

Litteraturstudie

Kostnadseffektive energiltak i eksisterende bygg



Utført av Gehør strategi og rådgivning AS for Lavenergiprogrammet

Forfattere:
Gunnar Grini
Isak Oksvold

Sammendrag

Stortinget har bedt regjeringen om å fastsette et mål om 10 TWh redusert energibruk i eksisterende bygg sammenlignet med dagens nivå. For å nå målet mest mulig effektivt, bør man først gjennomføre de mest kostnadseffektive tiltakene, altså de tiltakene som gir mest energisparing per investerte krone. Lavenergiprogrammet ønsker en litteraturstudie for å få et bedre kunnskapsgrunnlag om ENØK-tiltak, og da særlig for de kostnadseffektive, «lavhengende fruktene» innen energieffektivisering.

For boliger er litteraturen relativt entydig på at det er vanskelig å få lønnsomhet i tiltak på klimaskjerm for å redusere energibruken (yttervegg, vinduer og gulv). Unntaket kan være etterisolering mot tak/loft. Tiltakskostnadene vil reduseres dersom energitiltak på boligers klimaskjerm gjennomføres i forbindelse med andre relaterte rehabiliteringsarbeider. Eksempelvis kan etterisolering av yttervegg være lønnsomt, dersom det uansett skal gjøres andre arbeider på ytterveggen (utskifting av kledning).

Når det gjelder tekniske tiltak, er installasjon av luft-luft varmepumpe det tiltaket som oftest trekkes frem mht. å kunne gi relativt store energibesparelser til en lav investeringskostnad. Men, ENØK-analyser som er utarbeidet viser at flere tekniske energieffektiviseringstiltak i boliger kan gi god lønnsomhet. Eksempler på slike tiltak som ofte trekkes frem som særlig lønnsomme er isolering av rørkomponenter, implementering av energioppfølgingsystem og installasjon av sentral styring av innetemperatur. Litteraturen er i stor grad basert på teoretiske vurderinger. Det er liten kryssjekking mot hvilke tiltak energientreprenører eller eiere utfører på boliger og hvordan lønnsomhet er vurdert i slike tilfeller. Det finnes få studier som vurderer lønnsomhet i ENØK-tiltak i kombinasjon med annet vedlikehold.

For yrkesbygninger er bildet mht. hvilke tiltak som er mest kostnadseffektive også sammensatt. Dette skyldes at variasjonen mellom ulike typer yrkesbygninger er stor, og det kan være stor forskjell på hvilke energiposter som er de største for de forskjellige bygningskategoriene. Tekniske tiltak er det som gir størst energibesparelsene per krone. Blant kostnadseffektive tiltak som ofte trekkes frem, er:

- Implementering av energioppfølgingsystem
- Installering av sentralt driftsanlegg (varme og ventilasjon)
- Forbedret varmegjenvinning av ventilasjonsluften og installering av behovsstyrt ventilasjon
- Nytt belyningsutstyr og automatikk for styring av belysning (behovsstyring)
- Installasjon av varmepumpe
- Bedre innregulering av varmesystemet og utbytte av termostatventiler

For å forbedre faktagrnnlaget om kostnadseffektive energitiltak i bygningsmassen, foreslår vi at det gjennomføres et hovedprosjekt i form av en potensialstudie som definerer hvilke konkrete energitiltak som er de mest lønnsomme mht. å oppfylle Stortingets målsetning om 10 TWh redusert energibruk. En slik studie bør også beregne samlet effekt på den nasjonale energibruken ved gjennomføring av de mest kostnadseffektive tiltakene.

Innholdsfortegnelse

1. Bakgrunn	4
2. Mål og potensiale for energieffektivisering i bygninger	4
3. Kort om lovverk og virkemidler	4
4. Studier fra norske forskningsmiljøer	5
4.1. <i>Total Concept Method</i>	5
4.2. <i>UPGRADE Solutions</i>	7
4.3. <i>ReDuCe Ventilasjon</i>	8
4.4. <i>SEOPP</i>	9
4.5. <i>Episcope</i>	10
4.6. <i>Environmental and Economic Aspects of Energy Saving Measures in Houses</i>	11
5. Rapporter om kostnadsoptimale energikrav til bygninger	11
5.1. <i>Kostnadsoptimalitet i Norge</i>	11
5.2. <i>Kostnadsoptimalitet i andre land</i>	13
6. Enovas potensial- og barrierestudier	14
6.1. <i>Boliger</i>	14
6.2. <i>Yrkesbygninger</i>	15
7. NVEs rapporter om energibruk	16
7.1. <i>NVEs energibruksrapport</i>	16
7.2. <i>Formålsdelt energibruk i bygninger</i>	17
8. Konsekvensutredninger – byggteknisk forskrift	18
8.1. <i>Relevans for eksisterende bygninger</i>	18
8.2. <i>TEK 07</i>	18
8.3. <i>TEK 10</i>	18
8.4. <i>TEK 15</i>	19
9. Erfaringer fra eiendomsbransjen og EPC-prosjekter	19
9.1. <i>EPC-kontrakter</i>	19
9.2. <i>Erfaringer fra Eiendomsbransjen</i>	21
9.3. <i>Erfaringer fra Boligenergi AS</i>	22
10. Verktøy og energikalkulatorer	23
11. Diskusjon	24
11.1. <i>Hovedtrekk i litteraturen</i>	24
11.2. <i>Hovedtrekk i litteraturen - boliger</i>	24
11.3. <i>Hovedtrekk i litteraturen - yrkesbygninger</i>	25
11.4. <i>Styrker og svakheter ved litteraturen</i>	26
12. Forslag til videre arbeid	27
12.1. <i>Forslag til videre arbeid for å forbedre faktagrunnlaget</i>	27
12.2. <i>Forslag til videre arbeid for å utløse kostnadseffektive energiltak i bygg</i>	28
13. Konklusjoner	29

1. Bakgrunn

Lavenergiprogrammet ønsker en utredning for å bedre kunnskapsgrunnlaget om ENØK-tiltak, spesielt mht. «lavhengende frukter» innen energieffektivisering. Litteraturstudien skal gå gjennomgå litteraturen på energieffektivisering i eksisterende boligbygg og yrkesbygg. I tillegg til å oppsummere tidligere studier skal det pekes på evt. kunnskapshull som bør dekkes og hvordan dette kan gjøres.

2. Mål og potensial for energieffektivisering i bygninger

Potensialet for energieffektivisering i bygninger har vært utredet flere ganger. Både Lavenergiutvalget, som ble oppnevnt av Olje- og energidepartementet, og en arbeidsgruppe for energieffektivisering i bygninger oppnevnt av Kommunal- og regionaldepartementet, mente at det var mulig å spare 10 TWh i bygningsmassen innen 2020 og 40 TWh innen 2040^{1,2}. SINTEF Byggforsk anslo i 2009 at det ville være mulig å spare 12 TWh i bygningsmassen innen 2020³. I Enovas potensial- og barrierestudie fra 2012 ble det anslått et realistisk potensial for energieffektivisering i eksisterende bygninger på 1,4-3 TWh i boligmassen og 3-4,5 TWh i yrkesbygg. Anslaget er usikkert på grunn av lite pålitelige grunnlagsdata for en stor del av bygningsmassen som rehabiliteres årlig og effekten på energibruken av denne rehabiliteringen⁴. I forbindelse med behandling av St. Meld. 25 (2015-2016) fattet Stortinget et vedtak der regjeringen ble bedt om å fastsette et mål om 10 TWh redusert energibruk i eksisterende bygg sammenlignet med dagens nivå⁵. Det er foreløpig ikke angitt noen tidsfrist for å innfri dette målet.

3. Kort om lowerk og virkemidler

Sentrale statlige virkemidler for energieffektivisering i bygninger er bygningsregelverket, Enovas støtteordninger, energimerking av bygninger, energivurdering av tekniske anlegg, samt informasjon.

Byggeteknisk forskrift stiller krav til bygningers energieffektivitet og energiforsyning. I utgangspunktet vil energikravene i TEK slå inn ved tiltak på eksisterende bygg, dersom kravene er relevante for tiltaket som skal gjøres, jf. plan- og bygningsloven § 31-4⁶. Videre har Enova SF som mål at midler fra

¹ Lavenergiutvalget, 2009: *Energieffektivisering*. Rapport utført på oppdrag for Olje- og energidepartementet.

https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/oed/rapporter/oed_energieffektivisering_lavopp.pdf

² Kommunal- og regionaldepartementets arbeidsgruppe for energieffektivisering i bygg, 2010: *Energieffektivisering i bygg. En ambisiøs og realistisk plan mot 2040*.

https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/krd/vedlegg/boby/rapporter/energieffektivisering_av_bygg_rapport_2010.pdf

³ Dokka, Tor Helge et. al.: 2009: *Energieffektivisering i bygg – mye miljø for pengene*. SINTEF Byggforsk prosjektrapport 40/2009.

<https://www.sintef.no/globalassets/upload/sb-prapp-40.pdf>

⁴ Enova, 2012: Potensial- og barrierestudie: *Energieffektivisering i norske bygg*. Enova rapport 2012/01:

https://www.enova.no/upload_images/A319D657AFC34028B18D5C74BA4F0094.pdf

⁵ *Innst. 401 S (2015-2016)*: <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Innstillinger/Stortinget/2015-2016/inns-201516-401/>

⁶ Kommunal- og regionaldepartementet, 2011: *Ot. Prp. Nr. 45 2007-2008* (s. 348-349)

Energifondet skal bidra til energi- og klimaresultater som samlet tilsvarer minst 7 TWh innen 2016. Et av Enovas hovedmål er mer effektiv og fleksibel bruk av energi, for eksempel i bygninger⁷. Et sentralt prinsipp da Enova ble opprettet, var at statsforetaket skulle oppnå det størst mulige energieresultatet per støttekrone innenfor de rammene som er satt⁸. Enova forvalter også ordningene for energimerking av bygninger og energivurdering av tekniske anlegg. Ordningene er hjemlet i energimerkeforskriften.

Iht. EU bygningsenergidirektiv (2010/31/EC - Energy Performance of Buildings Directive) skal EU-landenes nasjonale krav til bygningers energibruk baseres på det som er et såkalt kostnadsoptimalt nivå. Dette gjelder også ved utskifting av bygningskomponenter som har stor betydning for bygningers energibruk, samt ved rehabiliteringer (artikkel 4.1 i direktivet). EU-landene er likevel ikke forhindret fra å innføre mer ambisiøse krav enn det som er kostnadsoptimalt. Det er utviklet en metodikk for å beregne hva som er det kostnadsoptimale nivået mht. energikrav til nye og eksisterende bygninger. På EU-kommisjonens side om energibruk i bygninger finnes en oversikt over EU-landenes rapporter om utforming av kostnadsoptimale energikrav til nybygg og eksisterende bygninger⁹. Beregning av kostnadsoptimale kravsnivå er også tema i EU-landenes samarbeid om implementering av direktivet¹⁰.

4. Studier fra norske forskningsmiljøer

4.1. Total Concept Method

Total Concept er en metode for å kunne vurdere lønnsomme og ambisiøse energieffektiviseringstiltak i yrkesbygninger. Metoden ble utviklet i BELOK-gruppen, som er et samarbeid mellom den svenske energimyndigheten og 18 av de største yrkesbyggeierne i Sverige¹¹. Total Concept tilbyr en metode og et finansielt verktøy som skal gi et godt beslutningsgrunnlag for investeringer i effektiviseringstiltak. For å komme fram til en riktig tiltakspakke blir både kostnadseffektive tiltak («lavhengende frukter») og dyrere tiltak tatt i betraktning. Hva som blir inkludert i tiltakspakken, bestemmes av beregnet internrente sammenlignet med investorenes krav til internrente. De mest lønnsomme tiltakene vil bære de minst lønnsomme tiltakene når hele tiltakspakken blir vurdert. Dette kan synliggjøre at det er lønnsomt å gjennomføre flere tiltak, utover en vurdering av hvert enkelt tiltaks lønnsomhet. Det er etablert et nordeuropeisk samarbeidsprosjekt med deltakere fra Sverige, Norge, Finland, Estland og Danmark. Målet er å utvikle metoden og teste konseptet i nasjonale kontekster for så å implementere metoden i byggesektoren i de respektive landene¹². Prosjektet går fra april 2014 til april 2017.

I Norge har SINTEF Byggforsk etterspurt potensielle rehabiliteringsprosjekter hos enkelte større eiendomsforvaltere, der Totalt Concept-metoden skal brukes for å finne en optimal tiltakspakke for energieffektivisering. For Statsbygg er det gjort en vurdering av Kaarstadbygningen, der Høgskulen i

⁷ <https://www.enova.no/om-enova/rammebetingelser/malsettinger/219/0/>

⁸ Kommunal- og regionaldepartementet, 2012: *St. Meld. 28 (2011-2012): Betre bygg for eit bedre samfunn* (s. 76).

