



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

# POTENTIELLE VARMEBESPARELSER VED LØBENDE BYGNINGSRENOVERING FREM TIL 2050

SBI 2014:01





# Potentielle varmebesparelser ved løbende bygningsrenovering frem til 2050

Kim B. Wittchen  
Jesper Kragh  
Søren Aggerholm

Titel	Potentielle varmebesparelse ved løbende bygningsrenovering frem til 2050
Serietitel	SBi 2014:01
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2014
Forfattere	Kim B. Wittchen, Jesper Kragh og Søren Aggerholm
Sprog	Dansk
Sidetæl	59
Litteratur-henvisninger	Side 55
Emneord	Energirenovring, varmebesparelser, bygningsreglementet, bygningskomponenter, bygningsrenovering
ISBN	978-87-92739-63-6
Omslag	Colourbox
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, DK - 2450 København SV E-post <a href="mailto:sbi@sbi.aau.dk">sbi@sbi.aau.dk</a> <a href="http://www.sbi.dk">www.sbi.dk</a>

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.

# Forord

Som noget relativt nyt er der i Bygningsreglementet indført krav til efterisolering af bygningsdele i forbindelse med den løbende renovering, som fx udskiftning af en tagbelægning. Hvor meget påvirker det nettovarme-forbruget frem til 2050, hvis der fortsættes med de gældende regler, og hvilken effekt har andre lignende skærpelser, hvis de indføres som et krav i Bygningsreglementet? En beregningsmodel af den totale bygningsmasses netto-varmebehov er opbygget for at kunne besvare disse spørgsmål.

Rapporten er udarbejdet for Energistyrelsen som opfølgning på arbejdet inden for Netværk for energirenovering og er målrettet deltagerne i netværket, især byggebranchen og styrelserne samt de politiske beslutningstagere. Rapporten indeholder, i forhold til rapporten *Varmebesparelser ved løbende bygningsrenovering frem til 2050* [15], yderligere analyser og scenarier for forskellige forslag til stramninger af bygningsreglementets regler i forbindelse med renovering af eksisterende bygninger.

Rapporten er den fjerde i en række af rapporter, som har beskæftiget sig med potentielle varmesparelser i det eksisterende byggeri. De tre foregående er *Potentielle energibesparelser i det eksisterende byggeri* [13], *Danske bygningers energibehov i 2050* [14] og *Varmebesparelser ved løbende bygningsrenovering frem til 2050* [15].

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet  
Energi og miljø  
April 2014

Søren Aggerholm  
Forskningschef

# Indhold

Forord.....	3
Indhold .....	4
Indledning.....	5
Formål .....	5
Gældende krav i bygningsreglementet ved renovering.....	5
Sammenfatning og resultater .....	7
Beregningsresultater .....	7
Metode og antagelser .....	13
Løbende energiforbedringer.....	13
Energimodel for bygningsmassen .....	14
Levetider .....	15
Enhedspriser for energirenoveringsarbejder .....	15
Omfang for gennemførelse af bygningsreglementets krav .....	20
Reducerede besparelser i praksis.....	21
Beregningsmodel .....	22
Energiberegninger .....	23
Økonomiberegninger.....	24
Scenarier for varmebesparelser.....	26
Scenarier A - Nuværende komponentkrav.....	28
Scenarier B - Skærpede komponentkrav .....	34
Scenarier C – Mulige teknologier .....	44
Datagrundlaget.....	46
BBR 2012 .....	46
Energimærkningsdata 2012 .....	48
Renovering og udskiftning af bygningskomponenter.....	52
Tag .....	52
Ydervægge .....	53
Gulvkonstruktioner.....	54
Vinduer og yderdøre.....	54
Referencer .....	55
Bilag 1 – Data fra BBR og EMO.....	56
Opvarmet areal efter byggeperiode og bygningsanvendelse .....	56
Bygninger uden varmeinstallation .....	59
Fredede og bevaringsværdige bygninger .....	59

# Indledning

## Formål

Formålet med beregningerne er at estimere, hvor stor en nettovarmebe-  
sparelse der kan forventes frem mod 2050, hvis en given andel af bygnin-  
gernes bygningsdele efterisoleres i henhold til bygningsreglementets krav  
på det tidspunkt, hvor de alligevel skal have foretaget almindelig renove-  
ring eller udskiftning. Herudover belyser beregningerne effekten af forskel-  
lige andre skærpelser af bygningsreglementet, som kunne tænkes indført i  
forbindelse med renovering af bygninger, fx ekstra energieffektive vinduer  
og krav om mekanisk ventilation med varmegenvinding.

Beregningerne består af en række scenarier. Udgangspunktet for vurde-  
ring af besparelser og omkostninger i forbindelse med de forskellige scena-  
rier er den aktuelle sammensætning af den danske bygningsmasse med  
hensyn til etageareal, konstruktioner, isoleringsmæssig stand, vinduer og  
ventilationssystem, fordeling på alder og anvendelse jfr. BBR-kode. Med  
dette udgangspunkt opstilles en række scenarier, som belyser forskellige  
udviklinger af mulige gennemførte energimæssige forbedringer i den eksis-  
terende bygningsmasse.

## Gældende krav i bygningsreglementet ved renovering

I Bygningsreglement 2010 (BR10) [3] er der energikrav for vinduer, som  
skal overholdes, når vinduerne udskiftes. For tag, ydervægge mv. er der  
krav om, at rentable energibesparelser skal gennemføres, hvis arbejdet er  
et led i en renovering eller udskiftning. Eksemplerne i tabel 1 er specifikt  
fremhævet i BR10 som værende 'ofte rentable'.

Tabel 1. Eksempler på 'ofte rentable' renoveringsarbejder fra Bygningsreglementet (BR10).

Bygningsdel	Eksisterende isolering før renovering [mm]	Samlet isolerings- tykkelse efter [mm]
Tilgængeligt loftrum	< 175	300
Skråvæg og loft til kip	< 200	300
Skunkrum	< 175	300
Fladt tag	< 200	250
Let ydervæg	< 150	250
Hulmur	Uisoleret	Hulmursisolering
Massiv ydervæg i tegl	-	200
Ydervægge af porebeton el. letklinkerbeton	< 50	150
Bjælkelag over uopvarmet kælder	-	Isolering i bjælkelag
Dæk over uopvarmede kældre	< 50	100
Dæk over tilgængelig krybekælder	< 150	250
Dæk over det fri	< 175	300
Terrændæk	Uisoleret	250

I analyserne svarer ovenstående fx til, at et tilgængeligt loftrum efterisoleret, hvis tagkonstruktionen har en U-værdi over 0,20 W/m<sup>2</sup>K, og at det efter opgraderingen har en U-værdi på 0,15 W/m<sup>2</sup>K.

Der er også opstillet regler i Bygningsreglementet for udskiftning af vinduer. Her skal det nye vindue have et energitilskud på mindst -33 kWh/m<sup>2</sup> pr. år svarende til energimærke C eller bedre. Denne regel forventes strammet i 2015 til et mindste energitilskud på -17 kWh/m<sup>2</sup> pr. år svarende til energimærke B eller bedre, og til energimærke A (energitilskud mindst 0 kWh/m<sup>2</sup> pr. år) i 2020. Nedenstående tabel viser en oversigt over energikravene i Bygningsreglement 2010 til bygningskonstruktioner i forbindelse med ombygning, vedligeholdelse og udskiftning. Kravene skal overholdes, med mindre der er arkitektoniske eller byggetekniske forhold, som bevirker, at kravet bortfalder. Desuden skal kravene, bortset fra kravet til vinduer, kun overholdes, hvis det er økonomisk rentabelt at overholde dem. Ved udskiftning af bygningsdele skal kravene overholdes uden mulighed for afløft på grundlag af en rentabilitetsberegning. Tabel 2 viser de krav, der stilles til bygningsdele efter en renovering.

Tabel 2. Krav til bygningsdele i forbindelse med ombygning, vedligeholdelse og udskiftning jf. BR10.

Bygningsdel, U	W/m <sup>2</sup> K
Ydervægge og kældervægge mod jord	0,2
Skillevægge og etageadskillelser mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 5 K lavere end temperaturen i det aktuelle rum.	0,4
Terrændæk, kældergulve mod jord og etageadskillelser over det fri eller ventileret kryberum.	0,12
Loft- og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge, flade tage og skråvægge direkte mod tag.	0,15
Yderdøre, porte, lemme, forsatsvinduer og ovenlyskupler <sup>1)</sup>	1,65
Vinduer, E <sub>ref</sub>	kWh/m <sup>2</sup> pr. år
Facadevinduer <sup>2)</sup>	-33
Tagvinduer <sup>2)</sup>	-10

1) Ved udskiftning af ovenlyskupler efter 1. januar 2015 må U-værdien inklusive karm højst være 1,40 W/m<sup>2</sup>K.

2) Det er ved udskiftning af vinduer efter 1. januar 2015 forudsat, at energitilskuddet i opvarmningssæsonen gennem vinduet ikke vil være mindre end -17 kWh/m<sup>2</sup> pr. år og for tagvinduer ikke mindre end 0 kWh/m<sup>2</sup> pr. år.

## Forslag til stramninger

I anbefalingerne fra Netværk for energirenovering [9] og [10] er der bl.a. peget på muligheden for at stramme energikravene i Bygningsreglementet til eksisterende bygninger i forbindelse med renovering og ombygning. Der er derfor gennemført en række analyser af konsekvenserne af forskellige mulige stramninger i forbindelse med udarbejdelsen af denne rapport.



# Sammenfatning og resultater

Rapporten præsenterer analyser af nettovarmebesparelsen i forbindelse med løbende bygningsreovering frem mod 2050, hvis bygningsdelene efterisoleres i henhold til Bygningsreglementets krav på det tidspunkt, hvor de alligevel skal have foretaget almindelig reovering og vedligeholdelsesarbejde eller udskiftning.

Udgangspunktet for vurdering af besparelser og omkostninger i forbindelse med de forskellige scenarier er den aktuelle sammensætning af den danske bygningsmasse med hensyn til isoleringsmæssig stand samt fordeling på anvendelse og alder. Med dette udgangspunkt opstilles en række scenarier, som belyser forskellige udviklinger af gennemførte forbedringer eller ændringer af den eksisterende bygningsmasse.

Der er ikke taget hensyn til den nedrivning af eksisterende bygninger, som måtte finde sted frem mod 2050. Den primære årsag til dette er, at informationer om nedrivning er forbundet med stor usikkerhed bl.a. omkring mængden og den energimæssige standard af de bygninger, der nedrives og evt. erstattes med nye.

Første scenarie er et 'business-as-usual'-scenarie, præsenteret i scenarie A0. I dette scenarie gennemføres reovering af den danske bygningsmasse i den takt, hvor de enkelte bygningskomponenter er udtjente, og energimæssige forbedringer sker i det samme omfang, som det historisk (inden for de seneste fem år) er sket. I scenariet antages alene de arbejder gennemført, som i bilag 6 til Bygningsreglement 2010 betegnes som 'ofte rentable' at gennemføre. Scenariet tager højde for, at ikke alle reoveringsarbejder i praksis overholder kravet om efterisolering, idet der regnes med en gennemførelsesprocent på 80 %. De 20 %, som ikke overholder kravene i Bygningsreglementet, skyldes økonomiske, arkitektoniske, eller tekniske barrierer samt enkelte bygningsejeres manglende vilje til at overholde reglerne. Betydningen af dette er belyst i scenarierne A1 og A2, hvor 100 hhv. 90 % af alle reoveringsarbejder antages at opfylde efterisoleringskravene jf. Bygningsreglementet.

