup> år i forhold til om en benytter mer standardisert lys og utstyr som utgangspunkt. (tabell 9)

Hvis en velger en slik tilnærmingstype i beregningen, må i så fall referanseverdien også korrigeres med den samme utstyrspakken (tabell 8). I realiteten har en derved oppnådd en beregningsmessig reduksjon på (kun) 2 kWh/m<sup>2</sup> år. (7 minus 5 kWh/m<sup>2</sup> år)

Et argument mot et slikt valg er at bygget med standard lys/utstyr (125 kWh/m<sup>2</sup> år) er like godt som et bygg med lavenergi belysning/utstyr (118 kWh/m<sup>2</sup> år), og at lys (delvis) og brukerutstyr (helt) prinsipielt ikke hører inn under byggeforskriftens energidel.

I forhold til måloppnåelse kan det også hevdes at installasjon av laveffektbelysning og utstyr foregår nær uavhengig av hva som skjer på bygningssektoren for øvrig, og at en på sikt vil ende opp med produkter som gir svært lite varmetilskudd til boligen. Dette siste et argument for å holde fokus på lavt varmetap.

## 2.4 Minstekravet til varmeisolasjon

I rapporten "Nye forskriftskrav til bygningers energibehov". STF22 A03524, anbefales det en revisjon av dagens minstekrav i forhold til U-verdier

Dersom T2 legges til grunn for nye energirammer er det logisk at minimumskrav også skjerpes:

| Bygningsdel             | Minimumskrav ihht. "Nye forskriftskrav til bygningers energibehov" |                     | Forslag til minimumskrav ved forskrifter basert på tiltakpakke T2 |                 |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------|
|                         | U-verdi [W/m <sup>2</sup> K]                                       | Tilsvarende         | Minimumskrav U-verdi [W/m <sup>2</sup> K]                         | Tilsvarende     |
| Yttervegg               | 0,28                                                               | 15 cm isolasjon     | <b>0,22</b>                                                       | 20 cm isolasjon |
| Tak, gulv               | 0,20                                                               | 20 -25 cm isolasjon | <b>0,15</b>                                                       | 30 cm isolasjon |
| Vinduer                 | 1,4                                                                | 2-lags glass        | <b>1,4</b>                                                        | 2-lags glass    |
| Glassvegger og glasstak | 1,6                                                                | 2-lags glass        | <b>1,6</b>                                                        | 2-lags glass    |

**Tabell 10 Forslag til nye minstekrav for bygningsdelers U-verdi. Forutsetter lite kuldebroer**

Forslag til minimumsverdier er ihht. dagens forskriftskrav.

## 2.5 Etablert byggetradisjon

Statig flere husprodusenter velger balansert ventilasjon som standard i sine leveranser. I tillegg er det etablert en kostnadsoptimal praksis hvor en gjerne foretar et *teknisk bytte* ved å montere bedre vinduer enn forskriftskravet på bekostning av U-verdi for yttervegg.

Vinduer velges etter dette med en U-verdi på 1.4 W/m<sup>2</sup> K (1.6 W/m<sup>2</sup> K i forskrift)

U-verdi for yttervegg øker tilsvarende fra 0.22 W/m<sup>2</sup> K (200 mm) til 0.28 W/m<sup>2</sup> K. (150 mm)

Tabell på neste side viser konsekvens for tiltakspakke T2 for disse boligene.

Ulike energiprisscenarier er beregnet og følger i vedlegg 1.

| Referanse: SMÅHUS m/ balansert ventilasjon + teknisk bytte |                 |             |                                                                                               |                                                                                               |                                  | Kommentar                      |                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                            | Areal/<br>enhet |             | REFERANSE                                                                                     | Tiltak T2                                                                                     | Kostnads<br>økning<br>[kr/enhet] | Kostnads<br>økning<br>[kr/BRA] |                                                                                                                                                                                                                                |
| Yttervegg                                                  | 160             | m²          | U-verdi: 0,28 W/m² K<br>(150 mm)                                                              | 0,16 W/m² K<br>(250 mm)                                                                       | 132                              | 172                            | Kostnadstall er basert på et gjennomsnitt av hhv. krysslektet oppbygging og I-profil                                                                                                                                           |
| Yttertak                                                   | 80              | m²          | U-verdi: 0,15 W/m² K<br>(300 mm)                                                              | 0,13 W/m² K<br>(350 mm)                                                                       | 39                               | 25                             | Kostnadstall er basert på et gjennomsnitt av hhv. takstolkonstruksjon (kaldt tak), sperretak og sperretak med I-bjelker (Store variasjoner i kostnadstall)                                                                     |
| Gulv på grunn                                              | 80              | m²          | U-verdi: 0,15 W/m² K<br>(200 mm)                                                              | U-verdi: 0.13 W/m²<br>(200 mm polystyren + 30 mm kantisolasjon)                               | 20                               | 13                             | Det er ved dette tiltaket fokusert på randsoneisolering og reduksjon av kuldebro                                                                                                                                               |
| Vindu                                                      | 32              | m²          | U-verdi: 1,4 W/m² K<br>(2-lags energi)                                                        | U-verdi: 1,1 W/m² K<br>(3-lags: 4E-12arg-4-12arg-4E)                                          | 250                              | 65                             | Det kan være en utfordring å skaffe denne kvaliteten for enkelte vindustyper (eksempelvis sprossevindu med gjennomgående sprosser)                                                                                             |
| Infiltrasjon                                               | 160             | m²          | 0.28 oms/h                                                                                    | 0.10 oms/h                                                                                    | 25                               | 33                             | Infiltrasjon på 0.1 oms/h (ved balansert ventilasjon) betinger et tettere bygg enn verdien på 0.06 oms/h når bygget kun har at avtrekksanlegg. Verdien er ambisiøs og anses å være et tilstrekkelig nivå i forskriftsammenheng |
| Styring/regulering                                         | 160             | m²          | Ikke nattsenkning av innetemperatur                                                           | Enkel nattsenkning til 19 grader                                                              | 25                               | 33                             | Det er her forutsatt et enkelt ordinært temperatursenkningssystem for varmeanlegget.                                                                                                                                           |
| Ventilasjon                                                | type            | stk         | 0.50 luftskifte/h<br>Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 60 %.<br>SFP-faktor 2.5 kW/m³ /s | 0.50 luftskifte/h<br>Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 80 %.<br>SFP-faktor 2.5 kW/m³ /s | 1000                             | 8                              | Virkningsgrad for varmegjenvinner betinger beste produkt i dagens marked. SFP-faktoren på 2.5 kW/m³/s uttrykker energi til transport av ventilasjonsluft i kanalnett, og betinger et normalt til godt utført anlegg.           |
| SUM ØKTE INVESTERINGER                                     |                 | kroner/m2   |                                                                                               |                                                                                               |                                  | 348                            | Kostnad for tiltakspakke, korrigert for usikkerhet/påslag. Inkl. mva.                                                                                                                                                          |
| Energipris                                                 | (75)            | øre/kWh     |                                                                                               |                                                                                               |                                  |                                | Energipris(her 150 øre/kWh) er variert i økonomiberegningene. Kalkulasjonsrente er fast lik 4 %                                                                                                                                |
| Kalkulasjonsrente                                          | 4               | %           |                                                                                               |                                                                                               |                                  |                                |                                                                                                                                                                                                                                |
| Energibehov/besparelse                                     |                 | [kWh/m2 år] | 170                                                                                           | Beregnet energibehov etter tiltak:                                                            | 125                              | 45                             | Reduseret energibehov grunnet tiltakspakke                                                                                                                                                                                     |
| ÅRLIG BESPARELSE                                           |                 | kroner/m2   |                                                                                               | Årlig besparelse samlede tiltak                                                               |                                  | (34)                           | Verdi gjelder for valgt energipris                                                                                                                                                                                             |
| INNTJENINGSTID                                             |                 | år          | Inntjeningstid for samlede tiltak                                                             |                                                                                               |                                  | (17,7)                         | Verdi gjelder for valgt energipris og rentenivå                                                                                                                                                                                |

Tabell 11 Sammenstilling av beregning.

## **2.6 Økning av isolasjonstykkelsen i yttervegg**

Tiltakspakke T2 betinger en økning av isolasjonstykkelsen fra dagens 20 cm til 25 cm.

Det er nærliggende å undersøke den økonomiske konsekvensen av å øke denne tykkelsen med ytterligere 5 cm, slik at samlet isolasjonstykkelse for vegg blir 30 cm.

Denne beregningen er gjennomført, med sammenstilling på neste side.