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-28-20112012/id685179/>

⁹ <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>

¹⁰ <http://www.epbd-ca.eu/>

¹¹ <http://belok.se>

¹² <http://totalconcept.info>

Volda har sin virksomhet. Det ble tatt utgangspunkt i et internrentekrav på 4,15 %. En tiltakspakke med fem energieffektiviseringstiltak ble definert som lønnsom. Den valgte tiltakspakken i dette tilfellet var:

1. Varmeanlegg – utskifte av radiatorer (50 %) og nye termostatventiler
2. Etterisolere yttervegg innvendig med 50mm isolasjon
3. Etterisolere etasjeskiller mot loft med 200 mm isolasjon
4. Behovsstyrt ventilasjon (CAV til behovsstyrt ventilasjon)
5. Behovsstyrt belysning (skifte av vanlig tradisjonell belysning til LED-belysning)

Denne tiltakspakken reduserte den leverte energien til bygningen med 277 200 kWh/år (100 kWh/m²). Tiltakspakkens totale investeringskostnad var 4 200 000 kr. og ga en summert internrente på 5,95 %. Det mest lønnsomme tiltaket var å skifte ut de gamle radiatorene og installere nye termostatventiler (internrente 11,4 %). Det minst lønnsomme tiltaket i pakken var skifte av tradisjonell belysning til LED-belysning (internrente 3,3 %). Skifte av vinduer til TEK 10- eller passivhusstandard og installering av bergvarmepumpe ble vurdert som ulønnsomme tiltak etter at de fem øvrige tiltakene ble valgt. Dette har sammenheng med at sparepotensialet reduseres i takt med at de første tiltakene gjennomføres¹³.

Tilsvarende ble en tiltakspakke laget for energieffektivisering ved rehabilitering av Vegkontoret sitt bygg i Steinkjer. I dette tilfellet hadde Statsbygg en ambisjon om å nå passivhusnivå for bygningen. Utgangspunktet for beregningene var derfor forskjellen mellom energibesparelsen og investeringskostnader for energieffektiviseringstiltak som ville føre til oppnåelse av TEK 10-nivå vs. passivhusstandard. Det ble tatt utgangspunkt i et internrentekrav på 4,15 %. En tiltakspakke med fem energieffektiviseringstiltak ble definert som lønnsom. Den valgte tiltakspakken i dette tilfellet var:

1. Utskifting av vinduer og dører
2. Utvendig etterisolering av tak
3. Behovsstyrt belysning (skifte av vanlig tradisjonell belysning til LED-belysning)
4. Behovsstyrt ventilasjon (CAV til behovsstyrt ventilasjon)
5. Utvendig etterisolering av yttervegg

Denne tiltakspakken reduserte den leverte energien til bygningen med 205 000 kWh/år (47 kWh/m²). Tiltakspakkens totale investeringskostnad var 2 827 300 kr. og ga en summert internrente på 4,22 %. Det mest lønnsomme tiltaket var å skifte ut vinduene til passivhusstandard i stedet for TEK 10-standard (internrente 34 %). Det minst lønnsomme tiltaket i pakken var utvendig etterisolering av vegg utover forskriftsnivå (internrente -5,5 %, dvs. ulønnsomt som enkelttiltak). Installering av bergvarmepumpe ble vurdert som ulønnsomt etter at de fem øvrige tiltakene ble valgt. Dette har sammenheng med at sparepotensialet reduseres i takt med at de første tiltakene gjennomføres¹⁴. Det ble ikke vurdert om

¹³ Svensson, Anna et. al., 2015: *Kaarstadbygningen Høgskulen i Volda. Energieffektivisering ved bruk av Total Concept-metoden*. Prosjektrapport utført av SINTEF Byggforsk som en del av Intelligent Energy Europe prosjektet the Total Concept method for major reduction of energy use in non-residential buildings.

¹⁴ Svensson, Anna et. al., 2014: *Vegkontoret i Steinkjer. Energieffektivisering ved bruk av Total Concept-metoden*. Prosjektrapport utført av SINTEF Byggforsk som en del av Intelligent Energy Europe-prosjektet The Total Concept Method for major reduction of energy use in non-residential buildings.

installering av varmepumpe som enkelttiltak ville vært mer lønnsomt enn de andre tiltakene hver for seg.

Tilsvarende rapporter finnes for andre land tilknyttet det nordiske samarbeidsprosjektet. I en svensk rapport utført av CIT Energy Management AB ble tiltakspakker for energieffektivisering vurdert for kontorbygget Högsbo utenfor Gøteborg. I dette tilfellet var det utskifting av ventilasjonsaggregat, som blant annet hadde bedre varmegjenvinning av ventilasjonsluft, samt innregulering av varmesystemet og utskifting av termostatventiler, som viste best lønnsomhet¹⁵. Installasjon av nye trykkstyrte pumper og bytte av kjøleaggregat ble også inkludert i tiltakspakken som ble utarbeidet ved bruk av Total Concept-metoden. Den summerte internrenten for denne tiltakspakken var på over 9 %.

I en tilsvarende vurdering utført av CIT Energy Management AB for en svensk skole (Segevångsskolan) var det driftsoptimalisering av ventilasjonssystemet som viste best lønnsomhet. Dette tiltaket handlet kun om endring av driftstider som var bedre tilpasset når bygningen faktisk var i bruk, og hadde ingen investeringskostnader. Utover dette var det utskifting av radiatorventiler (flere radiatorer manglet termostat), samt bedre innregulering av varmesystemet som ga størst energispareffekt per krone¹⁶.

4.2. UPGRADE Solutions

UPGRADE Solutions var et innovasjonsprosjekt for å identifisere, utvikle og formidle løsninger for å oppgradere yrkesbygg mot passivhusnivå. Prosjektet rettet seg mot næringsbygg og skoler, samt også oppgradering av bygg med verneverdige hensyn. UPGRADE Solutions startet i 2012 og ble avsluttet i 2015¹⁷. I en rapport fra 2013 ble sju rehabiliteringsprosjekter dokumentert med informasjon om bygningene, hovedtiltak, bygningstekniske og tekniske tiltak samt resultat knyttet til energibruk¹⁸. Blant de vanligste tiltakene innen tekniske installasjoner var nye behovsstyrte ventilasjonsanlegg og aggregater med høyeffektive roterende varmegjennvinnere og behovsstyring av belysning. Andre tekniske tiltak var installasjon av varmepumpe, mer energieffektivt utstyr og gjenvinning av varme fra datasentraler. Det ble også utført ulike forbedringer i de forskjellige byggenes klimaskall, som etterisolering i gulv, tak og yttervegg, samt utskifting av vinduer. Etterisolering av tak ble nevnt som et relativt billig tiltak som ofte er enkelt å gjennomføre. Kostnader ved gjennomføring av prosjektene ble ikke dokumentert.

I en rapport fra 2014 ble det anvist fuktsikre løsninger for yttervegger og overganger for yrkesbygg i mur- og betong ved ambisiøs energioppgradering med etterisolerte fasader. Rapporten estimerte ikke kostnader. Ifølge rapporten er imidlertid etterisolering av yttervegg alene som oftest ikke lønnsomt. Det er derfor viktig at man utnytter anledninger for å energieffektivisere, for eksempel når det er

¹⁵ Maripuu, Mari-Liis, 2015: *Högsbo 20:22 - Energieffektivisering enligt Totalmetodiken*. Prosjektrapport utført av CIT Energy Management om en del av Intelligent Energy Europe prosjektet the Total Concept method for major reduction of energy use in non-residential buildings.

¹⁶ Heincke, Catrin og Maripuu, Mari-Liis, 2015: *Segevångsskolan - Energieffektivisering enligt Totalmetodiken*. Prosjektrapport utført av CIT Energy Management om en del av Intelligent Energy Europe prosjektet the Total Concept method for major reduction of energy use in non-residential buildings.

¹⁷ <http://upgradebuildings.no>

¹⁸ Svensson, Anna et. al., 2013: *Syv energiambisiøse oppgraderinger av yrkesbygg*. Resultater fra forskningsprosjektet UPGRADE Solutions. SINTEF Byggforsk rapport SBF2013F0085. IEA SHC Task 47 Renovation of Non-residential Buildings towards Sustainable Standards.

behov eller ønske om fasaderehabilitering, og at dette gjøres best mulig innenfor et helhetlig konsept for bygningen¹⁹.

SINTEF Byggforsk har også utarbeidet en rapport med anvisninger for fuktsikre løsninger ved innvendig etterisolering av mur- og betongvegger ved ambisiøs energioppgradering når fasaden skal bevares²⁰.

Endelig har SINTEF Byggforsk utarbeidet en veileder for energiambisiøs oppgradering av yrkesbygg. Rapporten gir veiledning for hvilke parametere som bør tas med i en kostnadsanalyse, men vurderer ikke hvilke energitiltak som er mest kostnadseffektive ved oppgradering av yrkesbygg. Energiklasse A, passivhus eller BREEAM-NOR Excellent vil kreve tiltak på bygningskroppen og tekniske anlegg. Merkostnadene avhenger av hvilke løsninger som velges, i hvilken grad tekniske systemer kan forenkles og hvor dyktige rådgiverne og entreprenørene er. Det er vesentlig om merkostnadene inkluderer besparelser knyttet til enklere tekniske installasjoner, da redusert varme- og kjølebehov på grunn av isolert bygningskropp og utvendig solskjerming normalt vil føre til behov for enklere varme- og kjølesystemer. Når man skal beregne hvor lønnsom en oppgradering er, er det flere parametere enn prosjektkostnad og lavere energikostnader som må tas med i regnestykket. Det kan være viktig å inkludere leieinntekter, eierkostnader og avkastningskrav som igjen påvirker salgsverdien²¹.

4.3. ReDuCe Ventilation

Behovsstyrt ventilasjon (DCV) kan halvere energibruken til ventilasjon sammenlignet med anlegg med konstante luftmengder (CAV), fordi samtidig bruk av rom i kontorbygg er mellom 20 % og 60 %²². Forskningsprosjektet ReDuCe Ventilation utviklet konsepter med robust behovsstyring av ventilasjon i undervisningsbygg, og bedre design, drift og vedlikehold gjennom hele levetiden til ventilasjonsanleggene²³. Ett av casene som ble dokumentert var rehabilitering av Kampen skole i Oslo. Som en følge av tiltakene ble energibruken ved skolen redusert fra ca. 280 kWh/m² til 169 kWh/m², dvs. en reduksjon på ca. 40 %²⁴. Innemiljøet ble forbedret, noe som var hovedhensikten med rehabiliteringen.

Det ble gjennomført følgende tiltak:

- Bedre kontroll av varmesystemet på grunn av utskifting av termostatventiler
- Hybrid ventilasjonsanlegg basert på vifteassistert naturlig ventilasjon
- Behovsstyrt ventilasjon med varmegjenvinning

¹⁹ Klinski, Michael, 2014: *Ambisiøs energioppgradering med etterisolert fasade*. Sintef Fag 27/2014. IEA SHC Task 47 *Renovation of Non-residential Buildings towards Sustainable Standards*. ISBN: 978-82-536-1427-4.

²⁰ Blom, Peter 2014: *Fuktsikker innvendig etterisolering av mur og betongvegger*. Sintef Fag 22/2014. IEA SHC Task 47 *Renovation of Non-residential Buildings towards Sustainable Standards*. ISBN: 978-82-536-1404-5

²¹ Mellegård, Sofie og Svensson, Anna., 2014: *UPGRADE – Veileder for energiambisiøs oppgradering av yrkesbygg*. SINTEF-notat 11/2014. IEA SHC Task 47 *Renovation of Non-residential Buildings towards Sustainable Standards*. ISBN: 978-82-536-1420-5

²² Mysen, Mads et. al., 2014: *Gjenbruk av ventilasjonskanaler ved oppgradering til behovsstyrt ventilasjon*. Sintef Fag 15/2014. IEA SHC Task 47 *Renovation of Non-residential Buildings towards Sustainable Standards*. ISBN: 978-82-536-1377-2.

²³ <https://www.sintef.no/projectweb/reduceventilation/>

²⁴ Mysen, Mads et. al., 2012: *Kampen School - Retrofitting of an historic school building with energy efficient ventilation and lighting system*. Paper Passivhus Norden 2012. Dokumentert som en del av SINTEF Byggforsks forskningsprosjekt ReDuCe Ventilation.