Herudover er der udført en række scenarier, hvor forskellige varianter og kombinationer af scenarie A0 mht. stramninger af energireglerne i Bygningsreglementet vurderes.

Fælles for alle scenarier er, at der vises den samlede, akkumulerede nettovarmebesparelse frem til 2050 for den danske bygningsmasse inden for de analyserede bygningsklasser.

## Beregningsresultater

I de følgende afsnit gives hovedresultaterne for de forskellige scenarier. Tabel 3 viser resultaterne for 17 scenarier for forskellige stramninger af reglerne i Bygningsreglementet og forskellig takt for gennemførelsen. Bemærk at den samlede investering er den ekstra, energirelaterede investering, dvs. uden omkostninger til byggeplads, materialer som alligevel skulle bruges (fx tagbeklædning), bortskaffelse, mv. Det er desuden forudsat, at priserne for vinduer regnes som ekstraomkostninger i forhold til at udskifte til et C-mærket vindue (mindstekrav frem til 2015). Alle priser i rapporten er eksklusiv moms.

Tabel 3 Beregnet nettoenergiforbrug og -besparelser i 2050 i forhold til dagens forbrug for de enkelte scenarier. Kolonnerne med økonomi viser de energirelaterede ekstrainvesteringer for at opnå besparelserne og omkostningen pr. sparet kWh/år. De markerede felter angiver den kombination, der går videre i den næste gruppe af scenarier.

Scenario	Energiforbrug i 2050	Besparelse i forhold til 2011	Besparelse i forhold til A0	Dagens priser				Fremtidspriser					
				TJ/år	%	% -point	Investering i forhold til A0	Samlet investering		Investering i forhold til A0	Samlet investering		
								mio. kr.	kr. kWh pr år		mio. kr.	kr. kWh pr år	
Status 2011	206.178	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0 Business-as-usual	148.978	27,70%	-	0	140.972	8,87	0	102.472	6,45				
A1 Fuld BR overholdelse	141.446	31,40%	3,70%	29.112	170.084	9,46	23.290	125.762	6,99				
A2 90 % BR overholdelse	145.212	29,60%	1,80%	15.284	156.256	9,23	12.227	114.699	6,77				
A3 Længere levetid af tage <sup>1)</sup>	156.072	24,30%	-3,40%	-1.602	139.370	10,01	-1.281	101.191	7,27				
A4 Krav om lagisolering inden 2050	145.943	29,20%	1,50%	144.775	285.747	17,08	115.821	218.293	13,05				
A5 Hurtig indfåsning af A vinduer <sup>2)</sup>	148.978	27,70%	0,00%	4.418	145.390	9,15	9.955	112.426	7,08				
B1 Skærpede krav til tage + A2	144.075	30,10%	2,40%	37.113	178.085	10,32	29.691	132.163	7,66				
B2 Skærpede krav til ydervægge + A2	143.445	30,40%	2,70%	42.481	183.453	10,53	33.985	136.457	7,83				
B3 Skærpede komponentkrav + A2	142.308	31,00%	3,20%	49.025	189.997	10,71	39.220	141.692	7,99				
B4 Ekstra skærpede krav til tage + A2	143.318	30,50%	2,70%	51.396	192.368	11,02	41.117	143.589	8,22				
B5 Ekstra skærpede krav til ydervægge + A2	141.839	31,20%	3,50%	55.341	196.313	10,98	44.273	146.745	8,21				
B6 Krav om A+ vinduer + A2	140.067	32,10%	4,30%	43.212	184.184	10,03	20.605	123.077	6,70				
B7 Automatisk og effektivisering + A2	141.683	31,30%	3,50%	25.926	166.898	9,32	22.870	125.342	7,00				
B8 Ekstra skærpede krav = B4+B5+B6	134.799	34,60%	6,90%	88.813	229.785	11,59	57.086	159.558	8,05				
B9 Skærpede krav og A+ vinduer = B1+B2+B6	137.163	33,50%	5,70%	61.670	202.642	10,57	35.372	137.844	7,19				
B10 Automatisk og effektivisering + B9	133.695	35,20%	7,40%	72.312	213.284	10,59	46.014	148.486	7,37				
C1 BMW med VGV + B10	109.342	47,00%	19,20%	168.650	309.622	11,51	113.450	215.922	8,03				

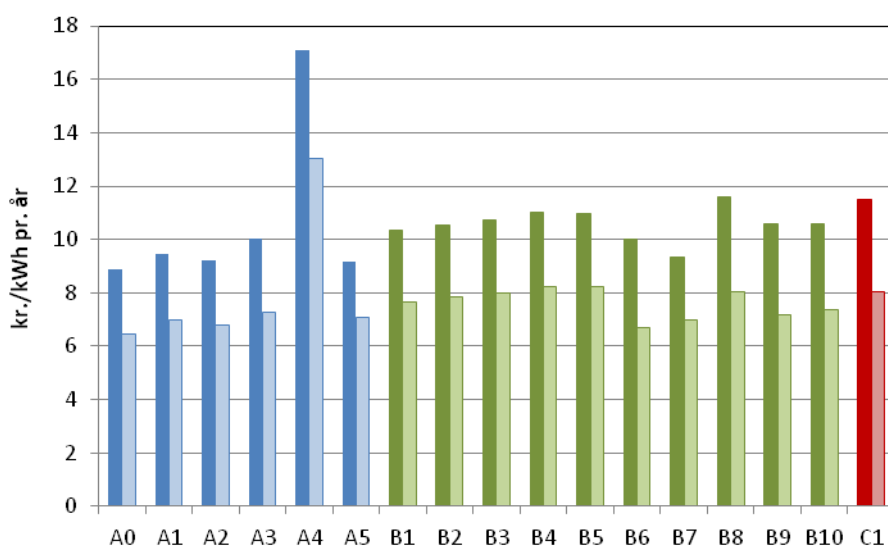
1) En 25 % forlængelse af tagenes levetid betyder kun en formindskelse af det renoverede lagareal med ca. 5 % hvilket giver en lille indflydelse på den samlede besparelse i 2050.

2) En hurtigere indfåsning af kravet om A-mærkede vinduer resulterer ikke i en ekstra besparelse i 2050 på grund af vinduernes levetid der er kortere end den resterende periode længde ved indfåsning af kravet i 2015.

Hvis udviklingen inden for bygningsrenovering af tage, facader, vinduer og gulve fortsætter i samme takt som antaget i scenarie A0, kan de samlede ekstraomkostninger til disse arbejder i dagens priser anslås til ca. 141 mia. kr., eller ca. 3,8 mia. kr. pr. år. Den samlede byggeaktivitet udgør, ifølge Dansk Byggeri, ca. 200 mia. kr. pr. år, hvoraf større renoveringsarbejder i den eksisterende bygningsmasse udgør ca. 33 mia. kr. pr. år.

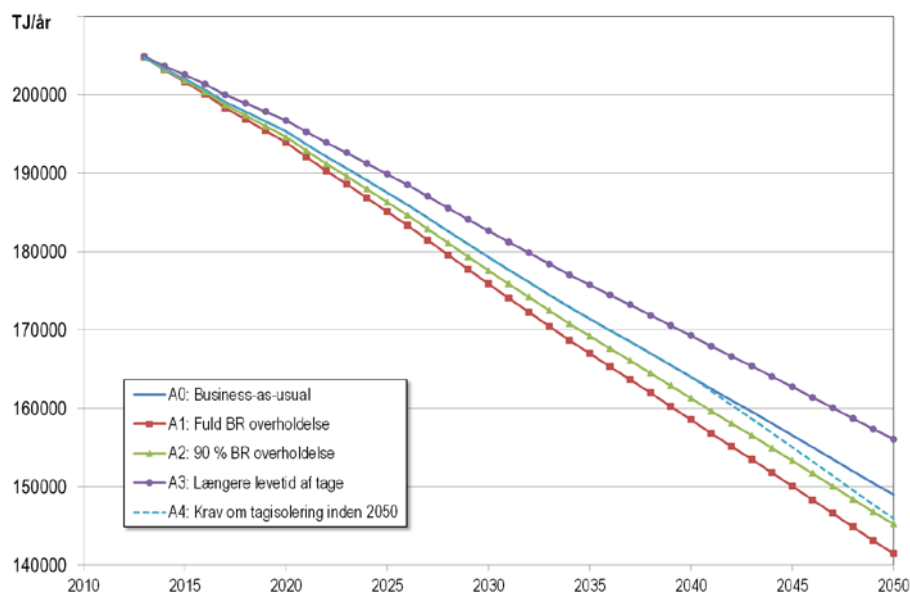
Baseret på en forventet udvikling af priserne for efterisolering af bygningskomponenter, mere effektive vinduer samt automatik og installation af balanceret mekanisk ventilation, er der beregnet en samlet investering over perioden frem til 2050 i tabel 3 (fremtidspriser). Fremskrivningen af priserne fremgår af afsnittet *Enhedspriser for energirenoveringsarbejder* på side 15.

I figur 1 ses de nødvendige ekstra investeringer, summeret over hele perioden frem til 2050, som varmebesparelser pr. sparet kWh pr. år i 2050 dels for nuværende priser og dels for en fremskrivning af prisudviklingen frem til 2050.



Figur 1. Investeringer (dagens priser og fremtidspriser (lyse søjler)) indtil 2050 pr. sparet kWh/år i 2050.

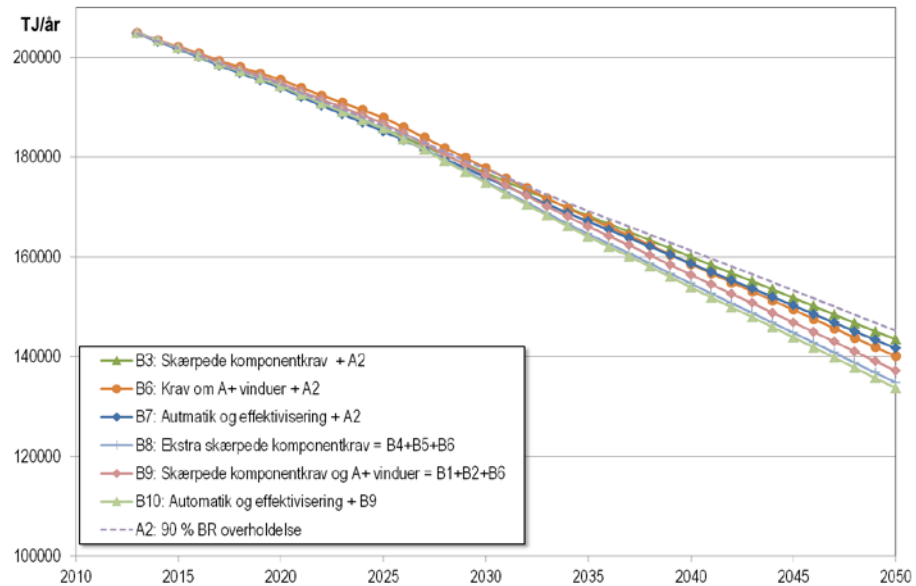
Figur 2 viser forløbet af nettoenergiforbruget til rumopvarmning og varmt brugsvand frem til 2050 for udvalgte A-scenarier.