| Referanse: SMÅHUS m/ mekanisk avtrekk |                 |             |                                         |                                                                                              |                                  |                                | Kommentar                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------|-----------------|-------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | Areal/<br>enhet |             | REFERANSE                               | Tiltak: T2 med 30<br>cm isolasjon i<br>yttervegg                                             | Kostnads<br>økning<br>[kr/enhet] | Kostnads<br>økning<br>[kr/BRA] |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Yttervegg                             | 160             | m²          | U-verdi: 0,22 W/m² K<br>(200 mm)        | 0,14 W/m² K<br>(300 mm)                                                                      | 135                              | 176                            | Kostnadstall er basert på et gjennomsnitt av hhv. krysslektet oppbygging og I-profil                                                                                                                                            |
| Yttertak                              | 80              | m²          | U-verdi: 0,15 W/m² K<br>(300 mm)        | 0,13 W/m² K<br>(350 mm)                                                                      | 39                               | 25                             | Kostnadstall er basert på et gjennomsnitt av hhv. takstolkonstruksjon (kaldt tak), sperretak og sperretak med I-bjelker (Store variasjoner i kostnadstall)                                                                      |
| Gulv på grunn                         | 80              | m²          | U-verdi: 0,15 W/m² K<br>(200 mm)        | U-verdi: 0.13 W/m²<br>(200 mm polystyren + 30 mm kantisolasjon)                              | 20                               | 13                             | Det er ved dette tiltaket fokusert på randsoneisolering og reduksjon av kuldebro                                                                                                                                                |
| Vindu                                 | 32              | m²          | U-verdi: 1,6 W/m² K<br>(2-lags energi)  | U-verdi: 1,1 W/m² K<br>(3-lags: 4E-12arg-4-12arg-4E)                                         | 350                              | 91                             | Det kan være en utfordring å skaffe denne kvaliteten for enkelte vindustyper (eksempelvis sprossevindu med gjennomgående sprosser)                                                                                              |
| Infiltrasjon                          | 160             | m²          | 0.06 oms/h                              | 0.10 oms/h                                                                                   | 25                               | 33                             | Infiltrasjon på 0.1 oms/h (ved balansert ventilasjon) betinger et tettere bygg enn verdien på 0.06 oms/h når bygget kun har et avtrekksanlegg. Verdien er ambisiøs og anses å være et tilstrekkelig nivå i forskriftssammenheng |
| Styring/regulering                    | 160             | m²          | Ikke nattsenkning av innetemperatur     | Enkel nattsenkning til 19 grader                                                             | 25                               | 33                             | Det er her forutsatt et enkelt ordinært temperatursenkningssystem for varmeanlegget.                                                                                                                                            |
| Ventilasjon                           | type            | stk         | 0.50 luftskifte/h<br>(mekanisk avtrekk) | 0.50 luftskifte/h<br>Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 80 %.<br>SFP-faktor 2.5 kW/m³/s | 17000                            | 138                            | Virkningsgrad for varmegjenvinner betinger beste produkt i dagens marked. SFP-faktoren på 2.5 kW/m³/s uttrykker energi til transport av ventilasjonsluft i kanalnettet, og betinger et normalt til godt utført anlegg.          |
| SUM ØKTE INVESTERINGER                |                 | kroner/m2   |                                         |                                                                                              |                                  | 508                            | Kostnad for tiltakspakke, korrigert for usikkerhet/påslag. Inkl. mva.                                                                                                                                                           |
| Energipris                            | (75)            | øre/kWh     |                                         |                                                                                              |                                  |                                | Energipris(her 75 øre/kWh) er variert i økonomiberegningene. Kalkulasjonsrente er fast lik 4 %                                                                                                                                  |
| Kalkulasjonsrente                     | 4               | %           |                                         |                                                                                              |                                  |                                |                                                                                                                                                                                                                                 |
| Energibehov/besparelse                |                 | [kWh/m2 år] | 173                                     | Beregnet energibehov etter tiltak:                                                           | 124                              | 49                             | Reduseret energibehov grunnet tiltakspakke                                                                                                                                                                                      |
| ÅRLIG BESPARELSE                      |                 | kroner/m2   |                                         | Årlig besparelse samlede tiltak [kr]                                                         |                                  | (37)                           | Verdi gjelder for valgt energipris                                                                                                                                                                                              |
| INNTJENINGSTID                        |                 | år          | Inntjeningstid for samlede tiltak       |                                                                                              |                                  | (20,5)                         | Verdi gjelder for valgt energipris og rentenivå                                                                                                                                                                                 |

**Tabell 12 Sammenstilling av beregning**

Tabellen under viser sammenstilling av 3 ulike beregninger:

Utgangspunktet er en referansebolig bygget ihht. dagens forskriftskrav. For denne boligen er det utført tiltak ihht. T2 (fra tabell 6)

Videre er referansebolig hvor det er installert et ventilasjonsanlegg samt gjennomført et teknisk bytte mellom vinduer og yttervegg også presentert (fra tabell 11)

Endelig er det med utgangspunkt i referansebolig gjort beregninger hvor tiltakspakken er T2, men hvor isolasjonstykkelsen i yttervegg er øket til 30 cm (ref kapittel 1.1 og tabell 12)

|                                           | INVESTERING<br>NA<br>[kr/BRA] | ENERGI<br>BESPARELSE<br>[kWh/m <sup>2</sup> BRA år] | ENERGI-<br>PRIS<br>[øre/kWh] | TILTAKSPAKKENS<br>INNTJENINGSTID<br>[ÅR] | TILTAKPAKKENS NÅVERDI<br>OG ÅRSKOSTNAD<br>[kr/BRA]       |                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------|
|                                           |                               |                                                     |                              |                                          | Levetid, bygget = 50 år<br>Levetid, teknisk anlegg=15 år |                 |
|                                           |                               |                                                     |                              |                                          | NÅVERDI                                                  | ÅRS-<br>KOSTNAD |
| REF – T2                                  | 449                           | 48                                                  | 75                           | 17,6                                     | 147                                                      | - 7             |
| REF M/UTFØRT<br>TEKNISK BYTTE – T2        | 478                           | 51                                                  |                              | 17,7                                     | 167                                                      | - 8             |
| REF – T2 m/30 cm<br>isolasjon i yttervegg | 554                           | 49                                                  |                              | 20,5                                     | 105                                                      | - 5             |

**Tabell 13 Sammenstilling av 3 ulike case**

Med 75 øre/kWh som energipris ser vi at REF – T2 er den løsning som gir best økonomi.

Denne isolasjonstykkelsen er økonomisk gunstig i forhold til om en velger å øke isolasjonstykkelsen ytterligere 5 cm, til 30 cm.

Årsaken er stadig mindre effekt av isolasjonsøkning i kombinasjon med relativ høy investeringskostnad for den samme økningen.

### **3. Kategori: Næringsbygg - kontorbygg**

#### **3.1 Beregning**

Kategorien Næringsbygg inneholder følgende typer:

- Småhus
- Boligblokk
- Barnehager
- Kontorbygg
- Skolebygg
- Sykehus
- Sykehjem
- Hoteller
- Restaurantbygg
- Idrettsbygg
- Forretningsbygg
- Kulturbygg
- Bygning for lett industri, verksteder

Det er i denne rapporten tatt utgangspunkt i typen; kontorbygg.

Konklusjonene fra kontorbygget vil i all hovedsak ha gyldighet også for de øvrige typene.

Utgangspunktet for beregningene er en tenkt modellbygning, med en normal form, moderat vindusareal mm. Tekniske kvaliteter er ihht. dagens forskriftskrav, og utgangspunktet betegnes referansebygg.

På det samme modellbygget er det gjennomført en rekke tiltak, som sammen reduserer energibehovet. Denne samlingen av tiltak er benevnt tiltakspakke; **T2**

Investeringskostnadene for hvert enkelt tiltak i pakken er kalkulert.

| Referanse: KONTORBYGG  |                 |             |                                                                                                      |                                                                                                      |                                  |                                | Kommentar                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------|-----------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | Areal/<br>enhet |             | REFERANSE:<br>TEK 97                                                                                 | Tiltak T2                                                                                            | Kostnads<br>økning<br>[kr/enhet] | Kostnads<br>økning<br>[kr/BRA] |                                                                                                                                                                                                                               |
| Yttervegg              | 1 280           | m²          | U-verdi: 0,22 W/m² K<br>(200 mm)                                                                     | 0,16 W/m² K<br>(250 mm)                                                                              | 101                              | 28                             | Kostnadstall er basert på et gjennomsnitt av ulike oppbyggingsprinsipper av yttervegg                                                                                                                                         |
| Yttertak               | 1 200           | m²          | U-verdi: 0,15 W/m² K<br>(300 mm)                                                                     | 0,13 W/m² K<br>(350 mm)                                                                              | 65                               | 17                             | Kostnadstall er basert på et gjennomsnitt av ulike oppbyggingsprinsipper av yttertak                                                                                                                                          |
| Gulv på grunn          | 1 200           | m²          | U-verdi: 0,15 W/m² K<br>(200 mm)                                                                     | 0,13 W/m² K<br>(200 mm polystyren + 30 mm kantisolasjon)                                             | 20                               | 5                              | Det er ved dette tiltaket fokusert på randsoneisolering og reduksjon av kuldebro                                                                                                                                              |
| Vindu                  | 1 400           | m²          | U-verdi: 2,0 W/m² K<br>(2-lags energi)                                                               | U-verdi: 1,1 W/m² K<br>(3-lags: 4E-12arg-4-12arg-4E)                                                 | 350                              | 106                            | De fleste vindusprodusenter leverer i dag vinduer med U-verdi 1.6 eller 1.4 W/m² K uten særlig kostnadskonsekvens. Vinduer med U-verdi 1.1 leveres også av flere produsenter, men framstår pr. i dag som en spesialbestilling |
| Infiltrasjon           | 1 280           | m²          | 0.10 oms/h                                                                                           | 0.10 oms/h                                                                                           | 0                                | 0                              | Ingen skjerping av lekkasjetall i forhold til eksisterende forskrift                                                                                                                                                          |
| Ventilasjon            | 6 000           | m²          | 10/3 (d/n) m³/m² h<br>Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 60 %.<br>SFP-faktor 4/3 (d/n) kW/m³ /s | 10/3 (d/n) m³/m² h<br>Årsvirkningsgrad for varmegjenvinner på 80 %.<br>SFP-faktor 2/1 (d/n) kW/m³ /s | 210                              | 273                            | SFP-faktoren uttrykker den energien som trengs for å sirkulere lufta i ventilasjonsanlegget. Verdien på hhv. 2/1 kW/m³/s er et ambisiøst krav, og betinger et kraftig fokus på denne delen av installasjonen.                 |
| Pumpeenergi            | type            | stk         | Konstant drift                                                                                       | Frekvensomformer                                                                                     | 18 750                           | 4                              | Pumper i varme/kjøleanlegg                                                                                                                                                                                                    |
| SUM ØKTE INVESTERINGER |                 | kroner/m2   |                                                                                                      |                                                                                                      |                                  | 433                            | Kostnad for tiltakspakke, korrigert opp for usikkerhet/påslag                                                                                                                                                                 |
| Energipris             | (75)            | øre/kWh     |                                                                                                      |                                                                                                      |                                  |                                | Energipris er variert i økonomiberegningene. Kalkulasjonsrente er fast (lav)                                                                                                                                                  |
| Kalkulasjonsrente      | 4               | %           |                                                                                                      |                                                                                                      |                                  |                                |                                                                                                                                                                                                                               |
| Energibehov/besparelse |                 | [kWh/m2 år] | 202                                                                                                  | Beregnet energibehov                                                                                 | 140                              | 62                             | Reduseret energibehov grunnet tiltakspakke                                                                                                                                                                                    |
| ÅRLIG BESPARELSE       |                 | kroner/m2   |                                                                                                      | Årlig besparelse samlede tiltak                                                                      |                                  | (47)                           | Verdi gjelder for valgt energipris                                                                                                                                                                                            |
| INNTJENINGSTID         |                 | år          | Inntjeningstid for samlede tiltak                                                                    |                                                                                                      |                                  | (11,9)                         | Verdi gjelder for valgt energipris og rentenivå                                                                                                                                                                               |