- Behovsstyring av belysning

Et annet case som er dokumentert i ReDuCE Ventilation er rehabilitering av det norske kontorbygget Solbraaveien 23. Bygningen ble oppført i 1980-årene og er antatt representativ for et stort antall bygninger som skal rehabiliteres. Som en følge av tiltakene ble levert energi til kontorbygget redusert fra ca. 250 kWh/m² til 80 kWh/m²²⁵, og innemiljøet ble forbedret. Følgende tiltak ble gjennomført:

- Installasjon av behovsstyrt ventilasjon med varmegjenvinning
- Intelligente og aktive ventiler
- Etterisolering av yttervegg og tak
- Redusert lekkasjetall
- Utskifting av vinduer til passivhusnivå
- Installasjon av luft-til-vann varmepumpe

I disse tilfellene ble det også dokumentert at kostnadene til utbedring av ventilasjonssystemet kan halveres dersom eksisterende kanalnett kan ombrukes, ved overgangen til behovsstyrt ventilasjon. Gjenbruk av eksisterende kanalnett kan imidlertid betinge kompromisser når det gjelder normale krav for nybygg-anlegg til SFP, lufthastighet, støygnering, lekkasje og toleransekrav ved innregulering²⁶.

4.4. SEOPP

SEOPP er et forskningsprosjekt i regi av SINTEF Byggforsk, som skal bidra til at huseiere vil rehabilitere sine småhus til ambisiøst nivå for energisparing og at rehabiliteringsmarkedet for småhus løftes til å bli en attraktiv arena for profesjonelle aktører i byggenæringen. Det skal utvikles løsninger, metoder og verktøy for å gjennomføre oppgradering til en høy energistandard samtidig som betydelig forbedret inn klima, komfort og fuktteknisk sikre og robuste løsninger oppnås²⁷. Prosjektet startet i 2013 og skulle avsluttes i 2016. Som en del av prosjektet ble to boliger oppgradert som demohus. Oppgraderingene skulle gjøres i én operasjon, men løsninger for trinnvis oppgradering ville bli vurdert parallelt med planleggingen av den helhetlige oppgraderingen. Som en del av dette skulle det fremskaffes detaljerte kostnadstall for oppgradering av de to småhusene, ett fra 60-tallet og ett fra 70-tallet. Vi har ikke fått tilgang til disse kostnadstallene, da rapporten først vil publiseres i februar 2017.

Det er publisert en veileder om systematisk oppgradering av småhus²⁸. Veilederen omhandler trinnvis oppgradering av eneboliger fra seksti-, sytti- og åttitallet til et ambisiøst energinivå. Hensikten med tilnærmingen er å fordele investeringskostnadene over et større tidsrom. Når bygningskomponenter må utbedres eller skiftes ut, for eksempel på grunn av endt levetid eller store skader, bør det alltid vurderes å utnytte anledningen til å gjennomføre en større oppgradering av boligen, og det kan være nyttig å spørre seg hvilke andre kvaliteter man kan oppnå samtidig. Det vil eksempelvis være til hinder

²⁵ Mysen, Mads et. al., 2012: *Demand controlled ventilasjon in renovated buildings with the use of existing ductwork*. Dokumentert som en del av SINTEF Byggforsks forskningsprosjekt ReDuCe Ventilasjon.

²⁶ Mysen, Mads et. al., 2014: *Gjenbruk av ventilasjonskanaler ved oppgradering til behovsstyrt ventilasjon*. Sintef Fag 15/2014. IEA SHC Task 47 *Renovation of Non-residential Buildings towards Sustainable Standards*. ISBN: 978-82-536-1377-2.

²⁷ <http://seopp.net>

²⁸ Stenerud Skeie, Kristian et. al., 2014: *Energiplan - tre trinn for tre epoker*. Sintef Fag 25/2014. ISBN: 78-82-536-1402-1.

for en ambisiøs energioppgradering av klimaskallet på lang sikt hvis man gjør tiltak som utbedring av drenering rundt grunnmur, eller utskifting av fasadekledning og tak uten å etterisolere samtidig. To av de mest lønnsomme tiltakene i småhus kan være installasjon av balansert ventilasjon og etterisolering av loft²⁹. For syttitallshuset er det regnet på energispareeffekten av de ulike trinnene i de foreslåtte oppgraderingspakkene. Ifølge veilederen vil store deler av energisparepotensialet realiseres i det trinnet der ytterveggen lekkasjetall blir betydelig forbedret og det installeres balansert ventilasjon med varmegjenvinner. Ved montering av balansert ventilasjon er det viktig å følge opp med tetting av vindusspalter, veggventiler og andre punkteringer for å gi ventilasjonsanlegget gode arbeidsforhold³⁰.

4.5. Episcopo

Målsetningen med EPISCOPE er å gjøre prosessen med energirehabilitering i boligmassen mer transparent og effektiv. Kunnskap om boligmassens sammensetning, energibruk og utviklingsforløp benyttes til å utvikle et sett av eksempelbygninger innen definerte type- og aldersklasser av boligmassen. Klassifiseringen benyttes til scenarioanalyser for å studere trender og utviklingsforløp mot 2040 med hensyn til energiytelse, utslipp og kostnader. Resultatene kan utnyttes videre til vurdering av virkemidler for å bidra til en ønsket utvikling i boligmassens fremtidige energiytelse³¹.

I en PhD utført parallelt med EPISCOPE-prosjekter er det blant annet utført en scenarioanalyse for fremtidig utvikling i den norske boligmassens energibruk i perioden 2016-2050. Simuleringene at framtidige besparelser er forventet i energibruken, selv om boligmassen vokser i størrelse. En stor del av energisparepotensialet i den eksisterende boligmassen har allerede blitt realisert ved standard rehabilitering i løpet av de siste tiårene. Mer avansert og/eller hyppig rehabilitering sammenliknet med nåværende praksis har et begrenset ytterligere sparepotensial. Omfattende bruk av lokal energi, ved bruk av varmpumpe og solceller, har et vesentlig høyere teknisk potensial for ytterligere framtidige reduksjoner i levert energi. Brukeratferd er imidlertid den faktoren med størst betydning for energibruken i boligmassen og er forventet å være svært viktig også i framtiden mot 2050. I framtiden, når betydelige forbedringer i energieffektiviteten og bruk av lokale energikilder er forventet i alle scenarier, kan en stor andel av de potensielle energibesparelsene bli utliknet av endringer i brukeratferd. Det kan derfor bli en betydelig såkalt rebound-effekt i systemet³². Figur 1 er hentet fra Holck Sandbergs PhD og viser betydning av ulike faktorer mht. energibruk i den norske boligmassen.

²⁹ Buildings Performance Institute Europe, 2011. *Europe's buildings under the microscope. A country-by-country review of the energy performance of buildings.*

³⁰ Skeie, Kristian et. al., 2014: *Energiplan i tre trinn for tre epoker Systematisk energioppgradering av småhus.* SINTEF Fag 25/20214. ISBN: 978-82-536-1402-1

³¹ <https://www.ntnu.no/web/episcopo/>

³² Holck Sandberg, Nina: 2016: *Dynamic modelling of national dwelling stocks - Understanding phenomena of historical observed energy demand and future estimated energy savings in the Norwegian dwelling stock.* PhD avlagt ved Norges naturvitenskaplige og tekniske universitet (NTNU) i Trondheim.

	Historical relative importance (1960-2015)	Future relative importance (2016-2050)
Energy-efficiency improvement through renovation and construction	High	Medium
Changing energy mix and heating system efficiencies (excluding HP)	High	Low
Use of local energy (HP and PV)	Low	High
Electric load	Medium	High
User behaviour	High	High

Figur 1: Betydningen av ulike faktorer mht. energibruk i boligmassen (kilde: Holck Sandberg, 2016)

4.6. Environmental and Economic Aspects of Energy Saving Measures in Houses

I en PhD fra 1995 ble det undersøkt miljø- og økonomiske effekter ved energisparing i boliger. Det ble vurdert tre ulike alternativer for etterisolering i yttervegg i en boligblokk oppført i 1960 årene (+ 60 mm isolasjon, + 100 mm isolasjon og + 150 mm isolasjon), sammenlignet med et basisscenario uten etterisolering. Alternativet med at 150 mm tilleggsisolering ga høyest energibesparelse over en levetid på 30 år. Mht. kostnader ble det konkludert med at etterisoleringen ikke var lønnsom gitt at tiltaket hadde en levetid på 30 år, energipris på 0,47 øre/kWh og en kalkulasjonsrente på 7 %³³.

5. Rapporter om kostnadsoptimale energikrav til bygninger

5.1. Kostnadsoptimalitet i Norge

Iht. EUs bygningsenergidirektiv skal EU-landene vurdere hva som er det kostnadsoptimale nivået mht. energikrav til nybygg og eksisterende bygninger. I Norge utarbeidet Munticonsult og SINTEF Byggforsk en rapport vedr. kostnader og energibesparelser for oppgradering av eneboliger, boligblokker og kontorbygg oppført etter byggteknisk forskrift 1969 (TEK69) og TEK 1985/87³⁴. Det ble gjort beregninger for oppgradering til TEK 10-nivå og Lavenergi-standard klasse 1, iht. NS3700 og NS3701. For eksisterende bygninger var det tiltak på bygningens klimaskjerm (yttervegg, vinduer, tak og gulv) som hadde høyest kostnad, etterfulgt av kostnader for varmesystemet. Ventilasjonskostnadene er lavest.

Når det gjelder energibesparelser og lønnsomhet var det store variasjoner mellom de ulike bygningstypene og tiltakene. Videre viste resultatene liten forskjell i kostnader mellom TEK-tiltak og Lavenergi-tiltak for eksisterende bygninger. Dette kan skyldes at når man først er i gang med et tiltak så koster det lite å isolere litt ekstra. Det er arbeidet med rigg, drift/arbeidskostnader, riving, stillas

³³ Myhre, Lars, 1995: *Some Environmental and Economic Aspects of Energy Saving Measures in Houses*. PhD avlagt ved Norges tekniske høgskole i Trondheim (NTH).

³⁴ Almås, Anders, et. al. 2012: *Kostnadsoptimalitet - Energiregler i TEK*. Rapport utført på oppdrag for Direktoratet for byggkvalitet. <https://dibk.no/globalassets/energi4/rapport-kostnadsoptimalitet.pdf>

etc. som koster. Tiltak på klimaskjermen kan gi god totaløkonomi i kombinasjon med allerede planlagte arbeider på klimaskjermen, til tross for høy total kostnad. Eksempelvis kan etterisolering av yttervegg gi svært god lønnsomhet dersom det uansett skal gjøres andre arbeider på ytterveggen (utskifting av kledning). Lønnsomhetsindikatoren kan også endres dersom flere tiltak, både på energisystem og tiltak på bygningens klimaskjerm, sees i sammenheng.

Boks 1 og 2 gir en oversikt over tiltakene med best lønnsomhetsindikator iht. denne rapporten.

Boks 1: Oppgradering av enebolig, boligblokk og kontorbygg oppført iht. TEK 69

Enebolig fra TEK 69 til TEK 10-/lavenerginivå (prioritert etter lønnsomhetsindikator):

- Installering av luft-luft varmepumpe og nye panelovner med termostat (fra elektriske panelovner).
- Oppgradering av eksisterende vannbårent anlegg med energibrønn og varmepumpe. Elektrisitet som spisslast (fra eksisterende oljefyrt vannbårent varmeanlegg).
- Etterisolering etasjeskiller mot loft med 20 cm isolasjon (fra tretak med 15 cm. isolasjon).
- Installering av vannbårent anlegg med energibrønn, energibrønner og varmepumpe. Elektrisitet som spisslast (fra elektriske panelovner).
- Etterisolering av yttervegg med 15 cm. isolasjon (fra bindingsverksvegg med 10 cm. isolasjon).
- Balansert ventilasjon med varmegjenvinning (fra mekanisk avtrekk og tilluft fra vindu eller ventil).

Boligblokk fra TEK 69 til TEK 10-/lavenerginivå (prioritert etter lønnsomhetsindikator):

- Oppgradering av eksisterende vannbårent anlegg med energibrønn og varmepumpe. Elektrisitet som spisslast (fra eksisterende vannbårent varmeanlegg med el-kjel eller oljekjel).
- Installering av vannbårent anlegg med energibrønn og varmepumpe. Elektrisitet som spisslast (fra elektriske panelovner).
- Balansert ventilasjon med varmegjenvinning (fra mekanisk avtrekk og tilluft fra vindu eller ventil).
- Etterisolering av tak med 20 cm. isolasjon (fra kompakttak med 10 cm. skumplastisolasjon).

Kontorbygg fra TEK 69 til TEK 10-/lavenerginivå (prioritert etter lønnsomhetsindikator):

- Oppgradering av eksisterende radiatoranlegg med energibrønn(er) og varmepumpe. Elektrisk spisslastkjel (fra eksisterende vannbårent varmeanlegg med radiatorer i alle rom).
- Installasjon av termostatstyrt vannbårent anlegg med energibrønn(er) og varmepumpe. Elektrisk spisslastkjel (fra eksisterende elektriske panelovner i alle kontorer og fellesarealer).
- Etterisolering av tak med 20 cm. isolasjon (fra kompakttak med 10 cm. skumplastisolasjon).