Figur 2. Udvikling i nettoenergiforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand for A-scenarierne. De energibesparende foranstaltninger implementeres i takt med, at de enkelte bygningskomponenter skal udskiftes eller gennemgribende renoveres på grund af almindelig nedslidning.

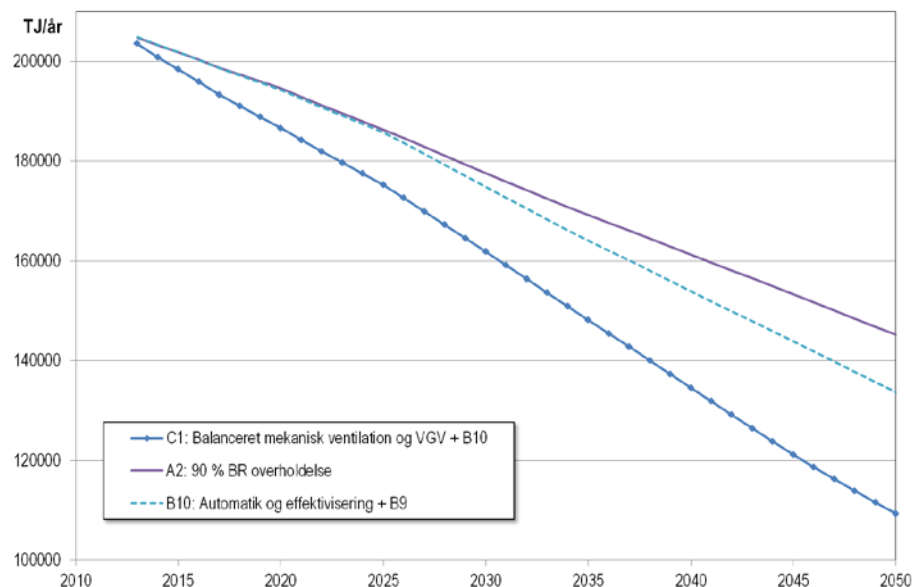
Generelt knækker kurverne omkring 2037, hvilket skyldes, at på dette tidspunkt er alle vinduer opgraderet, og at der derfor ikke opnås yderligere besparelser uden stramninger af kravene eller udvikling af vinduernes energimæssige ydeevne. Desuden vil de fleste tage med kort levetid være skiftet en gang på dette tidspunkt, og derfor bidrager disse ikke med yderligere varmebesparelser.

Figur 3 viser forløbet af nettoenergiforbruget til rumopvarmning og varmt brugsvand frem til 2050 for udvalgte B-scenarier.



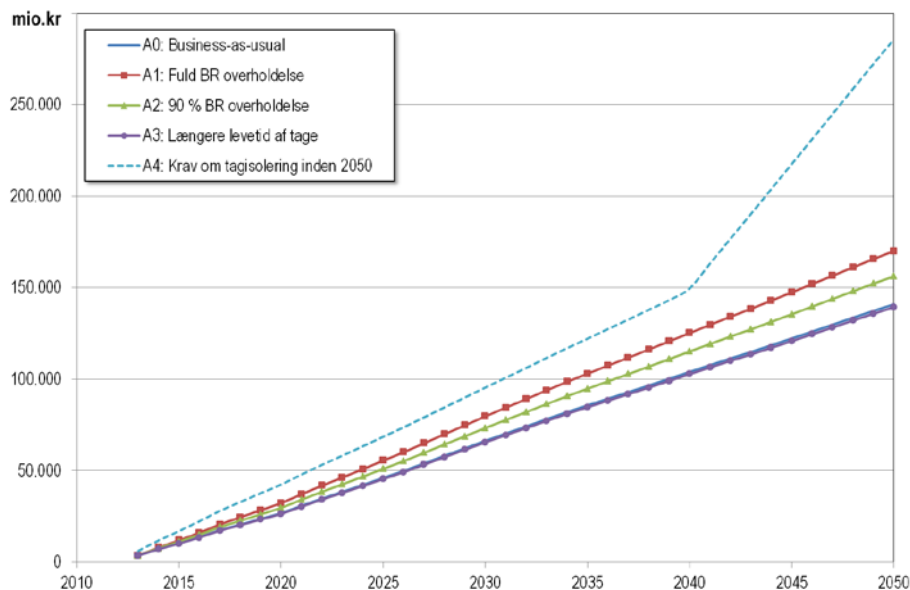
Figur 3. Udvikling i nettoenergiforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand for udvalgte B-scenarier. De energibesparende foranstaltninger implementeres i takt med, at de enkelte bygningskomponenter skal udskiftes eller gennemgribende renoveres på grund af almindelig nedslidning. Til sammenligning vises også scenarie A2 – 90 % af komponentkravene for tage og ydervægge.

Af figur 4 fremgår det, at installation af mekanisk ventilation med varmegenvinding i forbindelse med tagrenovering af skrå tage viser et stort ekstra potentiale for varmebesparelser. Dette er naturligt, da kun en meget lille del af den eksisterende bygningsmasse er forsynet med mekanisk ventilation, og at bygningsmassen i scenarier yderligere har undergået en generel forbedring af isoleringsstandarden for klimaskærmen.



Figur 4. Udvikling i nettoenergiforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand for C-scenariet. De energibesparende foranstaltninger implementeres i takt med, at tagene udskiftes, og der dermed er en oplagt mulighed for installation af mekanisk ventilation. Til sammenligning vises også scenarierne A2 og B10.

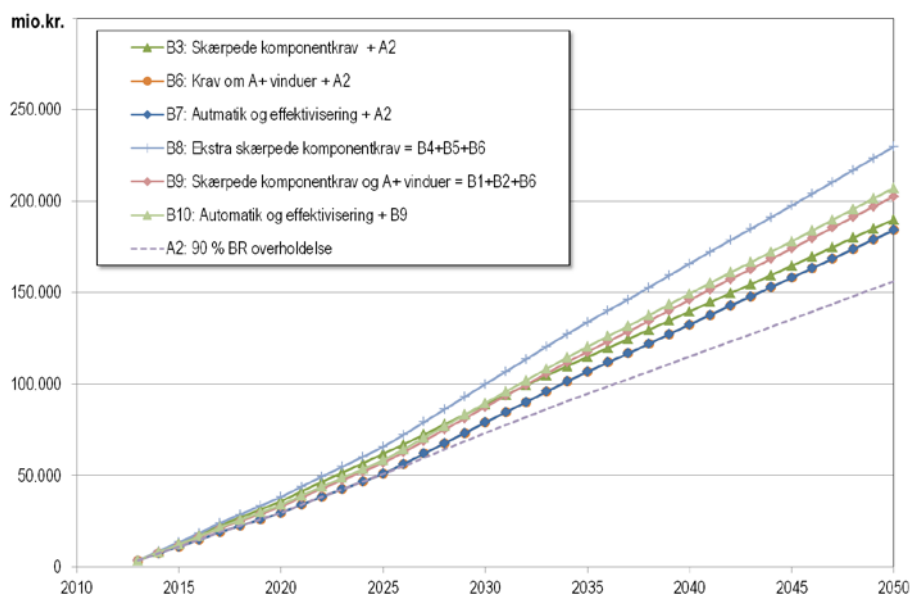
Figur 5 til figur 7 viser omkostningerne over perioden for de forskellige A- scenarier på baggrund af byggeaktiviteten.



Figur 5. Omkostninger (dagens priser) for de forskellige A-scenarier på baggrund af byggeaktiviteten.

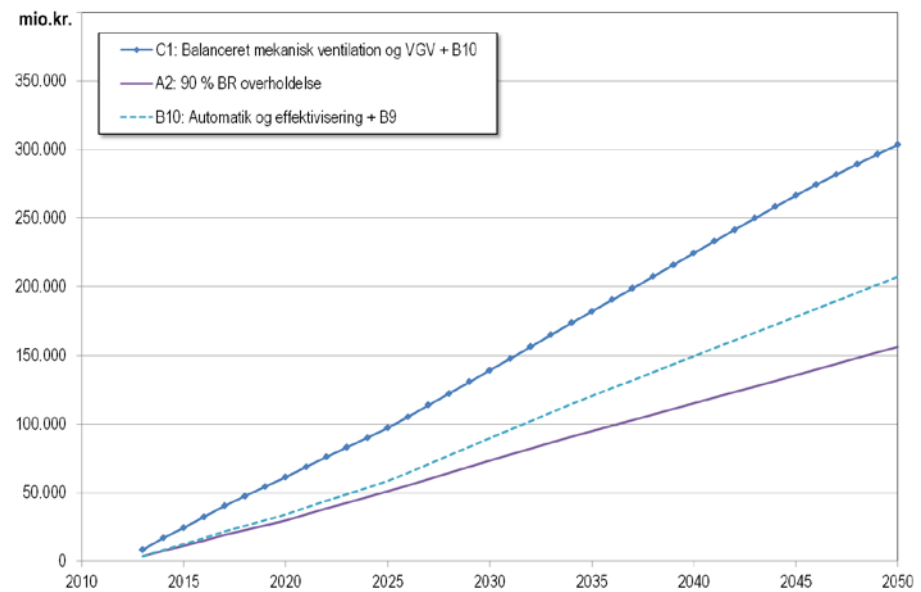
Marginalomkostningen ved A4: Krav om tagisolering inden 2050 er beregnet, så der kun medregnes en ekstraomkostning til efterisolering, som er proportional med restlevetiden på de tage, der kræves udskiftet før udløbet af deres levetid. Det vil næsten udelukkende dreje sig om skrå tage med ikke tilgængelige hulrum/loftrum, fx ved udnyttet loftrum. Der er i gennemsnit regnet med en restlevetid på 20 % af de 60 år, som er levetiden for denne type tage.

Den faktiske omkostning for udskiftning og efterisolering af disse tage op mod 2050 vil dog stadig svare til det fulde beløb for udskiftning af tagene. Besparselsen vil dermed referere til, at der (i princippet) ikke skal skiftes skrå tage i perioden fra 2050 - 2071.



Figur 6. Omkostninger (dagens priser) for udvalgte B-scenarier på baggrund af byggeaktiviteten. Til sammenligning vises udviklingen for scenarie A2 – 90 % overholdelse af komponentkravene for tage og ydervægge.

Omkostningerne forbundet med installation af mekanisk ventilation med varmegenvinding er en dyr løsning, men til gengæld giver den en stor varmebesparelse. Figur 7 viser udviklingen i investeringer for installation af balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding i sammenhæng med renovering af skrå tage på store bygninger frem til 2050.



Figur 7. Omkostninger (dagens priser) for C-scenariet på baggrund af byggeaktiviteten. Til sammenligning vises udviklingen for scenarierne A2 og B10.

# Metode og antagelser

Formålet med analysen er at estimere hvor stor en netto-varmebesparelse, der kan forventes frem mod 2050, såfremt en given del af bygningernes bygningsdele efterisoleres i henhold til Bygningsreglementets krav på det tidspunkt, hvor der alligevel skal foretages almindelige renoverings-, udskiftnings- og vedligeholdelsesarbejder. Herudover belyser beregningerne effekten af forskellige andre skærper af bygningsreglement, som kunne tænkes indført i forbindelse med renovering af bygninger, fx ekstra energieffektive vinduer og krav om mekanisk ventilation med varmegenvinding. Den beregnede netto-varmebesparelse svarer til bygningernes reducerede varme- og ventilationstab inkl. energiforbruget til opvarmning af brugsvand.