**Tabell 14 Sammenstilling av beregning**

| INVESTERING<br>NÅ<br>[kr/BRA] | ENERGIPRIS<br>[øre/kWh] | TILTAKSPAKKENS<br>INNTJENINGSTID<br>[ÅR] | TILTAKPAKKENS NÅVERDI OG ÅRSKOSTNAD<br>[kr/BRA]             |            |                                                             |            |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------|------------|
|                               |                         |                                          | Levetid, bygget = 30 år<br>(Levetid teknisk anlegg = 15 år) |            | Levetid, bygget = 50 år<br>(Levetid teknisk anlegg = 15 år) |            |
|                               |                         |                                          | NÅVERDI                                                     | ÅRSKOSTNAD | NÅVERDI                                                     | ÅRSKOSTNAD |
| 433                           | 40                      | 30,6                                     | -155                                                        | + 9        | -183                                                        | + 9        |
| 433                           | 65                      | 14,3                                     | 104                                                         | -6         | 139                                                         | -7         |
| 433                           | 75                      | 11,9                                     | 226                                                         | -13        | 290                                                         | -14        |
| 433                           | 100                     | 8,4                                      | 485                                                         | -28        | 612                                                         | -29        |
| 433                           | 150                     | 5,3                                      | 1021                                                        | -59        | 1278                                                        | -60        |

**Tabell 15** Inntjeningsstid, nåverdi og årskostnader for T2 med ulike energipriser. Levetid for bygget er også variert

I nåverdibetraktningen er levetid for passive tiltak satt til levetid for bygget, hhv 30 og 50 år. For tekniske tiltak er levetiden satt lik 15 år. Dette siste betyr at der bygningens levetid settes lik 30 år, skiftes det tekniske anlegget ut en gang (etter 15 år). Hvor levetiden er 50 år, skiftes anlegget ut 3 ganger (hhv. etter 15, 30 og 45 år)

Med en energipris på 40 øre/kWh, blir nåverdien negativ.

For alle andre energiprisscenarier blir nåverdien positiv, og betyr at tiltakspakken kan regnes som lønnsom.

Flere beregninger/bygningskategorier er presentert i vedlegg 1 og 3

### 3.2 Minstekravet til varmeisolasjon

I rapporten "Nye forskriftskrav til bygningers energibehov". STF22 A03524, anbefales det en revisjon av dagens minstekrav i forhold til U-verdier

Dersom T2 legges til grunn for nye energirammer er det logisk at minimumskrav også skjerpes:

| Bygningsdel             | Minimumskrav ihht. "Nye forskriftskrav til bygningers energibehov" |                     | Forslag til minimumskrav ved forskrifter basert på tiltakpakke T2 |                 |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------|
|                         | U-verdi<br>[W/m <sup>2</sup> K]                                    | Tilsvarende         | Minimumskrav U-verdi<br>[W/m <sup>2</sup> K]                      | Tilsvarende     |
| Yttervegg               | 0,28                                                               | 15 cm isolasjon     | <b>0,22</b>                                                       | 20 cm isolasjon |
| Tak, gulv               | 0,20                                                               | 20 -25 cm isolasjon | <b>0,15</b>                                                       | 30 cm isolasjon |
| Vinduer                 | 1,4                                                                | 2-lags glass        | <b>1,4</b>                                                        | 2-lags glass    |
| Glassvegger og glasstak | 1,6                                                                | 2-lags glass        | <b>1,6</b>                                                        | 2-lags glass    |

**Tabell 16** Forslag til nye minstekrav for bygningsdelers U-verdi. Forutsetter lite kuldebroer

Forslag til minimumsverdier er ihht. dagens forskriftskrav.

## 4. Rangering av deltiltak

Som nevnt i kapittel over har vi rapporten og alt forarbeid forholdt oss til tiltakspakker, og ikke vurdert deltiltak spesifikt.

Egen økonomiberegning av ulike tiltak, og deretter rangering av disse er vanlig prosedyre ved tradisjonelt ENØK arbeid.

Ved å summere tiltak for tiltak og se på samlet energireduksjon, vil en bare unntaksvis få samme verdi som når en beregner tiltakene samlet. Årsaken til dette er at tiltakene oftest er gjensidig avhengige.

Rapporten forholder seg primært til en tiltakspakke, benevnt T2, men det er likevel nyttig å se på lønnsomheten for de ulike tiltakene, for derigjennom å danne seg et bilde av prioritet.

En slik vurdering er gjort for bygningskategoriene:

- SMÅHUS m/avtrekk i referanse
- KONTOR

|                                                        |                                              |                                                                                                                                                     |                                |                                         | Energipris                            |                             |                                       |                             |                                       |                             |                                       |                             |                                       |                             |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
|                                                        |                                              |                                                                                                                                                     |                                |                                         | 40 øre/kWh                            |                             | 65 øre/kWh                            |                             | 75 øre/kWh                            |                             | 100 øre/kWh                           |                             | 150 øre/kWh                           |                             |
|                                                        | REFERANSE:<br>TEK 97                         | TILTAK T2                                                                                                                                           | Kostnads<br>økning<br>[kr/BRA] | Energi-<br>besparelse<br>[kWh/m2<br>år] | Besparelse<br>av tiltak<br>[kr/m2 år] | Inntjenings-<br>tid<br>[år] | Besparelse<br>av tiltak<br>[kr/m2 år] | Inntjenings-<br>tid<br>[år] | Besparelse<br>av tiltak<br>[kr/m2 år] | Inntjenings-<br>tid<br>[år] | Besparelse<br>av tiltak<br>[kr/m2 år] | Inntjenings-<br>tid<br>[år] | Besparelse<br>av tiltak<br>[kr/m2 år] | Inntjenings-<br>tid<br>[år] |
| Yttervegg                                              | U-verdi: 0,22<br>W/m² K<br>(200 mm)          | 0,16 W/m² K<br>(250 mm)                                                                                                                             | 117                            | 7                                       | 3                                     | >100 år                     | 5                                     | >100 år                     | 5                                     | 56,6                        | 7                                     | 28,2                        | 11                                    | 15,0                        |
| Yttertak                                               | U-verdi: 0,15<br>W/m² K<br>(300 mm)          | 0,13 W/m² K<br>(350 mm)                                                                                                                             | 25                             | 2                                       | 1                                     | >100 år                     | 1                                     | 38,6                        | 2                                     | 28,7                        | 2                                     | 18,0                        | 3                                     | 10,5                        |
| Gulv på grunn                                          | U-verdi: 0,15<br>W/m² K<br>(200 mm)          | U-verdi: 0,13<br>W/m²<br>(200 mm<br>polystyren + 30<br>mm<br>kantisolasjon)                                                                         | 13                             | 2                                       | 1                                     | 26,8                        | 1                                     | 13,0                        | 2                                     | 10,9                        | 2                                     | 7,7                         | 3                                     | 4,9                         |
| Vindu                                                  | U-verdi: 1,6<br>W/m² K<br>(2-lags energi)    | U-verdi: 1,1 W/m²<br>K<br>(3-lags: 4E-<br>12arg-4-12arg-<br>4E)                                                                                     | 91                             | 7                                       | 3                                     | >100 år                     | 5                                     | 41,0                        | 5                                     | 30,1                        | 7                                     | 18,7                        | 11                                    | 10,9                        |
| Infiltrasjon                                           | 0.06 oms/h                                   | 0.10 oms/h                                                                                                                                          | 33                             | 4                                       | 2                                     | 42,7                        | 3                                     | 17,7                        | 3                                     | 14,5                        | 4                                     | 10,0                        | 6                                     | 6,2                         |
| Styring/regulering                                     | Ikke<br>nattsenkning<br>av<br>innetemperatur | Enkel<br>nattsenkning til<br>19 grader                                                                                                              | 33                             | 4                                       | 2                                     | 42,7                        | 3                                     | 17,7                        | 3                                     | 14,5                        | 4                                     | 10,0                        | 6                                     | 6,2                         |
| Ventilasjon                                            | 0.50 luftskifte/h<br>(mekanisk<br>avtrekk)   | 0.50 luftskifte/h<br>Årsvirkningsgrad<br>for<br>varmegjenvinner<br>på 80 %.<br>SFP-faktor 2.5<br>kW/m³ /s<br>Inkl. lekkasjetall<br>1.5 (0.10 oms/h) | 138                            | 29                                      | 12                                    | 16,5                        | 19                                    | 8,8                         | 22                                    | 9,6                         | 29                                    | 6,8                         | 44                                    | 4,4                         |
| Alle tiltak vurdert som en samlet pakke (fra tabell 6) |                                              |                                                                                                                                                     | 449                            | 48                                      | 19,2                                  | 70,2                        | 31                                    | 21,9                        | 37                                    | 17.6                        | 49                                    | 12,0                        | 74                                    | 7,3                         |

### Tabell 17

Kommentar: Som vi ser av tabellen over representerer bedre isolasjon mot grunnen, lavere infiltrasjon, bedre ventilasjonsanlegg, og temperaturreguleringsanlegg tiltak med kortest inntjeningsstid. Passive tiltak som bedre vinduer, og bedre isolasjon i vegg og tak har klart lengst inntjeningsstid.