Boks 2: Oppgradering av enebolig, boligblokk og kontorbygg oppført iht. TEK 85/87

Enebolig fra TEK 85 til TEK 10-/lavenerginivå (prioritert etter lønnsomhetsindikator):

- Installering luft-luft varmepumpe og nye panelovner med termostat (fra elektriske panelovner).
- Oppgradering av eksisterende vannbårent anlegg med energibrønn og varmepumpe. Elektrisitet som spisslast (fra eksisterende oljefyrt vannbårent varmeanlegg).
- Installering av vannbårent anlegg med energibrønn, energibrønner og varmepumpe. Elektrisitet som spisslast (fra elektriske panelovner).
- Balansert ventilasjon med varmegjenvinning (fra mekanisk avtrekk og tilluft fra vindu eller ventil).
- Etterisolering etasjeskiller mot loft med 15 cm isolasjon (fra tretak med 20 cm. isolasjon).

Boligblokk fra TEK 85/87 til TEK 10-/lavenerginivå (prioritert etter lønnsomhetsindikator):

- Balansert ventilasjon med varmegjenvinning (fra mekanisk avtrekk og tilluft fra vindu eller ventil).
- Oppgradering av eksisterende vannbårent anlegg med energibrønn og varmepumpe. Elektrisitet som spisslast (fra eksisterende vannbårent varmeanlegg med el-kjel eller oljekjel).
- Installering av vannbårent anlegg med energibrønn og varmepumpe. Elektrisitet som spisslast (fra elektriske panelovner).

Kontorbygg fra TEK 85/87 til TEK 10-/lavenerginivå (prioritert etter lønnsomhetsindikator):

- Nytt balansert ventilasjonsanlegg med 80 % varmegjenvinning
- Oppgradering av eksisterende radiatoranlegg med energibrønn(er) og varmepumpe. Elektrisk spisslastkjel (fra eksisterende vannbårent varmeanlegg med radiatorer i alle rom).
- Installasjon av termostatstyrt vannbårent anlegg med energibrønn(er) og varmepumpe. Elektrisk spisslastkjel (fra eksisterende elektriske panelovner i alle kontorer og fellesarealer).

5.2. Kostnadsoptimalitet i andre land

I Danmark har Statens bygningsinstitutt gjort en vurdering mht. kostnadsoptimalitet av energikravene i byggereglene. For enkeltstående tiltak på eksisterende bygninger er kravene i byggereglene strengere enn det kostnadsoptimale nivået, med unntak av etterisolering mot loft i småhus med oppvarming basert på naturgass, og etterisolering mot betonggulv i større bygninger tilknyttet fjernvarme. Kravsnivået ved større rehabiliteringer ligger tett opp mot det kostnadsoptimale nivået. Dette skyldes at det danske regelverket åpner for bruk av en lønnsomhetsfaktor i slike tilfeller. Ved ytterligere skjerpelser vil kravsnivået bli mindre kostnadsoptimalt, selv om noe av denne endringen kan påvirkes av bedre og billigere vindusløsninger³⁵. Den danske rapporten vurderer ikke kostnadseffektivitet av enkeltstående tiltak på system for energiforsyning eller ventilasjon. I tillegg er det vanskelig å overføre

³⁵ Aggerholm, Søren, 2013: *Cost-optimal levels of minimum energy performance requirements in the Danish Building Regulations*. Rapport utført av Staten Bygningsinstitutt (SBI) på oppdrag for den danske Energistyrelsen.

vurderingene i rapporten til norske forhold, bl.a. fordi målepunktet for energikravene i de danske reglene er levert energi, med vektingsfaktorer for fjernvarme og elektrisitet, ikke netto energibehov³⁶.

I Sverige har Boverket og Statens Energimyndighet vurdert om energikravene i de svenske byggereglene er basert på kostnadsoptimale nivåer. For energiltak i eksisterende bygninger er kravene i bygningsreglene (2013) benyttet som referansenivå. Beregningene for småhus og boligblokker viser at det er vanskelig å oppnå lønnsomhet for energiltak som går utover dette referansenivået. Mht. etterisolering av tak viser beregningene at det vil være lønnsomt å isolere utover forskriftskravene. For energiltak i eksisterende yrkesbygg er det flere energiltak som viser lønnsomhet mht. isolering av tak, yttervegg, og lavere U-verdi for vinduer utover kravene i byggereglene (referansenivå). Dette gjelder særlig eldre kontorbygg (1950) med varmesystem basert på elektrisitet. Resultatene vil variere avhengig av hvilke kostnader, energipriser og kalkulasjonsrente som legges til grunn³⁷. Boverket vurderer ikke kostnadseffektivitet av enkeltstående tiltak på system for energiforsyning eller ventilasjon. Det legges til grunn at referansebygningene har et system for energiforsyning basert på enten elektrisitet eller fjernvarme. Dette har sammenheng med at kravene til energibehov i de svenske byggereglene er strengere for bygninger med elektrisk varmesystem³⁸.

Tilsvarende vurderinger av hva som er kostnadsoptimale energikrav til nye og eksisterende bygninger er utført i øvrige EU-land. En gjennomgang av resultatene fra EU-landene viser at det er store forskjeller mht. om kravsnivået i landene ligger på et kostnadsoptimalt nivå. For noen land er kravsnivået ved tiltak i eksisterende bygninger strengere enn det som er kostnadsoptimalt, mens for andre land vil skjerpelser av regelverket være nødvendig for at kravene skal være kostnadsoptimale. Resultatene er imidlertid ikke sammenlignbare, på grunn av varierende forutsetninger som er lagt til grunn for beregningene. Eksempler på viktige forutsetninger er referansenivået i de ulike landene (kravsnivå i byggereglene), bygningstekniske kvaliteter for referansebygningene, klimatiske forhold, bygge- og investeringskostnader, energipriser, kalkulasjonsrente, etc.³⁹. Den norske rapporten fra 2012 skiller seg fra rapporter fra andre land ved å vurdere konkret hvilke energiltak som er mest lønnsomme, i stedet for å vurdere hvorvidt kravene i byggereglene ligger på et kostnadsoptimalt nivå.

6. Enovas potensial- og barrierestudier

6.1. Boliger

Enovas potensial- og barrierestudien for boliger fra 2012 beskriver energieffektiviseringspotensialet i boligmassen og barrierer knyttet til norske boligers energiytelse. Det beregnes også hva som er et

³⁶ http://byggningsreglementet.dk/br15_01_id104/0/42

³⁷ Boverket, 2013: *Optimala kostnader för energieffektivisering*. Regjeringsoppdrag N2012/2823/E. Rapport 2013/02.

³⁸ http://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf

³⁹ Boermans, Thomas et. al., 2015: *Assessment of cost optimal calculations in the context of the EPBD (ENER/C3/2013-414)*. Prosjekt nummer: BUIDE13705. Rapport utført av Ecofys på oppdrag fra EU-kommisjonen.

økonomisk lønnsomt potensial for energieffektivisering i boliger⁴⁰. Ifølge rapporten er det ikke lønnsomt å oppgradere eldre boliger til TEK 10-nivå, gitt at energiprisene er lavere enn 1,4 kr/kWh og diskonteringsfaktoren over 4 %. Tiltakenes kostnad vil imidlertid reduseres dersom disse gjennomføres i forbindelse med andre relaterte rehabiliteringsarbeider. For eksempel vil investering i etterisolering av yttervegg være mer lønnsomt hvis tiltaket gjennomføres sammen med nødvendig skifte av panel, fordi arbeidet som kreves for å gjennomføre dette ofte er overlappende med energieffektiviseringen: rigging, verktøy, anskaffe arbeidskraft, etc. Selve energitiltaket kan i så fall sees på som en merkostnad, mens besparelsen blir den samme som om energitiltaket ble gjennomført alene. En beregning utført av Prognosesenteret viser at for eldre boliger er etterisolering med 5-10 cm isolasjon privatøkonomisk lønnsomt ved en slik merkostnadsbetraktning. Marginale vindusforbedringer og etterisolering av nyere boliger er ikke lønnsomme tiltak ved denne tilnærmingen heller. Installasjon av luft-til-luft-varmepumper er likevel en privatøkonomisk lønnsom investering for de fleste småhus og eneboliger.

6.2. Yrkesbygninger

Enovas potensial- og barrierestudie for yrkesbygninger beskriver energieffektiviseringspotensialet i norske yrkesbygg og barrierer knyttet til yrkesbygningers energiytelse. Det beregnes også hva som er et økonomisk lønnsomt potensial for energieffektivisering i yrkesbygninger, dvs. hvilke tiltak eller tiltakspakker som er økonomisk lønnsomme å gjennomføre. Det er gjort beregninger med ulike energipriser på henholdsvis 0,8 kr/kWh, 1,1 kr/kWh og 1,4 kr/kWh. Beregningene er utført med kalkylerente lik 7 %, men det er også gjort sensitivitetsanalyser knyttet til denne parameteren⁴¹.

Resultatene viser at det største energieffektiviseringspotensialet finnes i forretningsbygninger etterfulgt av kontorbygninger, lett industri/verksted og skolebygninger. Det største tekniske potensialet for energieffektivisering ligger i bygningsmessige tiltak, men det økonomiske potensialet for slike tiltak er sterkt redusert på grunn av høye investeringskostnader og nokså dårlig lønnsomhet. Mest lønnsomt er tiltak på ventilasjonsanlegg, fulgt av driftsmessige tiltak og bygningsmessige tiltak.

Hvilke enkelttiltak som er mest lønnsomme er vurdert i Enova-rapportens vedlegg D. Dette vil variere avhengig av bygningstype og når bygget er oppført/rehabilitert. Eksempelvis vil det være mer energi å spare ved bygningstekniske tiltak i eldre bygninger enn i nye. Som en grov generalisering kan man likevel vi at følgende tiltak i eksisterende yrkesbygg jevnt over ser ut til å gi relativt god lønnsomhet.

- Implementering av energioppfølgingsystem
- Installering av sentralt driftsanlegg (varme og ventilasjon)
- Installering av behovsstyrt ventilasjon
- Forbedret varmegjenvinning av ventilasjonsluften (forbedret varmegjenvinner)
- Nytt belysningsutstyr (særlig i eldre sykehjem og forretningsbygninger)

⁴⁰ Haarberg, Karl Johan et. al., 2012: *Potensial- og barrierestudie - Energieffektivisering av norske boliger*. Rapport utført av Prognosesenteret i samarbeid med Entelligens på oppdrag for Enova. Enova rapport 2012:01.01
https://www.enova.no/upload_images/9F05167A14754E189F3A9591B5D7F648.pdf

⁴¹ Bøhn, Trond Ivar et. al., 2012: *Potensial- og barrierestudie - Energieffektivisering i norske yrkesbygg*. Rapport utført av Multiconsult i samarbeid med Analyse og Strategi på oppdrag for Enova. Enova rapport 2012:01.02.

Videre kan installasjon av varmepumpe gi store energibesparelser og være et kostnadseffektivt tiltak. Installasjon av varmepumpe som enkelttiltak er mest lønnsomt når dette utføres som et substitutt til bygningsmessige og øvrige tekniske tiltak. Dette skyldes at investeringskostnaden vil være tilnærmet lik, mens potensialet for energibesparelser øker siden bygningens energibehov er det samme. Dette betyr ikke at det ikke vil være lønnsomt å gjennomføre andre tiltak sammen med installasjon av varmepumper i eksisterende forretningsbygninger. Som nevnt i kap. 4.1 kan det være en god strategi å sette sammen en tiltakspakke der både kostnadseffektive tiltak og dyrere tiltak tas i betraktning.

Tiltak som justering av temperaturkrav til oppvarming og kjøling, optimalisering av driftstid mht. belysning og ventilasjon (unngå unødvendig drift utenfor ordinær driftstid), og nattsenkning av innetemperatur er tiltak med liten kostnad men som kan gi gode energibesparelser. Hvor stor betydning denne typen tiltak har er vanskelig å generalisere men bør vurderes i det enkelte tilfelle.

Enovas potensial- og barrierestudie for yrkesbygg kartlegger også barrierer mot energieffektivisering innenfor kategoriene; økonomi, holdninger, kunnskap, praktiske og tekniske forhold. Barrierene knyttet til kunnskap og økonomi er trukket fram som de viktigste og er i og for seg overlappende da mange av kunnskapshullene er knyttet til det økonomiske grunnlaget for energieffektivisering. For eksempel er usikkerhet knyttet til om energieffektivisering faktisk er lønnsomt og utfordringer knyttet til økonomiske beregningsmetoder for å synliggjøre evt. lønnsomhet i energieffektiviseringsprosjekter en barriere. Denne er størst for offentlig byggeiere. Videre er mangel på kunnskap er trukket fram som en barriere, som påvirker vurderingene knyttet til om effektiviseringstiltak er lønnsomme. Det er manglende kompetanse i alle ledd; hos byggeiere, driftspersonell, arkitekter, rådgivere og brukere.