Det beregnede netto-varmebehov for bygningsmassen i 2012, der anvendes til bolig, er sammenlignet med den tilsvarende opgørelse fra Energistyrelsens energistatistik [7] og viser en afvigelse på ca. 6 %, hvilket vurderes at være acceptabelt. Det kan ikke forventes, at det beregnede varmekonsum passer lige så godt for andre bygningskategorier, da der er tale om langt større forskelle i brugsmønstret, end hvad der gør sig gældende i boliger. Dette forhold har ikke den store indflydelse på de beregnede relative besparelser. Det på denne måde beregnede varmekonsum er benyttet som udgangspunkt for beregning af besparelserne.

I analyserne regnes der alene med netto-varmebesparelser, hvorfor effekten af en energimæssig opgradering af bygningernes energiforsyning ikke indgår. En gennemsnitlig vurdering vil dog kunne gennemføres efterfølgende ud fra de renoverede bygningers netto-varmebehov.

De bygningsdele, der indgår i undersøgelsen, er i denne sammenhæng tagkonstruktioner, ydervægge, gulve og vinduer.

## Løbende energiforbedringer

Der vil normalt være arkitektoniske hensyn i forbindelse med udvendig efterisolering af ydervægge af tegl. Dette, kombineret med en lang gennemsnitlig levetid for muret byggeri, medfører at omfanget for den løbende renovering af denne type ydervæg vurderes, at være relativt beskeden. For ældre etagebyggeri, fra før 1950, vil der dog ofte være et potentiale for efterisolering af ydervægge mod baggårde uden at det påvirker det overordnede arkitektoniske udtryk af bybilledet. Omfanget af dette ydervægsareal er dog svært at estimere ud fra oplysningerne i Bygnings- og Boligregisteret (BBR) [2]. Andre ydervægge, af beton eller letbeton, vil derimod kunne renoveres hyppigere end tegl og normalt vil der ikke her være sammenlignelighed over for udvendig efterisolering. Ydervægge med let beklædning (plader eller træ) antages at blive efterisoleret i takt med den almindelige udskiftning svarende til beklædningens levetid.

Bygningernes tagbeklædningstype er registreret i BBR. Ud fra opførelsesåret for bygningen og en gennemsnitlig levetid for tagbeklædningstypen kan det fremtidige udskiftningstidspunkt estimeres. Tagbeklædningsmaterialet i ældre bygninger må formodes allerede at være udskiftet en eller flere gange siden opførelsen og behandles samlet. Den andel der udskiftes pr. år antages at være den reciprokke værdi af levetiden for tagbeklædningstypen. Tilsvarende metode anvendes for de øvrige bygningskonstruktioner.

Omfanget af efterisolering af terrændæk antages at være beskedent og ofte relateret til etablering af gulvvarme fx i badeværelser. I modsætning hertil må det dog forventes, at gulve over uopvarmede kældre eller krybekældre i et vist omfang vil være omfattet af bygningernes løbende renovering eller forbedring. Det er ikke muligt at identificere et bestemt tidspunkt i en bygnings levetid, hvor disse arbejder vil blive gennemført, hvorfor det antages, at 15 % af de uisolerede gulve over kældre og krybekældre isoleres, og at det sker jævnt fordelt over perioden frem til 2050.

Det eksisterende isoleringsniveau er baseret på de registreringer, der er indsamlet i forbindelse med energimærkning af bygninger. Et gennemsnitligt isoleringsniveau (arealvægtede U-værdier<sup>1</sup>) er beregnet for de specifikke byggeperioder og bygningsanvendelsestyper.

## Ventilationsanlæg

Etablering af mekanisk ventilation med varmegenvinding vil have stigende relativ betydning med stigende isoleringsstandard af bygningens klimaskærm. Det må derfor forventes, at dette tiltag vil finde stigende anvendelse. Effekten af mekanisk ventilation med varmegenvinding beregnes ved at introducere en gennemsnitlig effektivitet af varmegenvindingen og et tilhørende luftsifte. Det forudsættes, at bygningen i øvrigt er blevet tætnet mod utilsigtet infiltration i forbindelse med udskiftning af vinduer og yderdøre.

Som udgangspunkt antages mekanisk ventilation ikke implementeret i forbindelse med renovering af eksisterende bygninger, idet der ikke stilles krav om dette i Bygningsreglementet. Effekten vurderes i scenarie C1, hvor ventilationsanlæg med varmegenvinding tænkes installeret i forbindelse med renovering/udskiftning af taget alene på bygninger med skråt tag.

## Energimodel for bygningsmassen

Bygningsmassen inddeles i klasser på baggrund af tidstypiske byggeperioder og de anvendelsestyper, som benyttes i BBR registeret. På baggrund af statistiske data trukket ud af databasen fra energimærkningsordningen omkring bygningernes nuværende isoleringsstandard og arealet af bygningsdelene pr enhedsareal (opvarmet etageareal) opstilles en model for enhedsforbruget i hver klasse, fx parcelhuse opført i perioden 1961-1972. Med udgangspunkt i hver classes gennemsnitlige varmeforbrug er det muligt at ekstrapolere varmeforbruget til det samlede areal (registreret i BBR) inden for hver klasse. Resultatet af det ekstrapolerede varmeforbrug sammenholdes med Energistyrelsens energistatistik [7] for at sikre en korrekt størrelsesorden for udgangspunktet, inden der foretages beregninger af besparelspotentialet forbundet med anden planlagt renovering.

I modellen for klassernes enhedsforbrug indgår varmetab gennem bygningernes klimaskærm samt ved ventilation og til varmt brugsvand. Desuden indgår bidrag til opvarmningen af bygningerne i form af varmeafgivelse fra personer og fra el-forbrugende installationer samt solindfald gennem bygningernes vinduer. Der benyttes en graddagemetode til vurdering af varmeforbruget i den nuværende bygningsmasse.

Samme model benyttes til vurdering af potentialet for varmebesparelser, idet der implementeres forbedret isoleringsevne i takt med at en del af bygningerne gennemgår en renovering. Modellen kan desuden medtage effekten ved installation af mekanisk ventilation med varmegenvinding.

---

<sup>1</sup> Beregnet som et arealvægtet gennemsnit for alle konstruktioner i en given opførelsesperiode.



## Levetider

Bygningsdelenes forventede levetider er baseret på gennemsnitsværdier udtrykt fra [www.levetider.dk](http://www.levetider.dk) [8]. Levetiden for et element som fx tagbeklædning er afhængig af mange faktorer som fx taghældning og undertags-type. Til denne analyse er anvendt levetider for typiske konstruktioner og udeklimamæssige forhold. De antagende gennemsnitlige levetider er angivet i tabel 4.

Tabel 4. Estimerede gennemsnitlige levetider primært baseret på [www.levetider.dk](http://www.levetider.dk) [8].

Tagbeklædning	Levetid [år]
Built-up (fladt tag)	35
Tagpap (med taghældning)	35
Fibercement, herunder asbest (bølge- eller skifereternit)	40
Cementsten	60
Tegl	60
<b>Ydervægsbeklædning</b>	
Mursten (tegl, kalksandsten, cementsten)	75
Letbeton (lette bloksten, gasbeton)	60
Plader af fibercement, herunder asbest (eternit el. lign.)	45
Træbeklædning	40
Betonelementer	40
<b>Øvrige</b>	
Vinduer	25
Varmeproducerende anlæg	20

Som det ses er der anvendt en gennemsnitlig levetid for eksisterende vinduer på 25 år. For nye vinduer (især af plast eller træ/aluminium) kan levetiden for selve ramme/karmen være noget længere, men det er i denne analyse ikke afgørende for besparelspotentialet, da udskiftning af vinduer anden gang i løbet af perioden ikke giver en yderligere besparelse hvis udskiftningen sker til samme energimæssige kvalitet, fx et A-mærket vinduer der er isat i 2022 og udskiftes anden gang i 2047.

## Enhedspriser for energirenoveringsarbejder

De økonomiske omkostninger for de energibesparende tiltag i dagens priser er baseret på priser hentet fra online udgaven af V&S priskatalog 2012 [12].

Da tiltagene udføres i forbindelse med anden planlagt renovering af samme bygningsdel er det kun selve prisen for det energibesparende tiltag der er medregnet. For udskiftning af fx tagbelægning er det dermed kun prisen for efterisoleringsarbejdet, der er medtaget. Det vil for tagene sige fjernelse af gammel isolering, levering og montage af lægter og isolering med krydsisolering, forhøjelse af spær og lægning af ny gangbro.

Omkostningen er afhængig af størrelsen af arbejdet. Denne effekt er inddraget ved at benytte den pris som er gældende for den gennemsnitlige bygningsstørrelse inden for hver kategori (anvendelse og byggeperiode). Det har ikke så stor effekt i forhold til enfamilieboligerne som har næsten samme gennemsnitsstørrelse (se tabel 12 på side 27) i alle byggeperioder, men det kan have noget større betydning for andre bygningstyper.

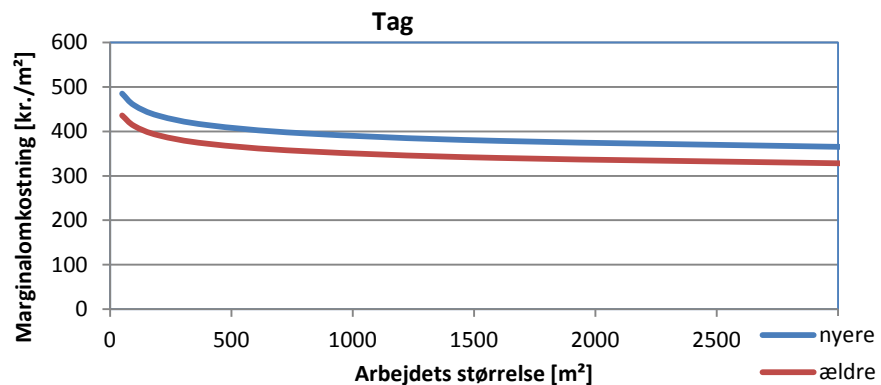
Der må forventes en vis udvikling af priserne for efterisoleringsarbejder frem mod 2050 på grund af teknologiudvikling og rationalisering af forskellige arbejdsprocesser. Det er ikke umiddelbart muligt at give et sikkert estimat for denne udvikling, men det antages i beregningen af

økonomien med fremtidige priser, at der vil ske et fald i priserne for efterisolering af bygningskonstruktioner på 20 %. For effektivisering og automatik samt mekanisk ventilation antages et fald i priserne på 30 %. I alle tilfælde antages prisfaldet at ske ligeligt fordelt over perioden 2020 til 2040, således at prisfaldet først er slået fuldt igennem i 2040. Prisen for vinduer antages at følge udviklingen som er beskrevet på side 18.