## 4.2 Næringsbygg: Kontor

|                                                         |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                    |                                |                                                     | Energipris                                        |                                                   |                                                   |                             |                                                   |                             |                                                   |                             |                                                   |                             |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                         |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                    |                                |                                                     | 40 øre/kWh                                        |                                                   | 65 øre/kWh                                        |                             | 75 øre/kWh                                        |                             | 100 øre/kWh                                       |                             | 150 øre/kWh                                       |                             |
|                                                         | REFERANSE:<br>TEK 97                                                                                                                               | TILTAK T2                                                                                                                                          | Kostnads<br>økning<br>[kr/BRA] | Energi-<br>besparelse<br>[kWh/m <sup>2</sup><br>år] | Besparelse<br>av tiltak<br>[kr/m <sup>2</sup> år] | Besparelse<br>av tiltak<br>[kr/m <sup>2</sup> år] | Besparelse<br>av tiltak<br>[kr/m <sup>2</sup> år] | Inntjenings-<br>tid<br>[år] | Besparelse<br>av tiltak<br>[kr/m <sup>2</sup> år] | Inntjenings-<br>tid<br>[år] | Besparelse<br>av tiltak<br>[kr/m <sup>2</sup> år] | Inntjenings-<br>tid<br>[år] | Besparelse<br>av tiltak<br>[kr/m <sup>2</sup> år] | Inntjenings-<br>tid<br>[år] |
| Yttervegg                                               | U-verdi: 0,22 W/m <sup>2</sup> K<br>(200 mm)                                                                                                       | 0,16 W/m <sup>2</sup> K<br>(250 mm)                                                                                                                | 28                             | 2                                                   | 1                                                 | > 100 år                                          | 1                                                 | 50,5                        | 2                                                 | 35,0                        | 2                                                 | 20,9                        | 3                                                 | 11,9                        |
| Yttertak                                                | U-verdi: 0,15 W/m <sup>2</sup> K<br>(300 mm)                                                                                                       | 0,13 W/m <sup>2</sup> K<br>(350 mm)                                                                                                                | 17                             | 1                                                   | 0                                                 | > 100 år                                          | 1                                                 | >100 år                     | 1                                                 | 59,1                        | 1                                                 | 28,7                        | 2                                                 | 15,3                        |
| Gulv på grunn                                           | U-verdi: 0,15 W/m <sup>2</sup> K<br>(200 mm)                                                                                                       | 0,13 W/m <sup>2</sup> K<br>(200 mm)<br>polystyren + 30<br>mm kantisolasjon)                                                                        | 5                              | 1                                                   | 0                                                 | 18,7                                              | 1                                                 | 9,8                         | 1                                                 | 8,3                         | 1                                                 | 5,9                         | 2                                                 | 3,8                         |
| Vindu                                                   | U-verdi: 2,0 W/m <sup>2</sup> K<br>(2-lags energi)                                                                                                 | U-verdi: 1,1 W/m <sup>2</sup><br>K<br>(3-lags: 4E-12arg-<br>4-12arg-4E)                                                                            | 106                            | 14                                                  | 6                                                 | 36,2                                              | 9                                                 | 16,0                        | 11                                                | 13,2                        | 14                                                | 9,2                         | 21                                                | 5,8                         |
| Infiltrasjon                                            | 0.10 oms/h                                                                                                                                         | 0.10 oms/h                                                                                                                                         | 0                              | 0                                                   | -                                                 | -                                                 | -                                                 | -                           | -                                                 | -                           | -                                                 | -                           | -                                                 | -                           |
| Ventilasjon                                             | 10/3 (d/n) m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h<br>Årsvirkningsgrad for<br>varmegjenvinner på<br>60 %.<br>SFP-faktor 4/3 (d/n)<br>kW/m <sup>3</sup> /s | 10/3 (d/n) m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h<br>Årsvirkningsgrad for<br>varmegjenvinner<br>på 80 %.<br>SFP-faktor 2/1<br>(d/n) kW/m <sup>3</sup> /s | 273                            | 48                                                  | 19                                                | 21,4                                              | 31                                                | 11,0                        | 36                                                | 9,2                         | 48                                                | 6,6                         | 72                                                | 4,2                         |
| Pumpeenergi                                             | Konstant drift                                                                                                                                     | Frekvensomformer                                                                                                                                   | 4                              | 2                                                   | 1                                                 | 5,8                                               | 1                                                 | 3,4                         | 2                                                 | 2,9                         | 2                                                 | 2,2                         | 3                                                 | 1,4                         |
| Alle tiltak vurdert som en samlet pakke (fra tabell 11) |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                    | 433                            | 62                                                  | 25                                                | 31                                                | 40                                                | 14,3                        | 47                                                | 12                          | 62                                                | 8,4                         | 93                                                | 5,3                         |

**Tabell 18**

Kommentar: I hovedsak den samme rangeringen for tiltak innenfor næringsbygg som for småhus.

## 5. Likt krav til isolasjon for alle bygningskategorier

En vesentlig forenkling i forskriftssammenheng kan oppnås dersom en kan opptre med samme krav uavhengig av bygningskategori. Et slikt felles krav kan være U-verdi for bygningselementer.

I tabell 10 og 16 er forslag til minimumsverdier for U-verdier listet opp. Disse verdiene er forutsatt like for både boligbygg og næringsbygg, og som tabellene under viser er det benyttet bedre U-verdier for bygningselementene i T2, enn det forslag til minimumskravet forutsetter.

| SMÅHUS        |                                              |                                                                         |                                                                                   | TILTAK T2                                   |                                                  |                                                   |                             |
|---------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|
|               | REFERANSE:<br>TEK 97                         | FORSLAG:<br>Minimumskrav U-verdi<br>(tabell 10)<br>[W/m <sup>2</sup> K] | TILTAK T2                                                                         | Kostnads<br>økning<br>deltiltak<br>[kr/BRA] | Energi-<br>besparelse<br>[kWh/m <sup>2</sup> år] | 75 øre/kWh                                        |                             |
|               |                                              |                                                                         |                                                                                   |                                             |                                                  | Besparelse<br>av tiltak<br>[kr/m <sup>2</sup> år] | Inntjenings-<br>tid<br>[år] |
| Yttervegg     | U-verdi: 0,22 W/m <sup>2</sup> K<br>(200 mm) | 0,22                                                                    | 0,16 W/m <sup>2</sup> K<br>(250 mm)                                               | 117                                         | 7                                                | 5                                                 | 56,6                        |
| Yttertak      | U-verdi: 0,15 W/m <sup>2</sup> K<br>(300 mm) | 0,15                                                                    | 0,13 W/m <sup>2</sup> K<br>(350 mm)                                               | 25                                          | 2                                                | 2                                                 | 28,7                        |
| Gulv på grunn | U-verdi: 0,15 W/m <sup>2</sup> K<br>(200 mm) | 0,15                                                                    | U-verdi: 0,13 W/m <sup>2</sup><br>(200 mm polystyren<br>+ 30 mm<br>kantisolasjon) | 13                                          | 2                                                | 2                                                 | 10,9                        |

**Tabell 19 Sammenstilling av U-verdier for ulike bygningsdeler, samt lønnsomhetsbetraktning for hvert deltilak**

| KONTORBYGG    |                                              |                                                                         |                                                                            | TILTAK T2                                   |                                                  |                                                   |                             |
|---------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|
|               | REFERANSE:<br>TEK 97                         | FORSLAG:<br>Minimumskrav U-verdi<br>(tabell 16)<br>[W/m <sup>2</sup> K] | TILTAK T2                                                                  | Kostnads<br>økning<br>deltiltak<br>[kr/BRA] | Energi-<br>besparelse<br>[kWh/m <sup>2</sup> år] | 75 øre/kWh                                        |                             |
|               |                                              |                                                                         |                                                                            |                                             |                                                  | Besparelse<br>av tiltak<br>[kr/m <sup>2</sup> år] | Inntjenings-<br>tid<br>[år] |
| Yttervegg     | U-verdi: 0,22 W/m <sup>2</sup> K<br>(200 mm) | 0,22                                                                    | 0,16 W/m <sup>2</sup> K<br>(250 mm)                                        | 28                                          | 2                                                | 2                                                 | 35,0                        |
| Yttertak      | U-verdi: 0,15 W/m <sup>2</sup> K<br>(300 mm) | 0,15                                                                    | 0,13 W/m <sup>2</sup> K<br>(350 mm)                                        | 17                                          | 1                                                | 1                                                 | 59,1                        |
| Gulv på grunn | U-verdi: 0,15 W/m <sup>2</sup> K<br>(200 mm) | 0,15                                                                    | 0,13 W/m <sup>2</sup> K<br>(200 mm polystyren<br>+ 30 mm<br>kantisolasjon) | 5                                           | 1                                                | 1                                                 | 8,3                         |

**Tabell 20 Sammenstilling av U-verdier for ulike bygningsdeler, samt lønnsomhetsbetraktning for hvert deltilak**

Investeringskostnadene, energibesparelsen og inntjeningstiden er til dels svært forskjellige for samme tiltak utført for de to bygningskategoriene Småhus og Kontorbygg.

Dette tilsier at en bør differensiere kravene til U-verdier.

For småhus er det logisk å renonsere på U-verdi for yttervegg (lav nytte/kost), og heller øke denne på gulv på grunn eventuelt yttertak.(høy nytte/kost)

For kontorbygg (næringsbygg) er det antakelig bedre økonomi i å bedre U-verdier for yttervegg/gulv på bekostning av yttertak.

Som et argument mot å differensiere hører det allerede nevnte at det er omstendelig å forholde seg til ulike verdier for ulike kategorier.

I tillegg ser vi av de faktiske verdiene at det kreves en veldig liten økning i energi(kostnad)besparelse før inntjeningstiden blir dramatisk forandret. Dette er en besparelse som kan oppnås i praksis bla. gjennom reduksjon av kuldebroer gjennom økning av generell isolasjonstykkelse.

Ut i fra en argumentasjon om forenkling i forskriftssammenheng vil vi derfor anbefale at en legger opp til de samme kravene til isolasjonsevne for de ulike bygningskategoriene.