7. NVEs rapporter om energibruk

7.1. NVEs energibruksrapport

I Norges Vassdrags- og Energidirektorats (NVE) energibruksrapport fra 2014 pekes det på flere drivere for lavere energibruk i bygningsmassen i årene fremover. Utbredelsen av luft til luft varmepumper i husholdningene gir lavere energibruk, men fører også til at elektrisitetsbruken varierer mer med utetemperaturen, grunnet dårligere virkningsgrad ved lave temperaturer. Andre typer varmepumper, som bergvarmepumper og sjøvarmepumper, er ikke like avhengig av utetemperatur og vil redusere både elektrisitetsbruken og maksimal elektrisk effekt. Denne typen varmepumper er dyrere å kjøpe og installere, men gir høyere årlig energisparing har lengre levetid. Videre blir elektriske apparater og teknisk utstyr stadig mer energieffektive, samtidig som det blir flere og flere av dem i norske bygninger. Nye krav til bygninger gjør også at det brukes mer teknisk utstyr til ventilasjon, kjøling og drift av bygget. Anslagsvis 10 TWh av husholdningenes energibruk på 46 TWh går til drift av apparater. For næringsbygg antas det at kanskje så mye som 18 TWh av energibruken på 36 TWh går til drift av apparater og teknisk utstyr. Energieffektiv belysning gir også lavere elektrisitetsbruk og lavere effekt.

NVE anslår at dersom alle husholdninger i snitt skiftet ut fem glødepærer med fem LED-pærer ville det gitt en årlig besparelse på 200 GWh, og 400 GWh om alle husholdninger skiftet ut ti glødepærer⁴².

7.2. Formålsdelt energibruk i bygninger

THEMA Consulting har undersøkt trender og drivere for energibruk i kontorbygg på oppdrag fra NVE i 2012. Ifølge denne rapporten har drift av tekniske anlegg har mye å si for energibruken i kontorbygg. Dårlig drift og økt bruk av kjøling og ventilasjon er de viktigste driverne for økt energibruk i kontorbygg. Energiposter som er redusert og der nedgangen ventes å fortsette, er belysning og oppvarming. Dette skyldes strengere energikrav i byggteknisk forskrift, bedre teknologi og eventuelt mer behovsstyring⁴³.

I en rapport utført for NVE fra 2013 undersøkte Multiconsult, Analyse og Strategi og Entro formålsdelt energibruk på utvalgte typer forretningsbygg⁴⁴. For kjøpesentre var strøm til belysning den største posten, etterfulgt av energi til oppvarming, ventilasjon og kjøling. For matvarebutikker var den desidert største energiposten kjøl/frys sentralanlegg, etterfulgt av energibruk til belysning, pumper og teknisk utstyr. For andre enkeltstående butikker var de tre største energipostene belysning, utstyr (kassakontorer logistisk, utstyr for varemottak, informasjonsskjermer, etc.) samt energi til oppvarming ventilasjon. I eldre bygg som ikke er rehabilitert er energibruk til oppvarming den største energiposten. Belysningen anses som svært viktig for mange av butikkene. Flere er i gang med å innføre LED-lys, men det vil ta tid før hele sortimentet er skiftet ut. LED-lys fører også til at en del oppvarming forsvinner, som igjen kan føre til økt energibruk. Bruk av roterende varmegjenvinnere og bergvarmepumpe er energieffektive tiltak som kan redusere energibruk til oppvarming i stor grad. Når det gjelder drivere for redusert energibruk så var det enighet om at fokuset på driftsoptimalisering også vil være sentralt.

I en annen rapport utført for NVE fra 2014 undersøkte Multiconsult, Analyse og Strategi og Entro formålsdelt energibruk i undervisningsbygg (barnehage, skolebygg og universitets-/høgskolebygg)⁴⁵. For barnehager var oppvarming den største energiposten. De fleste barnehagene brukte elektriske panelovner og varmekabler til oppvarming. Flertallet av barnehagene hadde balansert ventilasjon. Også for skolebygninger var oppvarming den største energiposten. Energiforbruk til belysning utgjorde ca. 15 % av den totale energibruken. Ifølge rapporten har de fleste skolebygg energieffektive lyskilder. Det er vanlig å benytte sparepærer i eldre lysarmaturer. Oppvarming var også den største energiposten for universitets- og høgskolebygninger, men utgjorde en mindre del av totalen sammenlignet med øvrige undervisningsbygg. Den nest største energiposten var teknisk utstyr, herunder energibruk til serverparker/datahall og energiforbruk knyttet til datamaskiner. En fellesnevner for alle universitets- og høgskolebygg var et forholdsvis høyt energiforbruk om natten, noe som naturlig skyldes IT-driften.

⁴² Langseth, Benedicte et. al., 2014: *Energibruksrapporten 2013 – Fremtidens energibruk i bygninger*. Rapport nr. 11/2014. Norges Vassdrags- og Energidirektorat. ISBN: 78-82-410-0959-4. <https://www.nve.no/energibruk-og-effektivisering/energibruk-i-norge/>

⁴³ Fiksen, Kristine et. al. 2012: *Energibruk i kontorbygg – trender og drivere*. THEMA-Rapport 2012-28. Utført på oppdrag fra Norges Vassdrags- og Energidirektorat. ISBN: 978-82-93150-24-4

⁴⁴ Bøhn, Trond Ivar et. al., 2013: *Analyse av energibruk i forretningsbygg*. Rapport utarbeidet av Multiconsult på oppdrag for Norges vassdrags- og energidirektorat. NVE-rapport nr. 1/2014.

⁴⁵ Bøhn, Trond Ivar et. al., 2013: *Analyse av energibruk i undervisningsbygg*. Rapport utarbeidet av Multiconsult på oppdrag for Norges vassdrags- og energidirektorat. NVE-rapport nr. 75/2014.

8. Konsekvensutredninger – byggeteknisk forskrift

8.1. Relevans for eksisterende bygninger

Energireglene i Byggeteknisk forskrift har blitt endret tre ganger de siste 10 årene (2007, 2010 og 2015). Som en del av konsekvensutredningen før revisjon av reglene har Direktoratet for byggkvalitet fått utført utredninger av ulike tiltakspakker som danner grunnlag for nye kravene. Disse utredningene er ikke direkte relevante mht. eksisterende bygninger, men tiltakspakkene som legges til grunn for endrede krav sammenligner energibesparelser og kostnader med bygninger oppført etter de til enhver tids gjeldende forskriftskrav. Selv om kostnader for tiltak i eksisterende bygg er forskjellig fra kostnader ved oppføring av nybygg, gir utredningene en pekepinn på hvilke tiltak som gir størst energibesparelse.

8.2. TEK 07

I forkant av at energikravene i byggeteknisk forskrift ble endret i 2007 ble det utført flere vurderinger av energibesparelser og tilhørende kostnader av ulike tiltakspakker. SINTEF Byggforsks rapport «Nye energikrav. Tilleggsanalyser – 2» fra 2006⁴⁶ bygget videre på tilsvarende rapporter fra 2003 og 2005. Rapporten forholder seg til vurdering av én bestemt tiltakspakke. Lønnsomheten av enkelttiltak var også vurdert. Bedre ventilasjonsanlegg (varmegjenvinning fremfor mekanisk avtrekk) ga klart størst energibesparelse for både småhus og yrkesbygg, etterfulgt av mer energieffektive vinduer (fra U-verdi 1,6 W/m² til 1,1 W/m²) og reduksjon av U-verdi for yttervegg for småhus fra 0,22 W/m² til 0,16 W/m². Bedre ventilasjonsanlegg og temperaturreguleringsanlegg (nattsinking av innetemperatur) var tiltakene med kortest inntjeningstid både for boliger og yrkesbygg. Passive tiltak som bedre vinduer, og bedre isolasjon i vegg og tak hadde lengst inntjeningstid. Resultatene er ikke direkte overførbare mht. kostnader ved tiltak i eksisterende bygninger. Det ble heller ikke tatt høyde for at ulike energitiltak i bygninger oftest er gjensidig avhengige både mht. kostnader og energibesparelser. Dette gjelder også for tiltak i eksisterende bygninger. Investeringskostnader, energibesparelser og inntjeningstid var svært forskjellige for samme tiltak utført for småhus og kontorbygg. Det krevdes kun veldig små endringer i energibesparelser (herunder energikostnader) før inntjeningstiden ble svært forandret.

8.3. TEK 10

Prosjektet «Justering av energikrav i TEK» ble utført av SINTEF Byggforsk i 2008. Utredningen ble utført som et grunnlag for justeringer av energikravene i byggeteknisk forskrift, og da med spesielt fokus på energieffektive fasader og virkningsgrad for varmegjenvinnere⁴⁷. Beregninger viste at endret varmegjenvinningsgrad fra 70 % til 80 % som grunnlag for forskriftens energikrav til yrkesbygg kunne gi energibesparelser på mellom 17-28 kWh/m² avhengig av type yrkesbygg. Ifølge forfatterne ville en slik endring medføre en svært lønnsom investering også i de tilfellene der skjerpede krav medfører økte installasjons- og arealkostnader. Kostnadsvurderingene er ikke direkte overførbare mht. tiltak i

⁴⁶ Wigenstad, Tore, 2006: *Nye energikrav. Tilleggsanalyser – 2*. Rapport utført på oppdrag fra Statens bygningstekniske etat (Nå Direktoratet for byggkvalitet). SINTEF Byggforsk rapport SBF 51 A06008. ISBN: 82-14-03432-9

⁴⁷ Thyholt, Marit, et. al., 2008: *Justering av energikrav i TEK*. Rapport utført på oppdrag fra Statens bygningstekniske etat (Nå Direktoratet for byggkvalitet). SINTEF Byggforsk prosjektrapport 27-2008.

eksisterende bygninger, men det legges til grunn at tiltaket gir mulighet for store energibesparelser.

8.4. TEK 15

Konsekvensvurderingen av forslag til nye energiregler i byggt teknisk forskrift i 2015 ble utført av Multiconsult⁴⁸. Kostnadsanslag var basert på Multiconsult og SINTEFs kostnadsoptimalitetsstudie fra 2012 (kapittel 5.1), i tillegg til vurderinger basert på erfaringskostnader fra oppførte passivhus- og lavenergibygg. I rapportens vedlegg H finnes en rangering av ulike energitiltak etter privatøkonomisk og samfunnsøkonomiske netto nåverdi, samt samfunnsøkonomisk kostnad pr energibesparelse (kr/kWh), ved bruk av varmepumpe. For småhus, boligblokk og yrkesbygg var det bedre temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner og lavere SFP-faktor (1,5 kW/(m³S)) som var de mest kostnadseffektive tiltakene. Bedre varmegjenvinningsgrad fra 80 til 85 % ved en ventilasjonsmengde på 8 m³/(hm²) ga en reduksjon på 5 % av netto spesifikt energibehov. Av de bygningstekniske tiltakene kom lavere U-verdi for vindu (0,8 W/m²) best ut for småhus, mens bedre U-verdi for yttervegg (0, 16 W/m²) kom best ut for boligblokk og yrkesbygg. Behovsstyring av belysning for yrkesbygg ble også rangert som er relativt kostnadseffektivt tiltak. Redusert ventilasjonsmengde ned til 6 m³/(hm²), som er den minste tillatte ventilasjonsmengden iht. NS 3701⁴⁹, ga 10 % lavere energiramme for yrkesbygg.

Rapporten fra Multiconsult pekte på betydningen av å bruke lokale klimadata, for å få et mest mulig riktig bilde av beregnet energibehov, som lettere kan sammenlignes med virkelig bruk i driftsfasen. Det er stor forskjell på hvor lønnsomme energitiltakene vil være avhengig av lokalt klima. Bruk av lokale klimadata er like relevant ved vurdering av kostnadseffektive energitiltak i eksisterende bygninger.

9. Erfaringer fra eiendomsbransjen og EPC-prosjekter

9.1. EPC-kontrakter

EPC er en forkortelse for «Energy Performance Contracting» og er en modell for garantert, kostnadseffektiv og tallfestet reduksjon av energikostnader i bygninger. En EPC kontrakt består av et sett av energieffektiviseringstiltak, eksempelvis utskifting av varme- og kjøleanlegg, økt isolasjon, nytt belysningsopplegg, automatisk styring av temperatur og energibruk, osv. Et energitjenesteforetak garanterer en viss energireduksjon sett i forhold til energibruken ved oppstart og påtar seg ansvaret for gjennomføring av prosjektet, fra innledende tilstandsanalyser, lokalisering og detaljering av tiltak, kostnadsanalyser, installering, styring, gjennomføring, effektmåling, kontroll og godkjenning. Foretaket påtar seg risikoen for manglende måloppnåelse gjennom en langsiktig finansieringsgaranti som sikrer at kontraktfestede besparelser i energikostnader er oppnådd ved prosjektslutt. Dersom de kontraktfestede besparelsene ikke oppnås, må energitjenesteforetaket betale differansen til kunden.