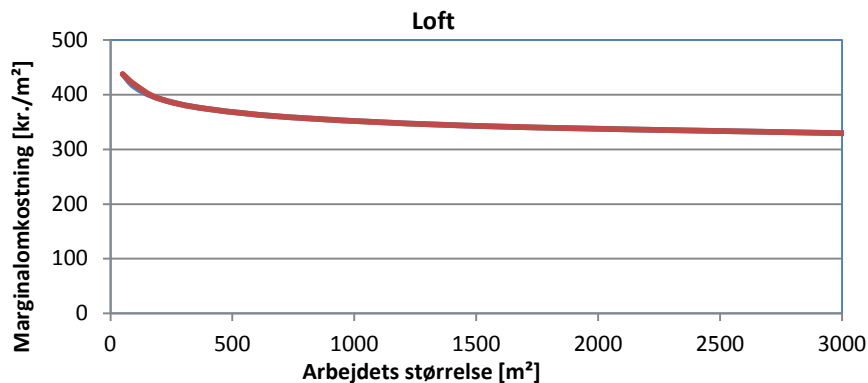
I baggrundsrapporten til brug for arbejdet i Netværk for Energirenovering er der foretaget en vurdering af den mulige tekniske udvikling af forskellige løsninger til energimæssig opgradering af eksisterende bygninger [11]. For isoleringsmaterialer forventes en udvikling der reducerer varmeledningsevnen for isoleringsmaterialer til 0,017 W/mK. En lavere varmeisoleringssevne kan betyde, at samme isoleringsniveau (U-værdi) kan opnås ved en mindre isoleringstykkelse. Dette har en positiv betydning for de konstruktioner, hvor isoleringstykkelsen er et byggeteknisk problem for udførelsen, eller hvor der er begrænset plads. Hvorvidt en forbedret isoleringsevne af isoleringsmaterialerne vil have en afsmitning på de samlede omkostninger ved at opnå en given isoleringsstandard er usikkert. Prisen for overfladebeklædning vil forblive uændret mens prisen for lægter eller rigler vil falde på grund af den mindre nødvendige dimension, men om dette er nok til at opveje en evt. prisstigning på isoleringsmaterialerne for den samme isoleringsgrad, er usikkert. Udviklingen af bedre isoleringsmaterialer får dog størst effekt såfremt U-værdi-kravene i bygningsreglementet skærpes. . Der er ikke regnet med en særlig priseffekt for dette.

### Tag / loft

Figur 8 og figur 9 viser marginalomkostningen ved hhv. efterisolering af tag i forbindelse med udskiftning af tagbelægning og efterisolering af tilgængeligt loftrum. Prisen inkluderer fjernelse af eksisterende isolering (ca. 70 mm), levering og udlægning af taglægter, efterisolering, svarende til isoleringsniveauet angivet i tabel 1, med isoleringsbatts og etablering af vindbarriere. Forskellen i pris mellem nyere og ældre tage skyldes at spærene i ældre tage typisk består af kvadratiske bjælker, hvorimod de i nyere tage består af højere, rektangulære bjælker.



Figur 8. Marginalomkostningen for efterisolering af tag i forbindelse med udskiftning af tagdækningsmateriale.



Figur 9. Marginalomkostningen for efterisolering af tilgængeligt loft.

For at kunne bestemme omkostningen ved renovering af bygningernes tage er det vigtigt at kende fordelingen af tagmaterialer, og dermed indirekte levetiden og udskiftningsfrekvensen for tagene.

Prisen for efterisolering af tage er ens for de fleste tagtyper, da det alene er omkostningen for efterisolering, som tages med i beregningen. Derfor er tagene inddelt i 3 prisgrupper, nemlig flade tage, skrå tage og tage med strå.

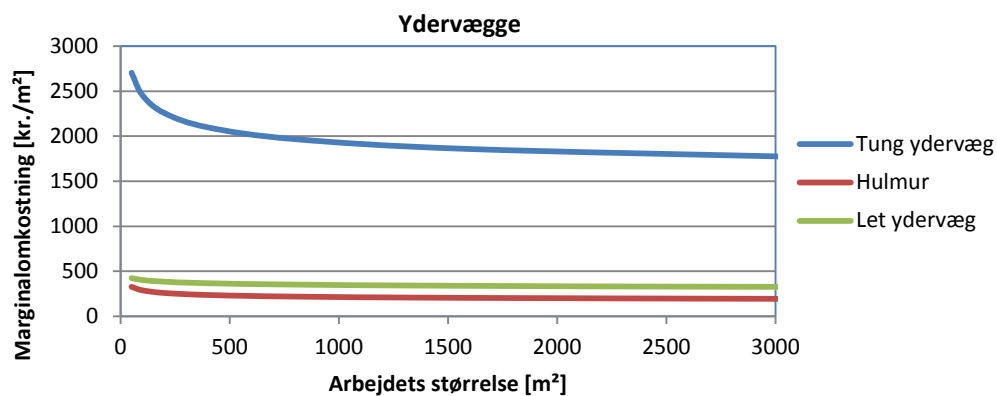
Prisens afhængighed af arbejdets størrelse (formen af kurverne i figur 8 og figur 9) antages at være den samme for de skærpede kravniveauer som for efterisolering op til BR10 kravet. Derimod er det prisen ved en given størrelse, der er bestemmende for placeringen af kurverne. I tabel 5 ses prisen pr. m<sup>2</sup> tag/loft for efterisolering til BR10 krav og stramning til krav om en U-værdi på 0,12 hhv. 0,10 W/m<sup>2</sup>K.

Tabel 5. Pris pr.m<sup>2</sup> for efterisolering af tag/loft for et arbejde på 100 m<sup>2</sup> ved forskellige kravniveauer. Niveauet "skærpede" refererer til scenarierne B1-B3, B9-B10 og C1. Niveauet "ekstra skærpede" refererer til scenarierne B4-B5 og B8.

	BR10 (0,15 W/m <sup>2</sup> K)<	Skærpede (0,12 W/m <sup>2</sup> K)	Ekstra skærpede (0,10 W/m <sup>2</sup> K)
Loft	418	523	575
Skrå tage, ældre	412	620	682
Skrå tage, nyere	459	641	705
Stråtag	408	630	700
Flade tage	751	850	935

## Ydervægge

Der er stor forskel på marginalomkostningen ved efterisolering af forskellige ydervægstyper. Den højeste omkostning findes for efterisolering af ydervægge af blank tegl og ydervægge af forskellige typer beton, med omkostninger mellem 2700 og 1700 kr. pr. m<sup>2</sup>, afhængig af arbejdets størrelse. Omkostningen forbundet med efterisolering af lette facader og indblæsning af isoleringsmateriale i uisolerede hulmure er af samme størrelsesorden, nemlig 200-400 kr. pr. m<sup>2</sup>. Figur 10 viser marginalomkostningen som funktion af arbejdets størrelse.



Figur 10. Marginalomkostningen ved efterisolering af ydervægge, svarende til isoleringsniveauet angivet i tabel 1.

Lige som for tagene antages prisens afhængighed af arbejdets størrelse at være den samme for skærpede krav som for BR10 kravniveauet. Stramningerne repræsenterer en U-værdi på 0,15 hhv. 0,12 W/m<sup>2</sup>K.

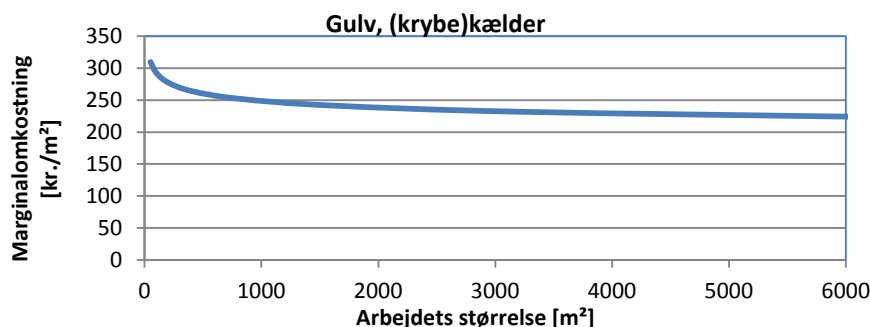
Årsagen til det store spring (tabel 6) i prisen for efterisolering af hulmure mellem BR10 niveauet og de yderligere stramninger skyldes at der for BR10 kravet kun regnes med efterisolering af uisolerede hulmure. Skal en hulmur isoleres yderligere kræver det udvendig efterisolering, der har ca. samme pris som udvendig efterisolering af tunge ydervægge for at opnå en given U-værdi.

Tabel 6. Pris pr. m<sup>2</sup> for efterisolering af ydervægge for et arbejde på 100 m<sup>2</sup> ved forskellige kravniveauer. Niveauet "skærpede" refererer til scenarierne B1–B3, B9-B10 og C1. Niveauet "ekstra skærpede" refererer til scenarierne B4-B5 og B8.

	BR10 (0,20 W/m <sup>2</sup> K)	Skærpede (0,15 W/m <sup>2</sup> K)	Ekstra skærpede (0,12 W/m <sup>2</sup> K)
Hulmur	289	2.742	3.017
Tung ydervæg	2.454	2.800	3.080
Let ydervæg	403	540	594

## Gulve

Figur 11 viser marginalomkostningen ved efterisolering af gulve mod kælder og tilgængelig krybekælder som funktion af arbejdets størrelse. Prisen omfatter opsætning af lægter og isoleringsbatts.



Figur 11. Samlede omkostninger i forbindelse med isolering af gulv mod kælder eller tilgængelig krybekælder svarende til isoleringsniveauet angivet i tabel 1.

## Vinduer

I forbindelse med udskiftning af vinduer regnes der ikke med en afhængighed af arbejdets størrelse, da der alene er tale om marginaludgifter til materialer. Udskiftning af vinduer er således alene afhængig af hvilken energimæssig kvalitet det nye vindue skal have. I forhold til de priser der er brugt i forbindelse med udarbejdelsen af "Danske bygnings energibehov i 2050" [14] og "Varmebesparelser ved løbende bygningsrenovering frem til

2050" [15] er mer-prisen for udskiftning af vinduer med forskellig energimæssig standard blevet opdateret på baggrund af tilgængelige priser i december 2013 (se tabel 7).

I beregningerne af økonomien for udskiftning af vinduer er der regnet med den samme pris for hele perioden. Med tanker på den hidtidige udvikling af prisen for energieffektive vinduer i Danmark er dette en meget konservativ betragtning, idet der må forventes en markant prisreduktion frem til 2050.

Den seneste tekniske udvikling har nu gjort det muligt at markedsføre vinduer med positiv varmebalance på op til +24 kWh/m<sup>2</sup> år. Der er i dag 3 vinduesproducenter med tilsammen 6 produktserier, som har en varmebalance, der er bedre end +15 kWh/m<sup>2</sup> år (i det følgende omtalt som A+ vinduer).

C-mærkede vinduerne er typisk med traditionel karm- og rammeløsninger kombineret med 2 lags energiruder. I hovedparten af de B-mærkede vinduerne er ruden ændret til en 3 lags energirude. I A-mærkede vinduerne er der typisk enten en forbedret karm- og rammeløsning eller en optimeret 3 lags energirude. I A+ mærkede vinduerne er der typisk både en forbedret karm- og rammeløsning og en optimeret 3 lags energirude.