## 6. Energimessig konsekvens av skjerpede krav

I tabellen under er beregnet spesifikt energibehov og reduksjon via T2 listet opp for samtlige bygningskategorier

| BYGNINGSKATEGORI              | Beregnet energibehov<br>[kWh/m <sup>2</sup> år] |                 | Reduksjon via tiltakspakke T2 |     |
|-------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----|
|                               | REFERANSE:<br>TEK 97                            | Tiltakspakke T2 | [kWh/m <sup>2</sup> år]       | [%] |
| SMÅHUS m/ avtrekk i referanse | 173                                             | 125             | 48                            | 28  |
| BOLIGBLOKKER                  | 149                                             | 108             | 41                            | 28  |
| KONTORBYGG                    | 202                                             | 140             | 62                            | 31  |
| BARNEHAGE                     | 216                                             | 127             | 89                            | 41  |
| SKOLE                         | 188                                             | 104             | 84                            | 45  |
| SYKEHUS                       | 391                                             | 283             | 108                           | 28  |
| SYKEHJEM                      | 317                                             | 217             | 100                           | 32  |
| HOTELL                        | 276                                             | 199             | 77                            | 28  |
| RESTAURANTBYGG                | 315                                             | 206             | 109                           | 35  |
| IDRETTSBYGG                   | 256                                             | 158             | 98                            | 38  |
| FORRETNINGSBYGG               | 345                                             | 231             | 114                           | 33  |
| KULTURBYGG                    | 231                                             | 143             | 88                            | 38  |
| LETT INDUSTRI                 | 220                                             | 152             | 68                            | 31  |

**Tabell 21 Sammenstilling av redusert spesifikt energibehov for ulike bygningskategorier**

Ved estimering av samlet energisparepotensial for tiltakspakke T2, er det valgt en fordelingsnøkkel med hensyn til antatt nytt areal for ulike bygningskategorier i årene fremover. Fordelingsnøkkelen er basert på byggearealstatistikk fra SSB for perioden 1995 t.o.m. 2005, med en (antatt konstant) arealtilvekst for boliger på ca 3.000.000 m<sup>2</sup>, og for næringsbygg 2.200.000 m<sup>2</sup>. Store usikkerheter er knyttet til fremtidig nybygging, i tillegg er statistikkunderlaget også grovt inndelt med hensyn til bygningskategorier. Dette gjør at fordelingsnøkkelen må betraktes som svært veiledende.

| BYGNINGSKATEGORI                |                       | Andel areal | REFERANSE:<br>TEK 97 | Tiltakspakke<br>T2  | Besparelse via<br>tiltakspakke T2 |           |
|---------------------------------|-----------------------|-------------|----------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------|
|                                 |                       | (%)         | Energibruk<br>[GWh]  | Energibruk<br>[GWh] | Spart energi<br>per år<br>[GWh]   | [%]       |
| BOLIGSEKTOR                     | Småhus                | 80          | 415,2                | 300,0               | 115,2                             |           |
|                                 | Boligblokker          | 20          | 89,4                 | 64,8                | 24,6                              |           |
|                                 | <b>SUM ÅRLIG</b>      | <b>100</b>  | <b>504,6</b>         | <b>364,8</b>        | <b>139,8</b>                      | <b>28</b> |
| NÆRINGSBYGGSEKTOR               | Kontorbygg            | 20          | 88,9                 | 61,6                | 27,3                              |           |
|                                 | Barnehager            | 5           | 23,8                 | 14,0                | 9,8                               |           |
|                                 | Skolebygg             | 10          | 41,4                 | 22,9                | 18,5                              |           |
|                                 | Sykehus               | 5           | 43,0                 | 31,1                | 11,9                              |           |
|                                 | Sykehjem              | 5           | 34,9                 | 23,9                | 11,0                              |           |
|                                 | Hoteller              | 5           | 30,4                 | 21,9                | 8,5                               |           |
|                                 | Restaurantbygg        | 0           | 0,0                  | 0,0                 | 0,0                               |           |
|                                 | Idrettsbygg           | 0           | 0,0                  | 0,0                 | 0,0                               |           |
|                                 | Forretningsbygg       | 30          | 227,7                | 152,5               | 75,2                              |           |
|                                 | Kulturbygg            | 10          | 50,8                 | 31,5                | 19,4                              |           |
|                                 | Lett industri, verks. | 10          | 48,4                 | 33,4                | 15,0                              |           |
|                                 | <b>SUM ÅRLIG</b>      | <b>100</b>  | <b>589,2</b>         | <b>392,7</b>        | <b>196,5</b>                      | <b>33</b> |
| <b>SUM ÅRLIG BEGGE SEKTORER</b> |                       |             | <b>1093,8</b>        | <b>757,5</b>        | <b>336,3</b>                      | <b>31</b> |

**Tabell 22 Sammenstilling av årlig redusert energibehov for ulike bygningskategorier**

Dersom en ser 10 år fram i tid, vil samlet arealtilvekst forutsatt konstant nybyggareal være på hhv. 30.000.000 m<sup>2</sup> boligareal og 22.000.000 m<sup>2</sup> næringsareal.

Med verdiene i tabell 22 som utgangspunkt tilsvarer dette ca 3,4 TWh i redusert energibehov når T2 legges til grunn.

Dersom dagens boligproduksjon (2005: 3.849.000 m<sup>2</sup>) legges til grunn som konstant nybyggaktivitet i årene som kommer, vil en etter de samme 10 årene ha en reduksjon på ca 3,8 TWh/år

Det forventes i tillegg at energibruken til kjøling vil reduseres fordi det nå må tas hensyn til denne energiposten ved dokumentasjon av bygningers energieffektivitet.

Videre vil nye forskriftskrav også få betydning for eksisterende bygningsmasse, som omfattes av forskriften. Det er imidlertid ikke foretatt noe estimat over mulig energisparepotensial i denne bygningsmassen eller ved antatt redusert kjølebehov.

I sum betyr dette at det beregningsmessige anslaget mellom 3,4 – 3,8 TWh må sies å være konservativt.

## 7. Kostnader ved investering i tiltak

Investeringskostnader for tiltak er selvfølgelig en vesentlig faktor når lønnsomhet i tiltakene skal beregnes. I vedlegg 4 er nøkkeltall for ulike tiltak innenfor de ulike tiltakspakkene listet opp. Disse tallene er basert på HolteProsjekt sin kostnadsdatabase, kombinert med tallunderlag hentet fra en del relevante rapporter<sup>8</sup> og utredninger i tilknytning til temaet.

Generelt er kostnadstall i slike regnestykker preget av en del usikkerhet.

Dels har dette sin årsak i at enkelte av tiltakene bærer preg av "ny teknologi" (vinduer med lavere U-verdi enn standard, ventilasjonsaggregat med bedre virkningsgrad på varmegjenvinner enn standard) hvor det ikke er etablert tilstrekkelig konkurranse mellom leverandører.

Dels ligger årsaken i at tiltakene innebærer endrede måter å gjennomføre byggingen på. (mindre luftlekkasje gjennom bygningskropp kan kreve 2 trinns vindtetting, bedret U-verdi i yttervegg krever en endret oppbygging av denne). I slike tilfeller vil usikkerhet på entreprenørleddet lett føre til en øket prising ved forespørsel.

Gjennomførte lavenergiprojekter er pr. i dag noe preget av forsøksbygging, med stort sprik i kostnadstallene.

### Småhus

Fra en stor nasjonal boligprodusent som har lavenergikonseptet i sin portefølje har vi imidlertid fått oppgitt en kostnadsøkningen for en typisk enebolig i området 15 – 40.000 pr. enhet, hvilket medfører en kostnadsøkning på mellom 100 – 250 kr/m<sup>2</sup>. Produsenten holder imidlertid i disse dager på med en verifisering av sine tall.

Mesterhus-kjeden som største ferdighusleverandør i Norge, opererer med tilleggskostnader for sine standard boliger i størrelsesorden 50 – 90 .000,- pr. enhet (inkl. mva). Utgangspunktet her er eneboliger iht. dagens byggeforskrifter, kontra en kvalitet tilsvarende lavenergistandard.

Med et bruksareal på 160 m<sup>2</sup>/enhet, vil disse tallene representerer en tilleggskostnad på kr 312 – 565/m<sup>2</sup>

I et gjennomført lavenergi boligblokkprosjekt SINTEF Byggforsk har fulgt opp, ligger samlet kostnadsøkningen for bygningsmessige tiltak i størrelsesorden 2-3 %, hvilket betyr mellom 350 – 525 kr/m<sup>2</sup>, dersom kr 17.000 /m<sup>2</sup> legges til grunn.

Til sammenligning opererer vi i denne rapporten med en investeringskostnad (småhus) på kr 449 m<sup>2</sup>. (tabell 5).

### Næringsbygg

For næringsbygg er det ikke hentet inn tallunderlag til verifisering.

I rapporten opererer vi med en investeringskostnad (kontorbygg) på kr 433 m<sup>2</sup>. (tabell 14).

---

<sup>8</sup> "Nye forskriftskrav til bygningers energibehov". Thyholt, Dokka. SINTEF, Arkitektur og byggteknikk. STF22 A03524. 2003.  
"Energioptimal utførelse av nye bygninger. Kortversjon". Wigenstad. SINTEF, Arkitektur og byggteknikk. STF 50 A05042. 2005  
"Nye Energikrav - Lønnsomhetsvurdering av energisparetiltak - Notat 002" Eriksen & Horgen AS. April, 2005.  
"Revidering av U-verdikrav for vinduer og glassfelt". Thyholt, SINTEF, Arkitektur og byggteknikk. STF22 A020515  
"Nye krav til bygninger energibehov" Civitas, Gurigard Emendo 2004