⁴⁸ Almås, Anders, et. al., 2014: *Konsekvensvurdering av forslag til nye energiregler 2015*. Rapport utført på oppdrag fra Direktoratet for byggkvalitet. https://dibk.no/globalassets/aktuelle-horinger3/160215_nye-energikrav-til-bygg/konsekvensvurdering_energiregler.pdf

⁴⁹ Standard Norge, 2013: *NS 3701 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger - Yrkesbygninger*

Flere norske kommuner har inngått EPC-kontrakter og gjennomført energieffektiviseringstiltak med støtte fra Enova⁵⁰. En gjennomgang av gjennomførte tiltak i slike EPC-kontraktene, herunder kostnader og energieffekt vil kunne gi en god oversikt over hva som er de mest kostnadseffektive tiltakene. Enova jobber for tiden med å sammenstille en slik oversikt. Dette vil være et viktig bidrag mht. forbedring av faktagrunnlaget om kostnadseffektive energitiltak i bygningsmassen. Basert på samtaler med foretak som tilbyr EPC kontrakter kan det imidlertid synes som om følgende tiltak ofte har kort inntjenings tid:

- Implementering av energioppfølgingsystem
- Installering av sentralt driftsanlegg (varme og ventilasjon)
- Installering av behovsstyrt ventilasjon
- Forbedret varmegjenvinning av ventilasjonsluften
- Automatikk for styring av belysning (behovsstyring)
- Installasjon av varmepumpe

I enkelte tilfeller gjennomføres flere tiltak enn de som har kortest tilbakebetalingstid. I slike tilfeller vil de mest lønnsomme tiltakene bære kostnadene til mindre lønnsomme energitiltak, som etterisolering av yttervegg og utskifte av vinduer. Dette er samme metodikk som Total Concept Metoden (kap. 4.1).

Det synes som en svært høy andel av prosjekter som kartlegges med tanke på å inngå EPC-kontrakter blir tatt videre til gjennomføring/investering. Det realiseres større energibesparelser enn i tradisjonelle ENØK-prosjekter, og investeringsbeslutningene kommer raskere etter at kartlegging er gjennomført⁵¹.

SINTEF Byggforsk har utført en vurdering av bruk av EPC-kontrakter i boligselskaper. Fordelen med EPC-kontrakter er at de kan gjøre det lettere for beboere å vedta enkle effektiviseringstiltak. Eksempler viser at besparelsene utgjør mellom 10 % og 30 % av energibruken til varmtvann og oppvarming. Men studien viser også at EPC for boligselskaper kan ha visse utfordringer. Dette handler i første rekke om at effektivisering av tekniske anlegg som lys, varmtvann, romoppvarming og ventilasjon blir prioritert foran bygningsmessige tiltak fordi de har større lønnsomhet. Dette er positivt i tilfeller der boligmassen er i god stand, men det er risiko for at EPC-prosjekter kan stå i veien for større bygningsmessige tiltak der boligmassen er i dårlig stand. Bruk av EPC-kontrakter i boligprosjekter kan dermed medføre risiko for at det gjennomføres mindre omfattende energiprojekter i boligselskaper når boligmassen er moden for oppgradering og at framtidig høyambisiøs energirehabilitering blir mindre lønnsomt⁵². Ifølge SINTEF Byggforsk kunne bruk av EPC-kontrakter eksempelvis ha påvirket Myhrerenga-prosjektet, Norges første rehabilitering av boligblokker med passivhuskomponenter, i retning av en mindre ambisiøs energioppgradering. Studien peker videre på et tydelig styre, og god informasjon til styre og generalforsamling, som viktige forutsetninger for å få til gode energieffektiviseringstiltak i eksisterende boligmasse⁵³.

⁵⁰ <https://www.enova.no/innsikt/generelt/lonnsom-energieffektivisering-med-garantert-besparelse/475/971/>

⁵¹ Brekke, Tor, 2016: *Energjarbeidet i kommunene. Tradisjonell prosjektgjennomføring vs EPC*. Innlegg fra Enova på Enovakonferansen 2016.

⁵² Klinski, Michael, 2015: *Energisparekontrakter ved oppgradering av boligblokker Hva kunne vært oppnådd i Myhrerengaprojektet – casestudie*. SINTEF Fag 15/2015. SBN 978–82–536–1446–5.

<https://www.sintefbok.no/Product.aspx?sectionId=0&productId=1049&categoryId=14>

⁵³ Hauge, Åshild Lappegard, et. al., 2014: *Vurdering av EPC/energisparekontrakter i boligselskaper*. SINTEF Fag 17/2014. ISBN

9.2. Erfaringer fra Eiendomsbransjen

Erfaringene fra EPC-aktørene bekreftes langt på vei av større eiendomsaktører som vi har vært i kontakt med. Vi har fått tilgang til enkelte interne notater som estimerer energieffekt og inntjeningsstid for ulike tiltak, under forutsetning av at dette behandles konfidensielt. I tillegg til tiltakene nevnt i kulepunktene ovenfor synes utskifting til energieffektive vifter i eksisterende ventilasjonsanlegg (lavere SFP-faktor), bedre innregulering av varme- og kjøleanlegg, innstilling av driftstider i ventilasjonsanlegg basert på når bygningen er i bruk og utskifte av termostatventiler, kjeler og teknisk utstyr blant tiltakene som nevnes hyppigst mht. kostnadseffektivitet. Kalkulasjon av internrente brukes gjerne for prioritering av tiltak. Andre faktorer som energisparepotensial kan også være relevant for vurderingen, slik at tiltak som samlet gir store besparelser i bygningene kan gjennomføres samtidig.

Grønn Byggallianse har utgitt en veileder for å gi byggherrer en kort innføring i energimerkeordningen og en formening om hvilke tiltak som skal til for å gå fra energimerke C, til et bedre energimerke; B eller A, for ulike bygningstyper. Veilederen gir ikke en vurdering av hva som kan være de mest kostnadseffektive tiltakene, men det gjøres en enkel overordnet vurdering av hvilke energitiltak som kan gi store energibesparelser i kontorbygg. Blant tiltakene som kan gi store energibesparelser nevnes effektiv varmegjenvinner på ventilasjonsanlegget, behovsregulering av ventilasjonsluftmengder og effektive og automatiserte belysningssystemer. Solskjerming gir redusert energibehov til kjøling og økt energibehov til oppvarming for alle bygningstyper, som følge av redusert energitilskudd fra solen⁵⁴.

Løsninger for solskjerming kan også benyttes til å isolere, men bør da reguleres for å optimalisere mht. dagslys, termisk komfort, passiv solenergiutnyttelse og nattisolasjon. Slike løsninger kan være kostnadseffektive i nyere bygg der vinduskifte ennå ikke er aktuelt, og et godt energitiltak for verneverdige bygg der det kan være begrensede muligheter til å endre på vinduene. De mest isolerende løsningene er gjerne lystette, der solskjermingen dekker karmens varmetap og ikke gir luftstrøm inn til rommet fra spalten mellom vindu og solskjerming. Energisparingen ved bruk av slike løsninger er avhengig av utgangspunktet. Reduksjonen i U-verdi er størst ved dårlige vinduer, men kan ved riktig utforming ha en varmeisolerende effekt selv på vinduer med U-verdi på 1,2 W/m²K. En godt isolert solskjermingsløsning kan ha potensiale til mer enn å halvere varmetapet for eldre vinduer^{55,56}.

Grønn Byggallianse har utgitt en rapport med beregningseksempler for oppføring av nye bygninger

978-82-536-1382-6 <https://www.sintefbok.no/Product.aspx?sectionId=6&productId=982&categoryId=13>

⁵⁴ Førland-Larsen, Arne et. al., 2011: *Fra A til C – En veileder for byggherrer med energiambisjoner*. Grønn Byggallianse Rapport 01/11.

http://byggalliansen.no/Veileder_C-til-A_skjerm.pdf

⁵⁵ Bryn, Ida, et. al., VEILEDER «GLASS I FASADER – SOLSKJERMING» Utgitt av: Erichsen & Horgen AS og Glass og Fasadeforeningen. Utgivelsen er støttet av ENOVA og Forskningsrådet.

⁵⁶ Karlsen, Line Røseth, 2016: *Design methodology and criteria for daylight and thermal comfort in nearly-zero energy office buildings in Nordic climate*. Dr. gradsoppgave avlagt ved Aalborg Universitet.

eller rehabilitering av eksisterende bygningsmasse til såkalte nullutslippsbygg⁵⁷. Utgangspunktet er at utbygger skal kunne velge løsninger som gir lavest mulig klimagassutslipp til lavest mulig kostnad ved nybygging og rehabilitering av yrkesbygg. I rapporten vurderes løsninger ved rehabilitering av et kontorbygg fra 1930 på 3 etasjer. Ved ekstra takisolasjon til passivhusnivå, nye vinduer og tiltak på tekniske anlegg kan energibehovet reduseres med ca. 60 prosent, hvorav 42 prosent av reduksjonen skyldes tiltak på bygningskroppen og 18 prosent skyldes tiltak på tekniske anlegg. Tilsvarende er det vurdert løsninger for rehabilitering av et kontorbygg fra 1990-tallet, bygget etter teknisk forskrift fra 1987. I dette tilfellet fører etterisolering av taket til passivhusnybygg, installasjon av nye vinduer, gjennomføring av tetttiltak og utskiftning av tekniske anlegg til at energibruken reduseres med ca. 60 %, hvorav 17-18 prosent av reduksjonen tiltak på bygningskroppen og 43-44 prosent tiltak på tekniske anlegg. Etterisolering av yttervegg gir ytterligere energibesparelser, men etterisolering utover forskriftskrav har liten betydning for energiregnskapet sammenlignet med andre tiltak og er et lite kostnadseffektivt tiltak ved rehabiliteringsprosjekter. Dersom etterisolering av en fasade skal kunne forsvares i et kost-/nytteperspektiv må det oppnås andre forbedringer enn økt isolasjon. Ved å bruke varmepumpe til oppvarming og kjøling, vil energibruk knyttet til termisk forbruk ha mindre betydning.

Videre arrangerer Grønn Byggallianse årlig kampanjen Fang Energyven. Hensikten er å avdekke tiltak som gir energibesparelser i bygningsmassen, og som krever liten eller ingen investering. Som et ledd i kampanjen i 2016 ble det anslått de fleste tiltakene som enkelt kunne gjennomføres handlet om bedre styring av lys- og ventilasjonsanleggene. Ca. 60 prosent av besparelsene lå hos felleskostnadene og de resterende på leietakerne. Kampanjen avdekket følgende mht. unødvendig energibruk i bygningene:

- Etasjer i kontorbygg der lyset sto på
- Sirkulasjonspumper som gikk til ingen nytte
- PC, kaffemaskiner mm. sto på
- Belysning i trapperom, toaletter og andre birom sto på
- TV skjermer i butikklokaler om sendte reklame i lokaler hvor ingen kunne se inn
- Reklameskilt som lyste, men ingen kunne se
- Belysning i butikklokaler inn mot senteret hvor ingen var til stede

9.3. Erfaringer fra Boligenergi AS

Vi har fått tilgang til ENØK-analyser utført av Boligenergi AS. Selskapet er en energientreprenør av kostnadseffektive energiløsninger i nye og eksisterende boligbygninger⁵⁸. ENØK-analysene viser stor variasjon mellom hva som er lønnsomme energieffektiviseringstiltak i eksisterende boligbygninger. Dette kan avhenge av dagens tilstand for boligbygningen, eksisterende varmesystem, muligheter for å forbedre varmegjenvinningen av ventilasjonsluft (installasjon av roterende varmegjenvinner, etc. De energieffektiviseringstiltakene som oftest finnes lønnsomme i et utvalg på 18 ENØK-analyser er:

- Isolering av rørkomponenter.
- Installasjon av varmepumpe.

⁵⁷ Førland-Larsen, Arne et. al., 2013: *Nullutslippsbygg – er det mulig*. Grønn Byggallianse Rapport 01/13. <http://www.byggalliansen.no/wp-content/uploads/2013/10/Nullutslippsbygg-Veileder-fra-Grønn-Byggallianse.pdf>

⁵⁸ www.boligenergi.no

- Implementering av energioppfølgingssystem (konsulentstyrt).
- Ny shuntautomatikk som gir mulighet for sentral styring av innetemperatur (nattsinking).

Eksempler på andre tiltak som ofte viser god lønnsomhet i ENØK-analysene kan være utarbeidelse av drifts- og vedlikeholdsinstruks, installasjon av individuell måling mht. romoppvarming eller tappevann, utbytte av lysarmaturer og lysstyring, utbytte av termostatventiler og opprensing av varmeanlegget, forbedret regulering av vannbårne varmeanlegg (mengderegulering).