Der er ikke på nuværende tidspunkt en egentlig prisdannelse på markedet for A+ vinduer. Ud fra betragtningen, at de tekniske tiltag typisk er de samme set for produkterne som helhed, for at komme fra B til A vinduer som for at komme fra A til A+ vinduer, og at rækkefølgen af tiltagene alene afhænger af den enkelte producents specifikke valg, vil det være nærliggende at antage, at der kun vil være en marginalt højere merpris på at gå fra A til A+ vinduet i forhold til merprisen for at gå fra B til A vinduer. I det følgende antages det derfor, at merprisen for et A+ vindue i forhold til et A vindue med dagens prisniveau vil blive ca. 400 kr./m<sup>2</sup> ekskl. moms.

Tabel 7. Aktuelle og fremtidige merpriser ved at anvende vinduer med forbedret energieffektivitet.

Forbedring	Aktuel merpris kr./m <sup>2</sup> ekskl. moms	Fremtidig merpris kr./m <sup>2</sup> ekskl. moms
C → B	120	120
B → A	340	120
A → A+	400	120

### Automatisering og effektivisering

Installation af bedre automatik og generel effektivisering af bygningernes installationer dækker over en lang række meget forskelligartede initiativer med meget forskellige priser. Beregningsmetoden behandler bygningsmassen som helhed, og det antages derfor som gennemsnit at disse forbedringer koster 20 kr./m<sup>2</sup> opvarmet etageareal i de berørte bygninger.

Der sker i øjeblikket generelt en rivende udvikling inden for sensorer, aktuatorer og styring som gør det billigere og enklere at overvåge og styre tekniske installationer i bygninger. Vi ser fx stadig flere producenter, der arbejder med udvikling af applikationer til smartphones, som gør det muligt at styre forskellige anlæg i en bygning, lige fra justering af temperatur, ventilation og solafskærmning til afbrydelse af de enkelte el-udtag. Der er derfor ingen tvivl om, at styringen af disse systemer vil blive billigere frem mod 2050, hvor vi også vil se systemer, som vi slet ikke kender i dag. Det er dog ikke på nuværende tidspunkt muligt at gætte på den fremtidige pris for anlæg til smart styring af en bygnings energiforbrug.

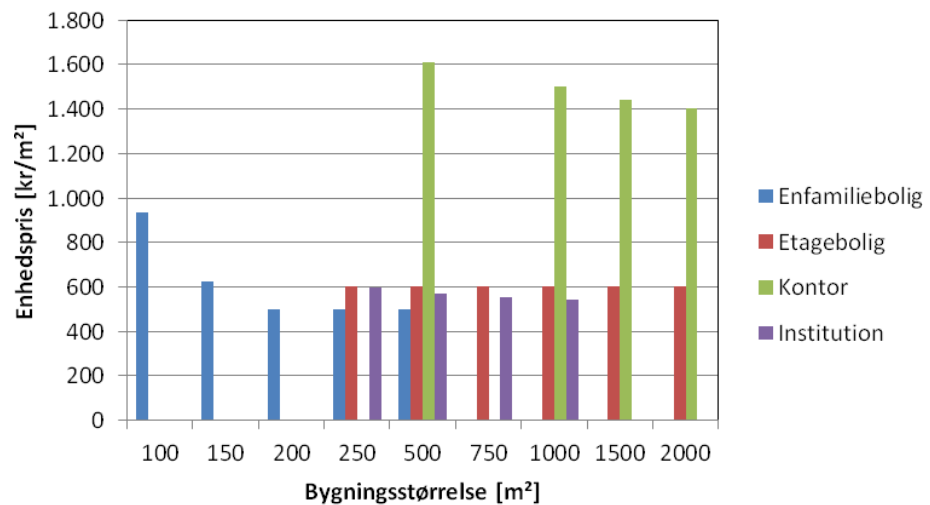
### Mekanisk ventilation med varmegenvinding

Installation af mekanisk ventilation med varmegenvinding antages primært at ske i bygninger med skråt tag og i forbindelse med renovering af taget så der på den måde er uhindret adgang til tagrummet.

Prisen for installation af mekanisk ventilation i eksisterende bygninger er forbundet med stor usikkerhed, idet der er en række tekniske og pladsmæssige forhold, som det ikke er muligt at vurdere ud fra bygningernes generelle typologi. Desuden er prisen for installationen, særligt i enfamilie-huse, stærk afhængig af størrelsen på det hus, hvor anlægget skal installeres, da en stor del af udgiften består af centrale aggregater, som skal være til sted uanset husets størrelse.

Derudover varierer prisen afhængig af hvilken type bygning anlægget skal installeres i og dermed hvilken type anlæg, der typisk til blive installeret. I kontorbygninger fx, er der typisk tale om komplicerede ventilationsanlæg med variabel volumenstrøm i modsætning til i boligerne hvor der typisk er tale om simple anlæg.

Figur 12 viser de benyttede priser for installation af balanceret mekanisk ventilation i forskellige bygningstyper og størrelser.



Figur 12 Eksempel på anvendte enhedspriser for installation af balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding, afhængig af bygningens størrelse og type.

I baggrundsrapporten til brug for arbejdet i Netværk for Energirenovering er der foretaget en vurdering af den mulige tekniske forbedring af forskellige løsninger til energimæssig opgradering af eksisterende bygninger [11]. Der peges bl.a. på, at mekaniske ventilationssystemer med varmegenvinding formentlig vil nå ned på lavere el-forbrug inden 2020, samtidig med at genvindingsgraden for aggregaterne fastholdes eller evt. forbedres en anelse. For nærværende benyttes i enfamiliehusene en 90 % effektiv varmegenvinding og med et specifikt el-forbrug til lufttransport på  $0,6 \text{ kJ/m}^3$ . I etageboliger benyttes 85 % varmegenvindingseffektivitet og et specifikt el-forbrug til lufttransport på  $0,8 \text{ kJ/m}^3$ . Det er næppe sandsynligt, at disse forbedringer vil have nævneværdig indflydelse på den samlede pris for ventilationsanlæg. Især hvis der i Bygningsreglementet stilles skærpede krav til disse værdier, må den samme udvikling som er set for vinduer – faldende eller stagnerende pris pr.  $\text{m}^2$  sammen med stigende ydelse – kunne forventes for delkomponenterne til ventilationsanlæg.

## Omfang for gennemførelse af bygningsreglementets krav

I et delprojekt i forbindelse med udarbejdelsen af baggrundsmateriale til Netværk for energirenovering er der foretaget en kvalitativ analyse af hvorvidt de tidligere beskrevne efterisoleringkrav i Bygningsreglementet gennemføres i forbindelse med almindelig renovering [4].

Analysen er primært fokuseret på om Bygningsreglementets krav overholdes i forbindelse med tagrenovering i parcelhuse og kommunale byg-

ninger. Årsagen til disse 2 fokusområder er dels, at det forventes, at der blandt parcelhusejerne er risiko for at reglerne i et vist omfang ikke overholdes, og dels for at undersøge, hvorvidt offentlige bygningsejere overholder reglerne.

Det er ikke på baggrund af den gennemførte analyse entydigt muligt at identificere i hvor stor en andel af parcelhusene, der ikke bliver gennemført den krævede efterisolering i forbindelse med tagrenovering. Det tyder dog på, at der i forbindelse med 10-20 % af de gennemførte tagrenoveringer ikke gennemføres den krævede efterisolering. Blandt årsagerne til den manglende efterlevelse af reglerne nævner de udførende fx rentabilitet, tekniske muligheder, plads og som den mindst omfattende årsag, direkte krav fra bygningsejerne.

Lige som for parcelhusene er det ikke muligt at identificere hvor stor en andel af de kommunale bygninger, der ikke får gennemført den krævede efterisolering i forbindelse med tagrenovering. I modsætning til parcelhusene, hævdes det for de kommunale bygninger at årsagen til den manglende efterisolering alene skal findes i en rentabilitetsvurdering. Ofte vil effekten af tidligere gennemført efterisolering have bragt bygningen et stykke på vej mod dagens energikrav og dermed bliver varmebesparelsen ved en yderligere forøgelse af isoleringstykkelsen ikke rentabel.

I analyserne af besparelspotentialer i business- as-usual-scenarierne er der antaget en overholdelsesgrad på 80 % for parcelhuse. Det vil sige at det renoverede årlige tagareal reduceres tilsvarende. Det betyder, at 80 % af de renoverede bygninger, hvor efterisoleringen kan falde ind under kategorien "foranstaltninger som ofte er rentable at gennemføre" bliver efterisoleret. Af mangel på bedre viden, og med afsæt i den kvalitative analyse, antages at 80 % af alle øvrige bygningstyper og ejerforhold får gennemført efterisolering i forbindelse med tagrenovering.

## Reducerede besparelser i praksis

Besparelsen ved gennemførelse af et energibesparende tiltag er baseret på en normativ beregning med standardforudsætninger. Selvom energirenovering allerede har været på dagsordenen i Danmark i flere år, så mangler der stadig en generel viden og erfaring om den normative besparelse holder i praksis. Demonstrationsprojekter under fællesbetegnelsen Energi-Parcel [6] har vist at den reelle besparelse ofte er noget lavere end den teoretisk beregnede, hvilket dels forklares ved en gennemsnitlig højere rumtemperatur efter energirenoveringen og dels en ændret brugeradfærd. Der kan fx være tale om store, ældre huse hvor en del af huset før renoveringen blev "lukket ned" i vinterhalvåret eller små huse med et stort varmeforbrug, hvor beboerne har holdt en lav indetemperatur og/eller fyret intensivt med brænde for at holde varmeregningen nede.

Dette forhold er beregningsmæssigt i begrænset omfang medtaget ved at fastholde antallet af graddage - svarende til at, der er en lidt højere indetemperatur over en kortere fyringssæson.

# Beregningsmodel

Den bagvedliggende beregningsmodel er opbygget ved brug af data fra Bygnings og Bolig Registeret (BBR) [2] og statistiske data fra Energimærkningsordningen (EMO) [5] vedrørende bygningernes isoleringsstandard og arealet af bygningsdelene pr. enhedsareal (opvarmet etage areal).

Der er opstillet en model for enhedsforbruget [kWh/m<sup>2</sup>] for hver bygningsanvendelsestype (jf. opdelingen i BBR) og i ni tidstypiske byggeperioder. I modellen indgår varmetab gennem bygningernes klimaskærm og ved ventilation samt forbrug til varmt brugsvand. Desuden indgår bidrag til opvarmningen af bygningerne i form af varmeafgivelse fra personer og elforbrugende installationer samt solindfald gennem bygningernes vinduer. Der benyttes en graddagemetode til vurdering af varmekonsumet i den nuværende bygningsmasse og til vurdering af de potentielle varmebesparelser.

Samme model benyttes til vurdering af potentialet for varmebesparelser, idet der løbende implementeres forbedret isoleringsevne i takt med, at en del af bygningerne undergår renovering. Modellen kan desuden medtage effekten ved installation af ventilation med varmegenvinding.

Den opstillede beregningsmodel anvender en opdeling af den samlede bygningsmasse jf. de to nedenstående tabeller, dvs. en kombination af byggeperiode og en bygningsanvendelse. Tabel 9 viser de 9 byggeperioder der er karakteriseret efter enten typisk byggestil (de ældre perioder) eller stramninger i bygningsreglementet (de nyere perioder). Tabel 8 viser den anvendte opdeling af bygningsmassen efter anvendelseskode jf. BBR for de kategorier, som er medtaget i analyserne.