## VEDLEGG 1

Beregning av inntjeningsstid for samtlige bygningskategorier :

| BYGNINGSKATEGORI                                                              |                             |             | Energipris<br>[øre/kWh] | REFERANSE:<br>TEK 97 | Tiltakspakke<br>T2 |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|----------------------|--------------------|
| SMÅHUS m/ avtrekk i referanse                                                 | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                         | 173                  | 125                |
|                                                                               | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                         |                      | 48                 |
|                                                                               | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                         |                      | 449                |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                      |                      | 19                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 70                 |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                      |                      | 31                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 22                 |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                      |                      | 36                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 18                 |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                     |                      | 48                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 12                 |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                     |                      | 72                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 7                  |
| SMÅHUS m/ avtrekk i referanse<br>(Teknisk bytte mellom vindu og<br>yttervegg) | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                         | 176                  | 125                |
|                                                                               | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                         |                      | 51                 |
|                                                                               | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                         |                      | 478                |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                      |                      | 20                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 71                 |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                      |                      | 33                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 22                 |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                      |                      | 38                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 18                 |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                     |                      | 51                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 12                 |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                     |                      | 77                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 7                  |
| SMÅHUS m/ balansert ventilasjon<br>i referanse                                | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                         | 167                  | 125                |
|                                                                               | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                         |                      | 45                 |
|                                                                               | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                         |                      | 319                |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                      |                      | 18                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 32                 |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                      |                      | 29                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 15                 |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                      |                      | 34                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 12                 |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                     |                      | 45                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 9                  |
|                                                                               | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                     |                      | 68                 |
|                                                                               | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 5                  |

| BYGNINGSKATEGORI                                                                               |                             |             | Energipris<br>[øre/kWh] | REFERANSE: TEK 97 | Tiltakspakke<br>T2 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|-------------------|--------------------|
| SMÅHUS m/ balansert ventilasjon<br>i referanse<br>(Teknisk bytte mellom vindu og<br>yttervegg) | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                         | 170               | 125                |
|                                                                                                | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                         |                   | 45                 |
|                                                                                                | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                         |                   | 348                |
|                                                                                                | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                      |                   | 18                 |
|                                                                                                | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                   | 32                 |
|                                                                                                | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                      |                   | 29                 |
|                                                                                                | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                   | 16                 |
|                                                                                                | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                      |                   | 34                 |
|                                                                                                | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                   | 15                 |
|                                                                                                | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                     |                   | 45                 |
|                                                                                                | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                   | 9                  |
|                                                                                                | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                     |                   | 68                 |
|                                                                                                | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                   | 6                  |
| BOLIGBLOKKER                                                                                   | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                         | 149               | 108                |
|                                                                                                | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                         |                   | 41                 |
|                                                                                                | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                         |                   | 248                |
|                                                                                                | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                      |                   | 16                 |
|                                                                                                | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                   | 24                 |
|                                                                                                | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                      |                   | 27                 |
|                                                                                                | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                   | 12                 |
|                                                                                                | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                      |                   | 31                 |
|                                                                                                | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                   | 10                 |
|                                                                                                | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                     |                   | 41                 |
|                                                                                                | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                   | 7                  |
|                                                                                                | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                     |                   | 62                 |
|                                                                                                | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                   | 4                  |

| BYGNINGSKATEGORI |                             |             | Energipris<br>[øre/kWh] | REFERANSE:<br>TEK 97 | Tiltakspakke<br>T2 |
|------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|----------------------|--------------------|
| KONTORBYGG       | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                         | 202                  | 140                |
|                  | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                         |                      | 62                 |
|                  | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                         |                      | 433                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                      |                      | 25                 |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 31                 |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                      |                      | 40                 |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 14                 |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                      |                      | 47                 |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 12                 |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                     |                      | 62                 |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 8                  |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                     |                      | 93                 |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 5                  |
| BARNEHAGE        | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                         | 216                  | 127                |
|                  | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                         |                      | 89                 |
|                  | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                         |                      | 640                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                      |                      | 36                 |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 32                 |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                      |                      | 58                 |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 15                 |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                      |                      | 67                 |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 12                 |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                     |                      | 89                 |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 9                  |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                     |                      | 134                |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 5                  |
| SKOLE            | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                         | 188                  | 104                |
|                  | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                         |                      | 84                 |
|                  | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                         |                      | 420                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                      |                      | 34                 |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 18                 |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                      |                      | 55                 |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 9                  |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                      |                      | 63                 |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 8                  |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                     |                      | 84                 |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 6                  |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                     |                      | 126                |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                         |                      | 4                  |

| BYGNINGSKATEGORI |                             |             | Energipris [øre/kWh] | REFERANSE: TEK 97 | Tiltakspakke: T2 |
|------------------|-----------------------------|-------------|----------------------|-------------------|------------------|
| SYKEHUS          | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                      | 391               | 283              |
|                  | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                      |                   | 108              |
|                  | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                      |                   | 431              |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                   |                   | 43               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 13               |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                   |                   | 70               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 6                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                   |                   | 81               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 7                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                  |                   | 108              |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 4                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                  |                   | 162              |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 3                |
| SYKEHJEM         | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                      | 317               | 217              |
|                  | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                      |                   | 100              |
|                  | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                      |                   | 420              |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                   |                   | 40               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 14               |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                   |                   | 65               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 8                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                   |                   | 75               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 6                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                  |                   | 100              |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 5                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                  |                   | 150              |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 3                |
| HOTELL           | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                      | 276               | 199              |
|                  | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                      |                   | 77               |
|                  | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                      |                   | 418              |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                   |                   | 31               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 20               |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                   |                   | 50               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 10               |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                   |                   | 58               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 9                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                  |                   | 77               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 6                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                  |                   | 116              |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 4                |
| RESTAURANTBYGG   | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                      | 315               | 206              |
|                  | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                      |                   | 109              |
|                  | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                      |                   | 420              |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                   |                   | 44               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 12               |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                   |                   | 71               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 7                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                   |                   | 82               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 6                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                  |                   | 109              |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 4                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                  |                   | 164              |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 3                |

| BYGNINGSKATEGORI |                             |             | Energipris [øre/kWh] | REFERANSE: TEK 97 | Tiltakspakke: T2 |
|------------------|-----------------------------|-------------|----------------------|-------------------|------------------|
| IDRETTSBYGG      | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                      | 256               | 158              |
|                  | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                      |                   | 98               |
|                  | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                      |                   | 545              |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                   |                   | 39               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 21               |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                   |                   | 64               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 11               |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                   |                   | 74               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 9                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                  |                   | 98               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 6                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                  |                   | 147              |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 4                |
| FORRETNINGSBYGG  | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                      | 345               | 231              |
|                  | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                      |                   | 114              |
|                  | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                      |                   | 420              |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                   |                   | 46               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 12               |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                   |                   | 74               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 7                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                   |                   | 86               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 6                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                  |                   | 114              |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 4                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                  |                   | 171              |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 3                |
| KULTURBYGG       | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                      | 231               | 143              |
|                  | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                      |                   | 88               |
|                  | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                      |                   | 420              |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                   |                   | 35               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 17               |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                   |                   | 57               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 9                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                   |                   | 66               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 7                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                  |                   | 88               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 5                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                  |                   | 132              |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 3                |
| LETT INDUSTRI    | Beregnet behov              | [kWh/m2 år] |                      | 220               | 152              |
|                  | Redusert behov etter tiltak | [kWh/m2 år] |                      |                   | 68               |
|                  | Kostnad for tiltak          | kroner/m2   |                      |                   | 422              |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 40                   |                   | 27               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 25               |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 65                   |                   | 44               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 12               |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 75                   |                   | 51               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 10               |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 100                  |                   | 68               |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 7                |
|                  | Årlig besparelse tiltak     | kroner/m2   | 150                  |                   | 102              |
|                  | Inntjeningsstid for tiltak  | [år]        |                      |                   | 5                |

## VEDLEGG 2

Nærmere presentasjon av tallunderlag for beregning av nåverdi og årskostnad for kategori; Småhus (tabell 6):

| Levetid=30 år      | Invest     | Invest 15 år | Årlig besparelse | Nåverdi | Årskostnad |
|--------------------|------------|--------------|------------------|---------|------------|
| Yttervegg          | -117       |              |                  | -117    | 7          |
| Yttertak           | -25        |              |                  | -25     | 1          |
| Gulv på grunn      | -13        |              |                  | -13     | 1          |
| Vindu              | -91        |              |                  | -91     | 5          |
| Infiltrasjon       | -26        |              |                  | -33     | 2          |
| Styring/regulering | -33        | -33          |                  | -51     | 3          |
| Ventilasjon        | -138       | -138         |                  | -215    | 12         |
| ENERGIBESPARELSE   | 75/øre/kWh |              | 36               | 623     | -36        |
| SAMLET PAKKE       |            |              |                  | 78      | -5         |

| Levetid=30 år      | Invest      | Invest 15 år | Årlig besparelse | Nåverdi | Årskostnad |
|--------------------|-------------|--------------|------------------|---------|------------|
| Yttervegg          | -117        |              |                  | -117    | 7          |
| Yttertak           | -25         |              |                  | -25     | 1          |
| Gulv på grunn      | -13         |              |                  | -13     | 1          |
| Vindu              | -91         |              |                  | -91     | 5          |
| Infiltrasjon       | -26         |              |                  | -33     | 2          |
| Styring/regulering | -33         | -33          |                  | -51     | 3          |
| Ventilasjon        | -138        | -138         |                  | -215    | 12         |
| ENERGIBESPARELSE   | 100/øre/kWh |              | 48               | 830     | -48        |
| SAMLET PAKKE       |             |              |                  | 286     | -17        |

| Levetid=30 år      | Invest      | Invest 15 år | Årlig besparelse | Nåverdi | Årskostnad |
|--------------------|-------------|--------------|------------------|---------|------------|
| Yttervegg          | -117        |              |                  | -117    | 7          |
| Yttertak           | -25         |              |                  | -25     | 1          |
| Gulv på grunn      | -13         |              |                  | -13     | 1          |
| Vindu              | -91         |              |                  | -91     | 5          |
| Infiltrasjon       | -26         |              |                  | -33     | 2          |
| Styring/regulering | -33         | -33          |                  | -51     | 3          |
| Ventilasjon        | -138        | -138         |                  | -215    | 12         |
| ENERGIBESPARELSE   | 150/øre/kWh |              | 72               | 1 245   | -72        |
| SAMLET PAKKE       |             |              |                  | 701     | -41        |

| Levetid=50 år      | Invest     | Invest 15,30,45 år | Årlig besparelse | Nåverdi | Årskostnad |
|--------------------|------------|--------------------|------------------|---------|------------|
| Yttervegg          | -117       |                    |                  | -117    | 5          |
| Yttertak           | -25        |                    |                  | -25     | 1          |
| Gulv på grunn      | -13        |                    |                  | -13     | 1          |
| Vindu              | -91        |                    |                  | -91     | 4          |
| Infiltrasjon       | -26        |                    |                  | -33     | 1          |
| Styring/regulering | -33        | -33                |                  | -66     | 3          |
| Ventilasjon        | -138       | -138               |                  | -281    | 13         |
| ENERGIBESPARELSE   | 75/øre/kWh |                    | 36               | 773     | -36        |
| SAMLET PAKKE       |            |                    |                  | 147     | -7         |