For flere av tiltakene som er nevnt er det beregnet en svært lav inntjeningstid, gjerne mellom ett til ti år, i ENØK-analysene fra Boligenergi. Inntjeningstiden for tiltakene varierer fra prosjekt til prosjekt.

10. Verktøy og energikalkulatorer

Det finnes en rekke nettbaserte verktøy og energikalkulator som estimerer energibesparelser av tiltak i eksisterende bygninger. NVE og Enova drifter en nettbasert energikalkulator, som kan brukes ved energimerking av boliger⁵⁹. Kalkulatoren gjør det mulig for en forbruker å selv beregne energimerket til en bolig. I Danmark har Videncenteret for Energibesparelser i bygninger lansert et noe mer avansert nettbasert verktøy som også beregner energibesparelser ved forskjellige tiltak i boliger⁶⁰. Denne kalkulatoren beregner også kostnadsbesparelser som følge av energieffektiviseringstiltakene, men kan gir ingen informasjon om kostnader ved ulike tiltak, og da heller ikke tiltakenes kostnadseffektivitet.

Lavenergiprogrammet har laget et nettbasert verktøy som gir informasjon om hvilke energitiltak som bør gjøres samtidig med vedlikeholdsoppdrag. Målgruppen for verktøyet er håndverkere som trenger eksempler, regnestykker og salgsargumenter overfor huseiere som skal i gang med oppussing⁶¹. Verktøyet gir informasjon om energibesparelser og kostnader som kan forventes ved ulike tiltak. Energieffekt av tiltakene er beregnet i beregningsverktøyet SIMIEN eller evt. erfaringstall fra Erichsen&Horgen. Dersom forutsetningene for beregningene endres vil energibesparelsene også påvirkes. Tiltakskostnader er hentet fra Holte database, som skal ha over 35.000 oppdaterte priser for nybygg og rehabilitering, 2000 ferdige bygningselementer, over 10 000 enhetstider og priser, samt materialforbruk og priser for underentreprenører. I tillegg har databasen en størrelsesfaktor slik at tiltakets faktiske størrelsesorden tas i betraktning. Lavenergiprogrammets verktøy kan være egnet til å eksemplifisere hva som kan være lønnsomme energitiltak ved vedlikehold av boliger. For å få et godt overslag over hvilke energitiltak som er mest kostnadseffektive ved oppussing eller vedlikehold av en bestemt bolig må det gjøres beregninger som gjelder det spesifikke prosjektet som skal gjennomføres.

I forbindelse med FoU-prosjektet Total Concept Method (se kap. 4.1) er det utviklet et eget finansielt verktøy for å kunne vurdere lønnsomme og ambisiøse energitiltak i yrkesbygninger. For å komme fram

⁵⁹ <https://kalk.energimerking.no/FELLES/INNLEDNINGKALK.ASPX>

⁶⁰ <http://www.spareenergi.be10.sbi.dk>

⁶¹ <http://lavenergiprogrammet.no/opplaering/#smart-oppussing>

til en riktig tiltakspakke blir både kostnadseffektive tiltak («lavhengende frukter») og dyrere tiltak tatt i betraktning. Verktøyet kan lastes ned her: <http://totalconcept.info/method/guidelines-tools/>

11. Diskusjon

11.1. Hovedtrekk i litteraturen

Generelt kan det synes som det er utført relativt få studier mht. hvilke energitiltak som er de mest kostnadseffektive for eksisterende bygninger. Det er store variasjoner avhengig av bygningstype og byggeår. Flere bygninger er dessuten rehabilitert en eller flere ganger siden de først ble oppført, noe som påvirker vurderingen av hvilke tiltak som er mest kostnadseffektive for å redusere energibruken.

11.2. Hovedtrekk i litteraturen - boliger

For boliger er litteraturen relativt entydig på at det er vanskelig å få lønnsomhet i tiltak på klimaskjerm for å redusere energibruken, (yttervegg, vinduer og gulv). Unntaket kan være etterisolering mot tak/loft som pekes på som et mer lønnsomt tiltak i flere rapporter. Tiltakskostnadene vil imidlertid reduseres dersom energitiltak på boligens klimaskjerm gjennomføres i forbindelse med andre relaterte rehabiliteringsarbeider. Dette kan skyldes at når man først er i gang med et tiltak så koster det lite å isolere litt ekstra. Tiltak på klimaskjermen kan da gi god totaløkonomi i kombinasjon med allerede planlagte arbeider, til tross for høy kostnad. Eksempelvis kan etterisolering av yttervegg være lønnsomt, dersom det uansett skal gjøres andre arbeider på ytterveggen (utskifting av kledning).

Når det gjelder tekniske tiltak er installasjon av luft-luft varmepumpe et tiltak som kan gi relativt store energibesparelser til lav investeringskostnad i eksisterende boliger. Oppgradering av eksisterende vannbårent anlegg fra oljekjel til varmepumpe (energibrønn) kan også være lønnsomt, men investeringen må sees over en lengre periode. Det samme gjelder bedre varmegjenvinning av ventilasjonsluften (balansert ventilasjon med varmegjenvinning) der forholdene ligger til rette for det. Brukeratferd er imidlertid fortsatt den faktoren med størst betydning for energibruken i boligmassen.

ENØK-analyser som er utarbeidet viser at flere tekniske energieffektiviseringstiltak i boliger kan gi god lønnsomhet. Flere av disse tiltakene er lite omtalt i annen litteratur vi har gjennomgått. Eksempler på slike tiltak som ofte trekkes frem som særlig lønnsomme er isolering av rørkomponenter, implementering av energioppfølgingsystem og installasjon av ny shuntautomatikk som gir mulighet for sentral styring av innetemperatur (nattsinking). Det kan også tenkes at forbedring av eksisterende tekniske anlegg, gjerne der boligeier også har et behov for vedlikehold eller utskifting, vil være mer lønnsomt enn de tiltakene litteraturen trekker frem, som for eksempel nyinvestering i luft-til-luft varmepumpe. Utarbeidelse av drifts- og vedlikeholdsinstruks, installasjon av individuell måling mht. romoppvarming eller tappevann er andre eksempler på tiltak som kan ha kort tilbakebetalingstid.

Tiltak på boligens klimaskall kommer generelt dårlig ut mht. lønnsomhet i ENØK-analysene. Hvilke tiltak som er mest lønnsomme vil likevel variere avhengig av hvilken boligbygning som skal vurderes.

Det kan for eksempel være stor forskjell på hvilke energieffektiviseringstiltak som er mest lønnsomme i en nyere firemannsbolig med elektrisk oppvarming supplert med en vedovn, og effektiviseringstiltak i et større borettslag med felles vannbåren oppvarming basert på oljekjel og med eldre radiatorer.

11.3. Hovedtrekk i litteraturen - yrkesbygninger

For yrkesbygninger er bildet mht. hvilke tiltak som er mest kostnadseffektive også sammensatt. Dette skyldes at variasjonen mellom ulike typer yrkesbygninger er stor, og det kan være stor forskjell på hvilke energiposter som er de største for de forskjellige bygningskategoriene. For eksempel viser NVEs rapporter om formålsdelt energibruk i ulike typer bygninger at drift av tekniske anlegg har stor betydning for kontorbygg, mens belysning er en viktigere energipost i enkelte typer forretningsbygg.

Det kan imidlertid synes som om tekniske tiltak i yrkesbygninger som regel er det som gir de største energibesparelsene per krone investert. Særlig effektivt vil det kunne være å foreta forbedringer og oppgraderinger av eksisterende tekniske anlegg og bygningskomponenter i yrkesbygninger der det må forventes et fremtidig vedlikeholdsbehov. Blant kostnadseffektive tiltak som går igjen i litteraturen er:

- Implementering av energioppfølgingssystem.
- Installering av sentralt driftsanlegg (varme og ventilasjon).
- Installering av behovsstyrt ventilasjon.
- Forbedret varmegjenvinning av ventilasjonsluften (roterende varmegjenvinner).
- Nytt belysningsutstyr.
- Automatikk for styring av belysning (behovsstyring).
- Installasjon av varmepumpe.
- Bedre innregulering av varmesystemet og utbytte av termostatventiler
- Utskifting til energieffektive vifter i ventilasjonsanlegg (lavere SFP-faktor)

Erfaringene fra litteraturen bekreftes av aktører innen eiendomsforvaltning og EPC-markedet som vi har vært i kontakt med. Justering av temperaturkrav til oppvarming og kjøling, optimalisering av driftstid mht. belysning og ventilasjon som er bedre tilpasset til når bygningen faktisk er i bruk, og nattsinking av innetemperatur er andre tiltak med lave kostnader, som kan gi gode energibesparelser.

For å få til energiambisiøse rehabiliteringer av yrkesbygg må flere energieffektiviseringstiltak utføres samtidig. Det kan også være lønnsomt å gjennomføre flere tiltak, utover en vurdering av hvert enkelt tiltaks lønnsomhet. For å synliggjøre dette er det utviklet en metode et finansielt verktøy som skal bidra til at riktig tiltakspakke mht. energieffektivisering velges ved rehabiliteringsprosjekter (kap. 4.1). Hva som inkluderes i tiltakspakken, bestemmes av beregnet internrente sammenlignet med investorenes krav til internrente. De mest lønnsomme tiltakene vil bære de minst lønnsomme tiltakene når hele tiltakspakken vurderes, innenfor det kravet til internrente som er fastsatt i hvert enkelt tilfelle.

I tilfeller vil det kunne være tiltak som gir energibesparelser, og som krever liten eller ingen investering. Dette handler gjerne om god drift av yrkesbygningen. Eksempler på slike tiltak er nevnt i kapittel 9.2.

11.4. Styrker og svakheter ved litteraturen

Studier og rapporter vi har gjennomgått i denne litteraturstudien har ulike tilnærminger mht. å undersøke hvilke tiltak som er de mest kostnadseffektive. Flere rapporter beregner energibruken i definerte modellbygninger og simulerer effekt og kostnader ved gjennomføring av ulike energitiltak. Modellbygningene skal være definert slik at disse er representative for flest mulige bygninger innen samme bygningskategori. En slik tilnærming gir imidlertid ikke mulighet til å følge opp kostnader og resultatet som følge av tiltakene i etterkant. En slik metodikk tar heller ikke høyde for individuelle særegenheter ved bygningene. Vi har heller ikke funnet rapporter som ser på hvordan ulik geografisk beliggenhet evt. påvirker hvilke tiltak som er mest kostnadseffektive mht. å redusere energibruken. Det er imidlertid naturlig å se for seg at effekten av å for eksempel installere luft-luft varmepumpe i boliger vil avta i et kaldt klima. Detaljeringsgraden for tiltakene som vurderes i litteraturen vi har gjennomgått varierer fra det helt overordnede til å anviser oppbygning av løsningene som er spesifisert.

Når det gjelder ENØK-tiltak i boliger er det en svakhet ved studier som simulerer energibruken med beregningsprogrammer iht. NS 3031 at en del av de energitiltakene som ofte kommer godt ut i ENØK-analyser, ikke fanges opp. Eksempler på dette er isolering av rørkomponenter, individuell måling av energi og innregulering av tekniske anlegg. Studier som beregner effekt av ulike tiltak iht. NS 3031 vil heller ikke fange opp effekter av tiltak som implementering av energioppfølgingsystem, bedre drift og vedlikehold, etc. Men, dette er tiltak som kan gi god lønnsomhet i ENØK-analyser som er utført for konkrete boligbygninger. Erfaringer fra byggherrer og eiendomsforvaltere viser også at bedre og bevisst drift av yrkesbygninger kan gi gode energibesparelser til lave eller ingen investeringskostnader.

Det finnes få relevante generelle studier som vurderer energibesparelser og kostnader i sammenheng. Unntaket er DiBKs rapport fra 2012 som vurderer kostnadsoptimale energieffektiviseringstiltak i nye og eksisterende bygninger og Enovas potensial- og barrierestudier fra samme år. Dette er omfattende og grundige mht. vurdering av kostnader og besparelser av ulike energieffektiviseringstiltak. Enova studien inneholder også en grundig kartlegging og karakterisering av eksisterende bygningsmasse, analyse av ulike barrierer for energieffektivisering. Rapportene fra DiBK og Enova gir informasjon om situasjonen i 2011. Kostnader ved ulike tiltak vil imidlertid endres over tid, og er blant annet avhengig av utbredelse i markedet, produktutvikling, etc. Kostnader som brukes i generelle studier er som regel hentet fra Holte databasen, som oppdateres i takt med utviklingen. Vi har ikke funnet generelle studier som vurderer om kostnadene ved ulike tiltak har endret seg fra 2011. Enovas potensial og barrierestudier tas heller ikke høyde for at det foregår indirekte energieffektiviseringstiltak gjennom ordinær rehabilitering av bygninger. Den økonomiske modellen synes bygget opp utfra at resulterende energieffektivisering er den eneste økonomiske effekten som skal betjene investeringskostnadene i tiltakene. Det er også noe uklart hvilke konkrete tiltak som har positiv nåverdi for ulike typer bygninger.