Tabel 9 Anvendte byggeperioder.

Nr.	Periode
p1	Før 1890
p2	1890 - 1930
p3	1931 - 1950
p4	1951 - 1960
p5	1961 - 1972
p6	1973 - 1978
p7	1979 - 1998
p8	1999 - 2006
p9	2007 - 2012

Tabel 8 Anvendelseskoder jf. BBR

Kode	Beskrivelse
110	Stuehus
120	Parcelhus
130	Række/kædehus
140	Etagebolig
150	Kollegium
160	Døgninstitution
190	Anden helårsbolig
320	Kontor/handel
330	Hotel og service
390	Anden handel/service
410	Kulturbygning
420	Undervisning
430	Sygehus
440	Daginstitution
490	And. institution
510	Sommerhus
520	Feriebygning
530	Sportsanlæg
590	Anden fritidsbygning



## Energiberegninger

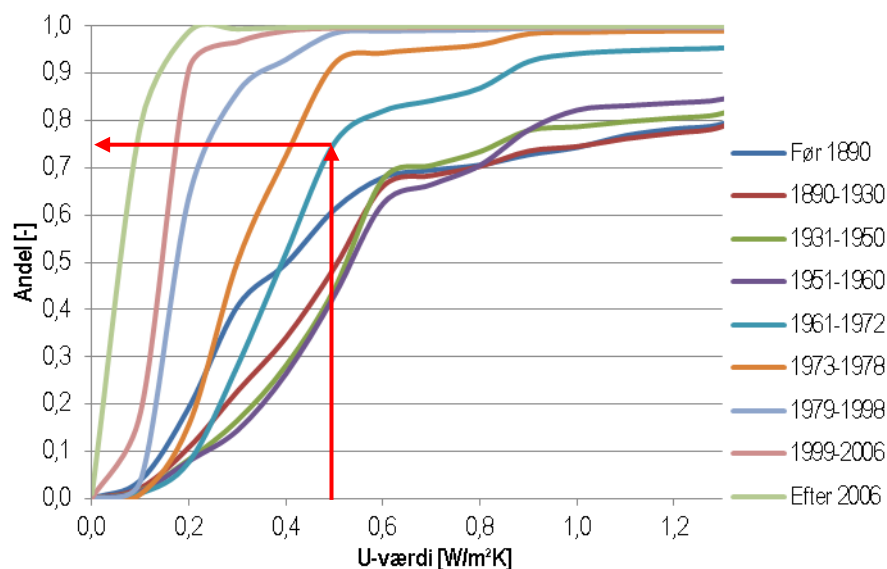
Energiforbruget beregnes som et nettoenergiforbrug til opvarmning, ventilation og varmt brugsvand med tilskud fra solindfald gennem bygningens vinduer og varmeafgivelse fra personer og elektriske apparater (inkl. belysning).

### Bygningsmodel

På baggrund af data fra EMO beregnes en arealvægtet U-værdi for hver bygningsklasse og aldersgruppe. Tilsvarende udtrækkes arealer for tage, gulve, ydervægge og vinduer inden for hver bygningstype og aldersgruppe. Herefter beregnes varmetabet gennem bygningernes klimaskærm på baggrund af graddagetallet (GD) som:

$$Q = GD \times \sum \bar{U} \times A$$

Ud over de arealvægtede middelværdier for bygningsdelene i forskellige bygningstyper og byggeperioder er der etableret en fordelingskurve for U-værdierne inden for hver bygningstype og alder. Fordelingskurverne er opstillet på baggrund af data fra energimærkningsordningen og repræsenterer således et øjeblikbillede af isoleringsstandarden for den eksisterende bygningsmasse. Med disse fordelingskurver er det muligt at finde den andel af det samlede areal for en bygningskomponent inden for enhver bygningskategori som har en U-værdi der er så høj at det kan antages økonomisk rentabelt at foretage en energimæssig opgradering.



Figur 13. Eksempel (ydervægge i parcelhuse) på fordelingskurve for U-værdier. Det er muligt at finde hvor stor en andel af det samlede ydervægsreal som er over en given værdi, fx har 25 % af ydervæggene opført i perioden 1961-1972 en U-værdi over 0,5 W/m<sup>2</sup>K – og det antages normalt at være økonomisk rentabelt at efterisolere i forbindelse med planlagt renovering.

Til beregning af det nuværende varmebehov benyttes den middel U-værdi for den enkelte bygningstype og periode, som er beregnet ud fra registreringerne i EMO ordningen. Energibehovet i 2050 beregnes ved en sammenvejning af U-værdierne for de renoverede og for de ikke renoverede konstruktioner. Andelen af konstruktioner som antages renoveret frem til 2050 bestemmes af 3 reduktionsfaktorer, for rentabilitet, levetid og overholdelse af komponentkravene. Rentabiliteten (se figur 13) bestemmes ud fra hvor stor en andel (registrering i EMO ordningen) af konstruktionerne, der har en U-værdi over den grænse for hvornår efterisolering antages rentabel, jf bilag 6 til BR10. Andelen af bygningskomponenter, der renoveres på grund af alder, bestemmes ud fra oplysninger om materialer og

byggeår fra BBR-registeret. I tabel 10 ses som et eksempel et estimat for andelen af parcelhuse, som antages at få en efterisolering af tagene inden 2050 på baggrund af de tre afskæringskriterier.

Tabel 10. Estimat for efterisoleret andel af parcelhuses tagareal (eksempel) med reduktion på baggrund af rentabilitet (kun efterisolering af konstruktioner med en U-værdi over 0,2 W/m<sup>2</sup>K), levetid og BR overholdelse. Det samlede arealvægtede tagareal som efterisoleres inden 2050 i scenarie A0 er 20,5 %.

Tag (0,2)	Før 1890	1890 -1930	1931 -1950	1950 -1960	1961 -1972	1973 -1978	1979 -1998	1999 -2006	Efter 2006
Rentabelt	40,4 %	47,1 %	46,8 %	43,2 %	34,7 %	26,6 %	3,6 %	0,4 %	0,2 %
Levetid	66,5 %	83,5 %	84,2 %	83,3 %	78,7 %	82,5 %	84,2 %	84,3 %	82,6 %
Opfyldelse	80 %	80 %	80 %	80 %	80 %	80 %	80 %	80 %	80 %
Efterisoleret	21,5 %	31,5 %	31,5 %	28,8 %	21,8 %	17,5 %	2,4 %	0,2 %	0,1 %

Varmeforbruget til ventilation beregnes ud fra en antagelse om ventilationsraten ( $q$ ) og indetemperaturen i de enkelte bygningstyper og aldersgrupper samt om den gennemsnitlige varmegenvindingsgrad for den andel af bygningerne som har balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding. Varmeforbruget til ventilation i gennemsnitsbygningen beregnes som:

$$Q_{vent} = 1,21 \times GD \times \bar{A} \times q \times (Z_{nv} + Z_{mekv} \times (1 - \varepsilon_{mekv}))$$

Z angiver den arealandel af en bygnings- og aldersgruppe som har naturlig hhv. mekanisk ventilation.

Energiforbruget til varmt brugsvand beregnes som et fast vandforbrug, afhængig af bygningstype, der opvarmes med 45 °C fra 10 °C til 55 °C som:

$$Q_{VBV} = \bar{A} \times q_{VBV} \times C_p \times 45$$

Vinduerne antages i gennemsnit at være placeret lige som den fordeling der benyttes til at beregne energitilskuddet ( $E_{ref}$ ) gennem et referencevindue jf. energimærkningsordning for vinduer. Hermed kan varmetilskuddet gennem den gennemsnitlige bygnings vinduer beregnes som:

$$Q_{vinduer} = \sum E_{ref} \times \overline{A_{vin}}$$

Varmetilskuddet fra personer og elektriske udstyr som findes i bygningerne, er fastsat lige som ved beregning af en bygnings energimæssige ydeevne i forbindelse med byggesagsbehandling og energimærkning jf. Bygningers energibehov [1].

## Økonomiberegninger

De økonomiske omkostninger for de energibesparende tiltag i dagens priser er baseret på priser hentet fra online-udgaven af V&S priskatalog 2012 [12].

Da tiltagene udføres i forbindelse med anden planlagt renovering af samme bygningsdel, er det kun selve prisen for det energibesparende tiltag, der er medregnet. For udskiftning af fx tagbelægning er det dermed kun prisen for efterisoleringsarbejdet, der er medtaget. Det vil fx for tagene sige fjernelse af gammel isolering, levering og montage af lægter og isolering med krydsisolering, forhøjelse af spær og lægning af ny gangbro.

Marginalomkostningen for opgradering af vinduer er fastsat til 0 kr. pr. m<sup>2</sup> ved udskiftning til vinduer som netop lever op til Bygningsreglementets nuværende mindstekrav, dvs. C-mærkede vinduer. Det betyder, at der kun optræder en omkostning for vinduesrenovering efter 2015, hvor kravet strammes til B-mærkede vinduer og i forbindelse med scenarierne, der

analyserer skærpede krav i forbindelse med udskiftning af vinduer. I opgørelsen af den samlede omkostning indgår prisforskellen mellem et C-mærket vindue og prisen for de forskellige energimæssigt bedre vinduer.

Alle omkostninger, bortset fra omkostninger ved udskiftning af vinduer, er afhængige af størrelsen af arbejdet. Denne effekt er inddraget ved at benytte den pris, som er gældende for den gennemsnitlige bygningsstørrelse inden for hver kategori (anvendelse og byggeperiode).

Der er regnet med to priser. Dels dagens priser på basis af V&S priskataloget, og dels priser, som tager højde for rationaliseringen af arbejdsprocesser, ny teknologi mv. som beskrevet på side 15.

Beregning af økonomien for energiforbedring af bygningsmassen bygger på en opgørelse for hver af de konstruktionstyper, der antages opgraderet. Andelen af konstruktioner som bliver opgraderet bestemmes af grænseværdien (U-værdi) for konstruktionerne. Kun de konstruktioner som har en U-værdi over grænseværdien medgår i beregningen af energibesparelsen og den dertil hørende økonomi (se afsnit: Bygningsmodel på side 23), idet det ikke antages at være økonomisk rentabelt at efterisolere konstruktioner, som i forvejen har en U-værdi, der er lavere end grænseværdien. Derudover indgår levetiden for de forskellige byggematerialer som den andel af det samlede areal for en konstruktion med et givent byggemateriale, som når at blive renoveret frem til 2050.

$$E = A \times F_{U\text{-grænse}} \times F_{\text{levetid}} \times F_{\text{gennemførelse}} \times e_{\text{komponent}}$$

Hvor

- $F_{U\text{-grænse}}$  er arealandelen for bygningskomponenten som har en U-værdi der er over grænseværdien. Det antages ikke umiddelbart rentabelt efterisolere konstruktioner over grænseværdien.
- $F_{\text{levetid}}$  er andelen af arealer der renoveres frem mod 2050.
- $F_{\text{gennemførelse}}$  er den andel af renoveringsopgaverne der overholder komponentkravene i BR.
- $e_{\text{komponent}}$  er marginalomkostningen opgjort pr. m<sup>2</sup> af komponenten (tag, ydervæg, gulv og vindue) eller pr. bygning (ventilation). Ved omkostninger opgjort pr. bygning divideres med  $\bar{A}$ .