| Levetid=50 år      | Invest      | Invest 15,30,45 år | Årlig besparelse | Nåverdi | Årskostnad |
|--------------------|-------------|--------------------|------------------|---------|------------|
| Yttervegg          | -117        |                    |                  | -117    | 5          |
| Yttertak           | -25         |                    |                  | -25     | 1          |
| Gulv på grunn      | -13         |                    |                  | -13     | 1          |
| Vindu              | -91         |                    |                  | -91     | 4          |
| Infiltrasjon       | -26         |                    |                  | -33     | 1          |
| Styring/regulering | -33         | -33                |                  | -66     | 3          |
| Ventilasjon        | -138        | -138               |                  | -281    | 13         |
| ENERGIBESPARELSE   | 100/øre/kWh |                    | 48               | 1 031   | -48        |
| SAMLET PAKKE       |             |                    |                  | 405     | -19        |

| Levetid=50 år      | Invest      | Invest 15,30,45 år | Årlig besparelse | Nåverdi | Årskostnad |
|--------------------|-------------|--------------------|------------------|---------|------------|
| Yttervegg          | -117        |                    |                  | -117    | 5          |
| Yttertak           | -25         |                    |                  | -25     | 1          |
| Gulv på grunn      | -13         |                    |                  | -13     | 1          |
| Vindu              | -91         |                    |                  | -91     | 4          |
| Infiltrasjon       | -26         |                    |                  | -33     | 1          |
| Styring/regulering | -33         | -33                |                  | -66     | 3          |
| Ventilasjon        | -138        | -138               |                  | -281    | 13         |
| ENERGIBESPARELSE   | 150/øre/kWh |                    | 72               | 1 547   | -72        |
| SAMLET PAKKE       |             |                    |                  | 921     | -43        |

Nærmere presentasjon av tallunderlag for beregning av nåverdi og årskostnad for kategori; Kontorbygg (tabell 11):

| Levetid=30 år      | Invest     | Invest 15 år | Årlig besparelse | Nåverdi | Årskostnad |
|--------------------|------------|--------------|------------------|---------|------------|
| Yttervegg          | -28        |              |                  | -28     | 2          |
| Yttertak           | -17        |              |                  | -17     | 1          |
| Gulv på grunn      | -5         |              |                  | -5      | 0          |
| Vindu              | -106       |              |                  | -106    | 6          |
| Infiltrasjon       | 0          |              |                  | 0       | 0          |
| Styring/regulering | 0          |              |                  | 0       | 0          |
| Ventilasjon        | -273       | -273         |                  | -425    | 25         |
| Pumpeenergi        | -4         | -4           |                  | -6      | 0          |
| ENERGIBESPARELSE   | 75/øre/kWh |              | 47               | 813     | -47        |
| SAMLET PAKKE       |            |              |                  | 226     | -13        |

| Levetid=30 år      | Invest      | Invest 15 år | Årlig besparelse | Nåverdi | Årskostnad |
|--------------------|-------------|--------------|------------------|---------|------------|
| Yttervegg          | -28         |              |                  | -28     | 2          |
| Yttertak           | -17         |              |                  | -17     | 1          |
| Gulv på grunn      | -5          |              |                  | -5      | 0          |
| Vindu              | -106        |              |                  | -106    | 6          |
| Infiltrasjon       | 0           |              |                  | 0       | 0          |
| Styring/regulering | 0           |              |                  | 0       | 0          |
| Ventilasjon        | -273        | -273         |                  | -425    | 25         |
| Pumpeenergi        | -4          | -4           |                  | -6      | 0          |
| ENERGIBESPARELSE   | 100/øre/kWh |              | 62               | 1 072   | -62        |
| SAMLET PAKKE       |             |              |                  | 485     | -28        |

| Levetid=30 år      | Invest      | Invest 15 år | Årlig besparelse | Nåverdi | Årskostnad |
|--------------------|-------------|--------------|------------------|---------|------------|
| Yttervegg          | -28         |              |                  | -28     | 2          |
| Yttertak           | -17         |              |                  | -17     | 1          |
| Gulv på grunn      | -5          |              |                  | -5      | 0          |
| Vindu              | -106        |              |                  | -106    | 6          |
| Infiltrasjon       | 0           |              |                  | 0       | 0          |
| Styring/regulering | 0           |              |                  | 0       | 0          |
| Ventilasjon        | -273        | -273         |                  | -425    | 25         |
| Pumpeenergi        | -4          | -4           | 93               | -6      | 0          |
| ENERGIBESPARELSE   | 150/øre/kWh |              |                  | 1 608   | -93        |
| SAMLET PAKKE       |             |              |                  | 1 021   | -59        |

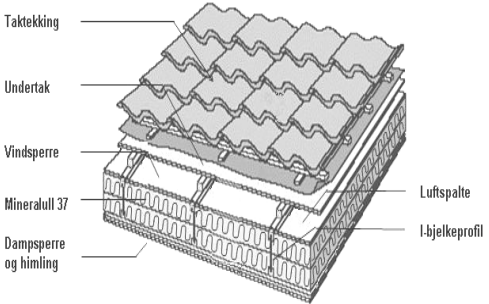
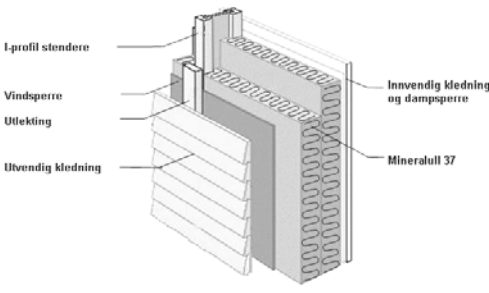
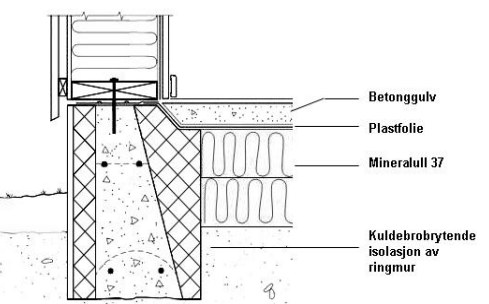
| Levetid=50 år      | Invest     | Invest 15,30,45 år | Årlig besparelse | Nåverdi | Årskostnad |
|--------------------|------------|--------------------|------------------|---------|------------|
| Yttervegg          | -28        |                    |                  | -28     | 1          |
| Yttertak           | -17        |                    |                  | -17     | 1          |
| Gulv på grunn      | -5         |                    |                  | -5      | 0          |
| Vindu              | -106       |                    |                  | -106    | 5          |
| Infiltrasjon       | 0          |                    |                  | 0       | 0          |
| Styring/regulering | 0          |                    |                  | 0       | 0          |
| Ventilasjon        | -273       | -273               |                  | -555    | 26         |
| Pumpeenergi        | -4         | -4                 |                  | -8      | 0          |
| ENERGIBESPARELSE   | 75/øre/kWh |                    | 47               | 1 010   | -47        |
| SAMLET PAKKE       |            |                    |                  | 290     | -14        |

| Levetid=50 år      | Invest      | Invest 15,30,45 år | Årlig besparelse | Nåverdi | Årskostnad |
|--------------------|-------------|--------------------|------------------|---------|------------|
| Yttervegg          | -28         |                    |                  | -28     | 1          |
| Yttertak           | -17         |                    |                  | -17     | 1          |
| Gulv på grunn      | -5          |                    |                  | -5      | 0          |
| Vindu              | -106        |                    |                  | -106    | 5          |
| Infiltrasjon       | 0           |                    |                  | 0       | 0          |
| Styring/regulering | 0           |                    |                  | 0       | 0          |
| Ventilasjon        | -273        | -273               |                  | -555    | 26         |
| Pumpeenergi        | -4          | -4                 |                  | -8      | 0          |
| ENERGIBESPARELSE   | 100/øre/kWh |                    | 62               | 1 332   | -62        |
| SAMLET PAKKE       |             |                    |                  | 612     | -29        |

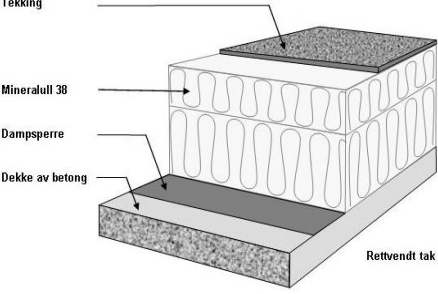
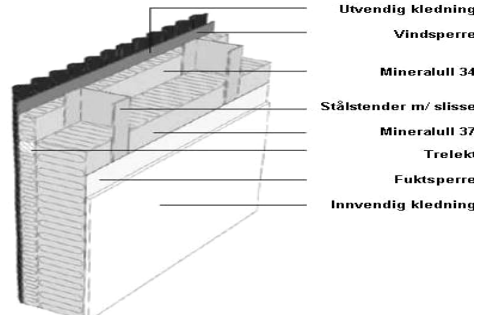
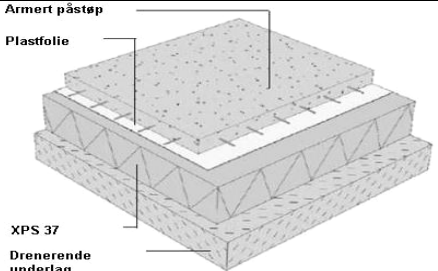
| Levetid=50 år      | Invest      | Invest 15,30,45 år | Årlig besparelse | Nåverdi | Årskostnad |
|--------------------|-------------|--------------------|------------------|---------|------------|
| Yttervegg          | -28         |                    |                  | -28     | 1          |
| Yttertak           | -17         |                    |                  | -17     | 1          |
| Gulv på grunn      | -5          |                    |                  | -5      | 0          |
| Vindu              | -106        |                    |                  | -106    | 5          |
| Infiltrasjon       | 0           |                    |                  | 0       | 0          |
| Styring/regulering | 0           |                    |                  | 0       | 0          |
| Ventilasjon        | -273        | -273               |                  | -555    | 26         |
| Pumpeenergi        | -4          | -4                 |                  | -8      | 0          |
| ENERGIBESPARELSE   | 150/øre/kWh |                    | 93               | 1 998   | -93        |
| SAMLET PAKKE       |             |                    |                  | 1 278   | -60        |