Når det gjelder studier eller ENØK-analyser som vurderer energibesparelser og kostnader ved gjennomføring av tiltak i spesifikke yrkesbygninger kan ikke dette uten videre generaliseres. Men, det kan være forholdsvis godt samsvar mellom tiltak som vurderes som kostnadseffektive i individuelle case, mere generelle studier og erfaringer fra EPC-markedet. Flesteparten av rapportene vi har vurdert ser på effekten av tiltakspakker fremfor individuelle tiltak. Tanken er at de mest lønnsomme tiltakene

skal bære de mindre lønnsomme tiltakene. For en byggherre eller eiendomsforvalter kan det likevel være vel så relevant å vurdere hvilke tiltak som gir høyest nåverdi, og ikke gjennomføre øvrige tiltak som bidrar til å redusere lønnsomheten.

Flesteparten av rapportene som vurderer effekt av energitiltak tar utgangspunkt i boliger (småhus og boligblokk), kontorbygninger og undervisningsbygninger. Bygningstyper som forretningsbygninger, industribygninger og verksteder, idrettsbygninger, osv. kan ha svært forskjellig profil mht. energibruk sammenlignet med slike bygninger. Konklusjoner fra rapporter med utgangspunkt i kontorbygninger eller undervisningsbygninger vil ikke uten videre har overførbarhet til øvrige yrkesbygg mht. hvilke energitiltak som er de mest kostnadseffektive, da dette varierer med hvilke energiposter som er størst.

For boliger er det en gjennomgående konklusjon at bygningstekniske tiltak på klimaskallet, ikke er lønnsomhet med mindre de gjennomføres i forbindelse med andre relaterte rehabiliteringsarbeider. Det er likevel få studier som dokumenterer lønnsomhet ved en slik merkostnadstilnærming, med unntak av noen få beregninger i Enovas potensial- og barrierestudie. Det er uansett nærliggende å tenke seg at boligeier kan ha et annet syn på lønnsomheten ved enkelte tiltak. Man kunne tenke seg at en boligeier velger å skifte ut gamle vinduer før vinduenes endte funksjonsmessige levetid, ettersom investeringen uansett vil måtte bli tatt i nær fremtid, og at den tas fordi økt komfort og energisparing veier opp som tilstrekkelig fordel for kostnaden. Det er også mulig å tenke seg en tilnærming der en boligeier velger å gjennomføre bygningstekniske tiltak tidligere enn nødvendig fordi investeringen uansett må tas i nær fremtid og ved å fremskynde investeringen får boligeier med seg energibesparelser i flere år. Dette er særlig aktuelt dersom boligeiers investeringshorisont samsvarer med tiltakets tekniske levetid. Ett eksempel på en slik situasjon kan være der en boligeier uansett må rehabilitere i nær fremtid, men likevel ser for seg å flytte før det er naturlig å rehabilitere på nytt.

I forbindelse med at EU-landene skal foreta en vurdering av om kravsnivået for bygningers energibehov er fastsatt på et kostnadsoptimalt nivå ved nybygg og rehabiliteringer kunne man tenke seg at det var mulig å hente erfaringer fra andre land mht. kostnadseffektive energitiltak i eksisterende bygninger. Men, dette har vist seg vanskelig da de ulike lands byggeregler har ulike tilnærming til hvordan kravene fastsettes. Det er også ulik byggeskikk, klimatiske forhold og tradisjon for energiforsyning i ulike land.

12. Forslag til videre arbeid

12.1. Forslag til videre arbeid for å forbedre faktagrunnlaget

For å forbedre faktagrunnlaget om kostnadseffektive energitiltak i bygningsmassen foreslår vi at det gjennomføres et hovedprosjekt i form av en potensialstudie som definerer hvilke konkrete energitiltak som er de mest lønnsomme mht. å oppfylle Stortingets målsetning om 10 TWh redusert energibruk i eksisterende bygninger. En slik studie bør også beregne sammenlagt effekt på nasjonal energibruk ved gjennomføring av de mest kostnadseffektive tiltakene. Ulike bygningstyper kan ha forskjellig profil mht. energibruk og hvilke tiltak som er mest kostnadseffektive kan variere mellom bygningstypene. Potensialstudien kan ta utgangspunkt bygningskategorier som boliger, forretningsbygg, kontorbygg og

undervisningsbygg, slik at det kan bygges videre på NVEs rapporter om formålsdelt energibruk. Det bør imidlertid vurderes om forretningsbygg skal brytes ned på flere underkategorier enn kjøpesentre, matvarebutikker og enkeltstående butikker, jf. NVEs rapport om forretningsbygninger. I tillegg til konkrete data fra energirådgivningsfirmaer kan en slik potensialstudie bygge videre på blant annet:

- Sammenstilte resultater fra gjennomførte EPC-prosjekter med støtte fra ENOVA, samt andre prosjekter i privat og kommunal sektor der energiambisiøs rehabilitering har blitt gjennomført. Det bør undersøkes om resultater for energibesparelsene, kostnader, internrente og inntjeningsstid stemmer overens med analysene som ble utført for byggherre/boligeier i forkant av prosjektet.
- Sammenstilling av interne kartlegginger av energiltak, kostnader og inntjeningsstid hos de største eiendomsselskapene i Norge. Slike kartlegginger er gjerne bedriftsintern informasjon. Det er viktig at det er tilstrekkelig antall eiendomsselskaper som deltar slik at resultatene kan anonymiseres.
- Sammenstilling av informasjon mht. for hvilke tekniske anlegg og installasjoner det har skjedd vesentlig teknisk utvikling de siste 10-15 årene. Dette er nødvendig for å kunne anslå potensialet for energibesparelser. Hvis det er utviklet mer energieffektivt utstyr, belysning, etc. enn det som er standard i eksisterende bygg, vil det også være god lønnsomhet ved å utføre forsert vedlikehold.
- Utførte ENØK-analyser av yrkesbygninger og boliger.

Et annet prosjekt for å forbedre faktagrunnlaget om kostnadseffektive energiltak i bygg kan være:

- Utføre en konkret lønnsomhetsvurdering av å gjennomføre tiltak på klimaskallet i boliger og yrkesbygg, utfra en merkostnadsbetraktning, dvs. at disse tiltakene gjennomføres i forbindelse med at andre relaterte rehabiliteringsarbeider likevel utføres (for eksempel omkledning, tekking).

Enovas potensial og barrierestudier og DiBKs rapport om kostnadsoptimale energiltak ble publisert i 2012. Kostnader ved ulike energiltakene endres over tid og det bør vurderes om slike grundige rapporter bør revideres med jevne mellomrom for å synliggjøre denne utviklingen. Det bør inkluderes flere bygningskategorier enn småhus, boligblokk og kontorbygninger, fordi andre bygningskategorier som forretningsbygninger, undervisningsbygninger og idrettsbygninger kan ha ulike energiprofil. Hva som er riktig intervall for revisjon av slike rapporter må vurderes, men vi antar at de i det minste bør oppdateres hvert 10ende år for å være relevante. DiBK bør i en slik forbindelse også undersøke om energikrav i byggt teknisk forskrift er fastsatt på et kostnadsoptimalt nivå, i tråd med EPBD-direktivet.

12.2. Forslag til videre arbeid for å utløse kostnadseffektive energiltak i bygg

I takt med at faktagrunnlaget forbedres bør det også gjennomføres prosjekter som bidrar til å at de mest kostnadseffektive energiltak gjennomføres. Vi anbefaler at følgende prosjekter iverksettes:

- Målrettet informasjon mot eiendomsselskap, sameier/borettslag og boligeiere om hvilke energiltak som kan være kostnadseffektive mht. å redusere energibruken i yrkesbygg og boliger. Det kan eksempelvis vurderes å utarbeide en informasjonspakke/-kampanje tilpasset forretningsførere, som er en viktig inngang til styre i sameier og borettslag. Et viktig poeng er at lønnsomheten ved energiltak ofte er god der det uansett skal gjøres vedlikehold på bygningsdeler eller tekniske anlegg. Dette kan være en oppfølging av potensialstudien som foreslått i kap. 12.1.
- Implementering av Total Concept metodikken hos de største eiendomsselskapene i Norge.

- De mest kostnadseffektive tiltakene mht. energieffektivisering i eksisterende yrkesbygninger synes å være knyttet til tekniske installasjoner eller bedre drift av bygningene. Dette tilsier at tekniske entreprenører og driftsoperatører kan være viktige yrkesgrupper mht. kompetansehevingstiltak.

13. Konklusjoner

Det kan synes som det er utført relativt få dyptgående vurderinger av hvilke energitiltak som er de mest kostnadseffektive for eksisterende bygg. Det er store variasjoner avhengig av bygningstype og byggeår. Flere bygninger er dessuten rehabilitert en eller flere ganger siden de først ble oppført, noe som påvirker vurderingen av hvilke tiltak som er mest kostnadseffektive for å redusere energibruken.

For boliger er litteraturen relativt entydig på at det er vanskelig å få lønnsomhet i tiltak på klimaskjerm for å redusere energibruken, (yttervegg, vinduer og gulv). Unntaket kan være etterisolering mot tak/loft. Tiltakskostnadene vil reduseres dersom energitiltak på boligers klimaskjerm gjennomføres i forbindelse med andre relaterte rehabiliteringsarbeider. Eksempelvis kan etterisolering av yttervegg være lønnsomt, dersom det uansett skal gjøres andre arbeider på ytterveggen (utskifting av kledning). For boliger (småhus) kan det være lønnsomt å fremskynde investeringer som uansett må gjøres og som gir energibesparelser, særlig der boligeiers investeringshorisont samsvarer med tiltakets tekniske levetid eller i tilfeller hvor tilgjengelige produkter er mer energieffektive enn de som alt er installert.

Når det gjelder tekniske tiltak er installasjon av luft-luft varmepumpe det tiltaket som oftest trekkes frem mht. å kunne gi relativt store energibesparelser til lav investeringskostnad. Men, ENØK-analyser som er utarbeidet viser at flere tekniske energieffektiviseringstiltak i boliger kan gi god lønnsomhet. Eksempler på slike tiltak som ofte trekkes frem som særlig lønnsomme er isolering av rørkomponenter, implementering av energioppfølgingsystem og installasjon av sentral styring av innetemperatur. Hvilke tiltak som er mest lønnsomme vil variere avhengig av hvilken boligbygning som skal vurderes.

En hovedkonklusjon er at litteraturen mht. boliger i stor grad er basert på teoretiske vurderinger. Det synes som om det er liten kryssjekking mot hvilke tiltak energientreprenører eller eiere faktisk utfører på boliger og hvordan lønnsomhet er vurdert i slike tilfeller. Det finnes få studier som vurderer energitiltaks lønnsomhet i kombinasjon med annet vedlikehold. Dette gjelder for boliger og yrkesbygg.

For yrkesbygninger er bildet mht. hvilke tiltak som er mest kostnadseffektive også sammensatt. Dette skyldes at variasjonen mellom ulike typer yrkesbygninger er stor, og det kan være stor forskjell på hvilke energiposter som er de største for de forskjellige bygningskategoriene. Tekniske tiltak er det som gir størst energibesparelsene per krone. Blant kostnadseffektive tiltak som ofte trekkes frem er:

- Implementering av energioppfølgingsystem
- Installering av sentralt driftsanlegg (varme og ventilasjon)
- Forbedret varmegjenvinning av ventilasjonsluften og installering av behovsstyrt ventilasjon
- Nytt belysningsutstyr og automatikk for styring av belysning (behovsstyring)
- Installasjon av varmepumpe

- Bedre innregulering av varmesystemet og utbytte av termostatventiler
- Utskifting til energieffektive vifter i ventilasjonsanlegg (lavere SFP-faktor)

Justering av temperaturkrav til oppvarming og kjøling, optimalisering av driftstid mht. belysning og ventilasjon som er bedre tilpasset til når bygningen faktisk er i bruk, og nattsenkning av innnetemperatur er andre tiltak med lave kostnader, som kan gi gode energibesparelser i ulike yrkesbygninger.

For å forbedre faktagrunnlaget om kostnadseffektive energiltak foreslår vi at det gjennomføres et hovedprosjekt i form av en potensialstudie som definerer hvilke konkrete energiltak som er de mest lønnsomme mht. å oppfylle Stortingets målsetning om 10 TWh redusert energibruk. En slik studie bør beregne sammenlagt effekt på nasjonal energibruk ved gjennomføring av de mest kostnadseffektive tiltakene.