### VEDLEGG 3

Kostnadsbank for tiltak Småhus, Boligblokker. Priser inkl. mva.

|                                                                                     |                                                       |                                          |                                              |                          |                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
|    | Isolasjonstykkelse (mineralull, $\lambda=0,037$ W/mK) | I-profil dimensjon                       | Konstruksjonens U-verdi                      | Kalkylepris              |                               |
|                                                                                     | [mm]                                                  | [mm]                                     | [W/m <sup>2</sup> K]                         | [kr/m <sup>2</sup> tak]  | Diff [kr/m <sup>2</sup> tak]  |
|                                                                                     | 300                                                   | 300                                      | 0,15                                         | 1599                     |                               |
|                                                                                     | 350                                                   | 350                                      | 0,13                                         | 1638                     | 39                            |
|                                                                                     | 400                                                   | 400                                      | 0,11                                         | 1680                     | 81                            |
|    | Isolasjonstykkelse (mineralull, $\lambda=0,037$ W/mK) | I-profil dimensjon                       | Konstruksjonens U-verdi                      | Kalkylepris              |                               |
|                                                                                     | [mm]                                                  | [mm]                                     | [W/m <sup>2</sup> K]                         | [kr/m <sup>2</sup> vegg] | Diff [kr/m <sup>2</sup> vegg] |
|                                                                                     | 200                                                   | 200                                      | 0,22                                         | 994                      |                               |
|                                                                                     | 240                                                   | 240                                      | 0,16                                         | 1084                     | 90                            |
|                                                                                     | 300                                                   | 300                                      | 0,14                                         | 1129                     | 135                           |
|  | Isolasjonstykkelse (mineralull, $\lambda=0,037$ W/mK) |                                          | Konstruksjonens U-verdi                      | Kalkylepris              |                               |
|                                                                                     | [mm]                                                  |                                          | [W/m <sup>2</sup> K]                         | [kr/m <sup>2</sup> gulv] | Diff [kr/m <sup>2</sup> gulv] |
|                                                                                     | 200                                                   |                                          | 0,15                                         | 671                      |                               |
|                                                                                     | 200 mm + 30 mm kantiso                                |                                          | 0,13                                         | 681                      | 10                            |
|                                                                                     | 250 MM + 50 mm kantiso.                               |                                          | 0,11                                         | 701                      | 30                            |
| Rutetype                                                                            | U-verdi [W/m <sup>2</sup> K]                          | Differansepris [kr/m <sup>2</sup> vindu] |                                              |                          |                               |
| V1 4-16-4                                                                           | 2,6                                                   | 0                                        |                                              |                          |                               |
| V2 4-16-E4                                                                          | 1,6                                                   | 0                                        |                                              |                          |                               |
| V3 4-16 Arg-E4                                                                      | 1,4                                                   | 100                                      |                                              |                          |                               |
| V5 4E-12 Arg-4-12 Arg-E4                                                            | 1,1                                                   | 350                                      |                                              |                          |                               |
| Ventilasjon. Småhus/blokk                                                           | Kostnad [kr/enhet]                                    | Differansekost n. [kr/enhet]             |                                              |                          |                               |
| Mekanisk avtrekk                                                                    | 15000                                                 | 0                                        |                                              |                          |                               |
| Balansert m/ VVX 60 %                                                               | 31000                                                 | 16000                                    |                                              |                          |                               |
| Balansert m/ VVX 80 %                                                               | 32000                                                 | 17000                                    |                                              |                          |                               |
| Balansert m/ VVX 80 % + forbedret SFP-faktor (kanalnett)                            | 34000                                                 | 19000                                    |                                              |                          |                               |
| Nattsenkning                                                                        |                                                       | [kr/m <sup>2</sup> ]                     |                                              |                          |                               |
| Automatisk el-varme                                                                 |                                                       | 25                                       |                                              |                          |                               |
| Infiltrasjon                                                                        | Lekkasjetall, n50 [oms/h]                             | Infiltrasjon [oms/h]                     | Differansepris [kr/m <sup>2</sup> yttervegg] |                          |                               |
| Standard (naturlig avtrekk)                                                         | 4                                                     | 0.06                                     |                                              |                          |                               |
| Standard (med balansert ventilasjon)                                                | 4                                                     | 0.28                                     |                                              |                          |                               |
| Meget god (balansert ventilasjon)                                                   | 1,5                                                   | 0.10                                     | 25                                           |                          |                               |

## Kostnadsbank for tiltak Næringsbygg. Priser inkl. mva.

|                                                                                     |                                                         |                                          |                                                                                 |                          |                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
|    | Isolasjonstykkelse (mineralull, $\lambda = 0,038$ W/mK) |                                          | Konstruksjonens U-verdi                                                         | Kalkylepris              |                               |
|                                                                                     | [mm]                                                    |                                          | [W/m <sup>2</sup> K]                                                            | [kr/m <sup>2</sup> tak]  | Diff [kr/m <sup>2</sup> tak]  |
|                                                                                     | 300                                                     |                                          | 0,15                                                                            | 1620                     |                               |
|                                                                                     | 300                                                     |                                          | 0,13                                                                            | 1685                     | 65                            |
|                                                                                     | 400                                                     |                                          | 0,11                                                                            | 1750                     | 130                           |
|    | Isolasjonstykkelse (mineralull, $\lambda = 0,037$ W/mK) | Stenderdim etc.                          | Konstruksjonens U-verdi                                                         | Kalkylepris              |                               |
|                                                                                     | [mm]                                                    | [mm]                                     | [W/m <sup>2</sup> K]                                                            | [kr/m <sup>2</sup> vegg] | Diff [kr/m <sup>2</sup> vegg] |
|                                                                                     | [mm]                                                    |                                          |                                                                                 |                          |                               |
|                                                                                     | 200                                                     | CY profil c/c 60 0,7 mm stål             | 0,23                                                                            | 854                      |                               |
|                                                                                     | 250 (200+50)                                            | "                                        | 0,17                                                                            | 955                      | 101                           |
|                                                                                     | 300 (200+100)                                           | "                                        | 0,14                                                                            | 1044                     | 190                           |
|  | Isolasjonstykkelse (mineralull, $\lambda = 0,037$ W/mK) |                                          | Konstruksjonens U-verdi                                                         | Kalkylepris              |                               |
|                                                                                     | [mm]                                                    |                                          | [W/m <sup>2</sup> K]                                                            | [kr/m <sup>2</sup> gulv] | Diff [kr/m <sup>2</sup> gulv] |
|                                                                                     | 200                                                     |                                          | 0,15                                                                            | 681                      |                               |
|                                                                                     | 200 + 30 mm kantiso.                                    |                                          | 0,13                                                                            | 701                      | 20                            |
|                                                                                     | 250 + 50 mm kantiso.                                    |                                          | 0,11                                                                            | 711                      | 40                            |
|                                                                                     |                                                         |                                          |                                                                                 |                          |                               |
| Rutetype                                                                            | U-verdi [W/m <sup>2</sup> K]                            | Differansepris [kr/m <sup>2</sup> vindu] | <b>Kalkyletall er justert for hver bygnings-kategorikategori</b>                |                          |                               |
| V1 4-16-4 (TEK 97)                                                                  | 2,0                                                     |                                          |                                                                                 |                          |                               |
| V2 4-16-E4 (TEK 97)                                                                 | 1,6                                                     | 0                                        |                                                                                 |                          |                               |
| V3 4-16 Arg-E4 (moderat/medium)                                                     | 1,4                                                     | 100                                      |                                                                                 |                          |                               |
| V5 4E-12 Arg-4-12 Arg-E4 (lavenergi)                                                | 1,1                                                     | 350                                      |                                                                                 |                          |                               |
| Ventilasjon.                                                                        | Differansekostn. [kr/m <sup>2</sup> ]                   |                                          |                                                                                 |                          |                               |
| CAV 60 % vgjv. SFP 4 (TEK 97)                                                       | 0                                                       |                                          |                                                                                 |                          |                               |
| CAV 70 % vgjv. SFP 2/1                                                              | 200                                                     |                                          |                                                                                 |                          |                               |
| CAV 80 % vgjv. SFP 2/1                                                              | 210                                                     |                                          |                                                                                 |                          |                               |
| VAV 80 % vgjv. SFP 3/1                                                              | 300                                                     |                                          |                                                                                 |                          |                               |
| Pumpestyring                                                                        |                                                         | Differansekostn. [kr/m <sup>2</sup> ]    | <b>Antatt lineær prisdiff 5 kr/m<sup>2</sup> pr. 0,5 bedring i lekkasjetall</b> |                          |                               |
| Konstant drift                                                                      |                                                         | 0                                        |                                                                                 |                          |                               |
| Kapasitetsstyring                                                                   |                                                         | 3                                        |                                                                                 |                          |                               |
| Infiltrasjon                                                                        | Lekkasjetall, n50 [oms/h]                               | Infiltrasjon [oms/h]                     |                                                                                 |                          |                               |
| Krav småhus/rekkehus (balansert vent.) (TEK 97)                                     | 4                                                       | 0,28                                     |                                                                                 |                          |                               |
| Krav bygninger inntil 2 etasjer (TEK 97)                                            | 3                                                       | 0,21                                     |                                                                                 |                          |                               |
| God (balansert ventilasjon)                                                         | 2                                                       | 0,14                                     |                                                                                 |                          |                               |
| Krav bygninger over 2 etasjer (TEK 97)                                              | 1,5                                                     | 0,10                                     |                                                                                 |                          |                               |
| Svært god (lavenergistandard)                                                       | 1                                                       | 0,07                                     |                                                                                 |                          |                               |