Når den samlede økonomi for alle opgraderinger som gennemføres frem til 2050 er bestemt, er det muligt, på baggrund af renoveringsaktiviteten, som bestemmes ud fra konstruktionernes anslåede levetid og byggeåret, at fordele udgifterne på de enkelte år.

## Scenarier for varmebesparelser

Scenarierne betegnet A viser forskellige antagelser omkring de komponentkrav som findes i Bygningsreglement 2010 i forbindelse med udskiftning og renovering af bygningsdele og forskellige hastigheder for indfasning af disse stramninger. Scenarier betegnet B indeholder analyser af effekten af forskellige stramninger af komponentkravene i Bygningsreglementet. Scenarier betegnet C indeholder analyser af forskellige muligheder – ud over stramning af komponentkravene - for at opnå yderligere markante varmebesparelser i den eksisterende bygningsmasse frem til 2050.

Som udgangspunkt er der opstillet en model for beregning af varmemeforbruget i den eksisterende bygningsmasse på baggrund af indberetninger foretaget i energimærkningsordningen og ekstrapolering i forhold til arealer opgjort i BBR registeret for forskellige bygningstyper og byggeperioder. Tabel 11 viser det beregnede enhedsforbrug for forskellige bygningstyper og byggeperioder til brug for sammenligning med de forskellige scenarier.

Tabel 11. Beregnede nuværende enhedsforbrug i de analyserede bygningstyper og byggeperioder jf. registreringer af konstruktionernes nuværende termiske egenskaber i forbindelse med energimærkning.

kWh/m <sup>2</sup> pr. år	Før 1890	1890-1930	1931-1950	1951-1960	1961-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	Efter 2006
Stuehus	184,3	171,4	161,8	151,2	136,2	116,9	100,3	81,0	66,6
Parcelhus	170,3	164,7	164,1	154,9	134,3	119,8	105,4	83,9	67,3
Række/kædehus	158,2	157,7	149,3	142,8	119,9	112,6	96,8	81,5	66,4
Etagebolig	151,1	153,9	157,0	148,0	132,3	121,0	108,5	84,0	60,7
Kollegium	137,9	149,2	136,4	145,7	130,6	139,1	131,7	84,0	58,2
Døgninstitution	164,1	161,9	152,3	140,2	143,2	136,9	116,0	94,1	63,3
And. helårsbolig	161,1	165,7	158,4	161,4	135,8	132,7	101,0	80,4	66,6
Kontor/handel	129,8	125,2	129,0	126,7	117,5	120,0	103,3	89,6	82,8
Hotel og service	172,0	166,5	152,4	160,9	157,2	172,0	141,8	122,6	121,1
And. hand/serv.	82,7	119,0	123,6	107,4	125,7	139,9	116,6	102,7	96,0
Kulturbygning	166,0	156,1	156,5	139,2	125,8	118,4	131,2	105,1	96,6
Undervisning	126,2	136,3	141,0	133,8	135,1	145,6	115,1	100,0	86,2
Sygehus	195,3	178,4	173,2	177,3	153,8	156,5	149,6	138,6	129,7
Daginstitution	170,7	181,7	173,8	171,6	172,8	166,1	143,5	133,9	115,9
And. institution	177,9	175,8	178,2	201,7	179,1	169,1	139,4	135,3	117,6
Sommerhus	205,8	162,5	150,0	176,7	154,6	126,6	134,8	90,8	73,1
Feriebygning	139,6	150,5	172,4	112,1	137,9	122,1	125,4	68,9	35,9
Sportsanlæg	198,1	206,8	187,8	173,4	165,3	163,1	155,0	138,3	119,3
And. fritidsbygn.	163,4	132,0	149,7	154,7	129,8	129,0	115,0	98,6	76,8

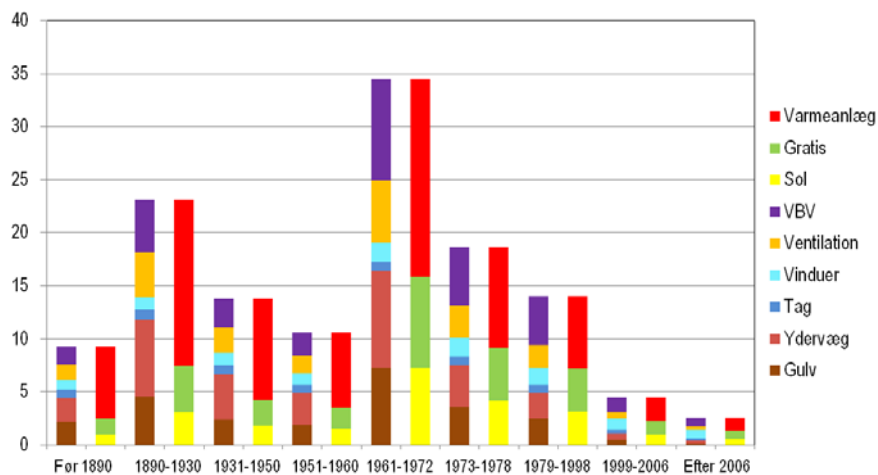
1) Det beregnede enhedsforbrug for bygninger til anden handel og service, opført i perioden før 1890, er urealistisk lavt. Data er forbundet med stor usikkerhed da der kun findes meget få bygninger fra denne periode i databasen fra EMO ordningen. Der er meget få bygninger registreret i BBR registeret for denne periode, og usikkerhed i denne periode vil derfor kun have marginal indflydelse på de samlede resultater.

Når enhedsforbruget kendes er det muligt at vurdere varmemeforbruget i gennemsnitsbygningen ud fra deres gennemsnitlige areal (tabel 12).

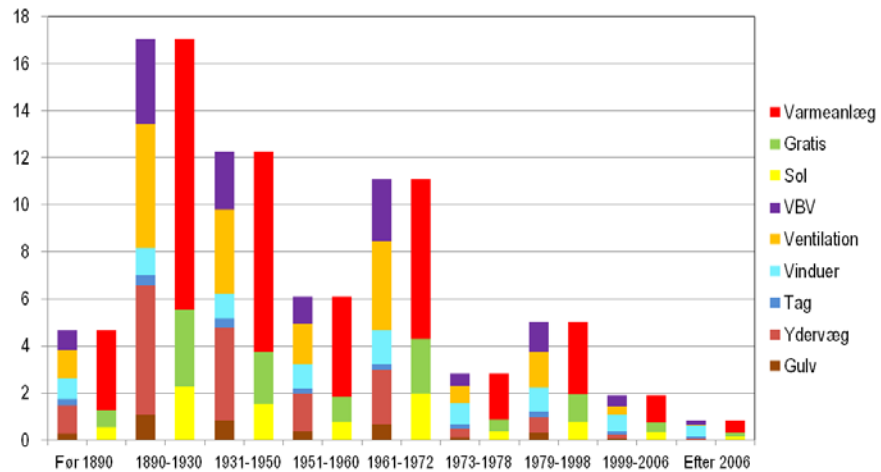
Tabel 12. Gennemsnitlig bygningsstørrelse (opvarmet areal) for den benyttede bygningskategorier jf. information fra BBR.

Gns. størrelse m <sup>2</sup>	Før 1890	1890- 1930	1931- 1950	1951- 1960	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1998	1999- 2006	Efter 2006
Stuehus	207	191	185	181	191	218	212	217	240
Parcelhus	164	164	151	137	150	159	150	162	171
Række/kædehus	135	140	201	204	202	307	289	270	200
Etagebolig	960	1.137	1.581	2.352	3.624	3.989	1.590	1.700	1.873
Kollegium	1.448	1.013	1.508	1.724	3.613	1.509	910	1.314	1.907
Døgninstitution	1.117	1.037	1.375	1.958	1.920	2.369	1.115	1.205	1.497
And. helårsbolig	236	265	333	364	778	582	714	357	702
Kontor/handel	1.258	1.441	1.819	1.895	2.625	2.997	3.232	4.714	2.836
Hotel og service	752	1.198	1.274	2.563	1.275	1.140	1.223	2.971	1.643
And. hand/serv.	1.220	393	1.043	857	1.433	829	762	2.553	1.735
Kulturbygning	584	808	827	905	1.269	2.069	875	873	863
Undervisning	1.704	1.999	2.303	2.726	3.173	3.115	1.974	1.657	2.087
Sygehus	1.589	2.781	2.811	2.684	4.155	3.457	6.257	3.469	2.486
Daginstitution	560	482	540	554	522	573	548	551	691
And. institution	1.526	1.038	1.045	914	1.201	1.130	983	861	1.150
Sommerhus	103	159	165	144	104	380	109	110	111
Feriebygning	517	612	439	1.474	560	1.622	981	688	500
Sportsanlæg	459	1.064	657	1.088	2.313	2.177	1.380	1.756	1.854
And. fritidsbygn.	338	566	426	344	682	1865	330	321	469

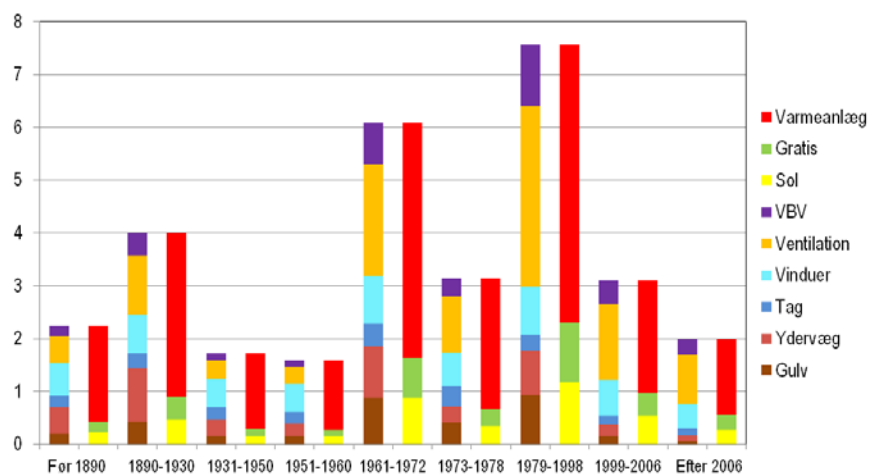
Efter opstilling af energimodel for bygningsmassen som den ser ud i henhold til registreringerne i EMO ordningen er det muligt at opstille en varmebalance for de forskellige bygningstyper. Figur 14 til figur 16 viser eksempler på varmebalancen for udvalgte bygningstyper.



Figur 14. Varmebalance (PJ/år) for alle parcelhuse i Danmark i henhold til registreringer i EMO ordningen. (VBV= varmt brugsvand)



Figur 15. Varmebalance (PJ/år) for alle etageboliger i Danmark i henhold til registreringer i EMO ordningen.



Figur 16. Varmebalance (PJ/år) for alle bygninger til handel og service formål i Danmark i henhold til registreringer i EMO ordningen.

## Scenarier A - Nuværende komponentkrav

A scenarierne ideholder analyser af effekten på varmemforbruget i den eksisterende bygningsmasse af de nuværende krav ved renovering og udskiftning af bygningskomponenter som angivet i BR10 - efterfølgende kaldet "business-as-usual" scenariet. Scenarie A0 viser således effekten, hvis der ikke foretages justeringer i kravene eller i graden af overholdelse af kravene. Scenarie A1 analyserer konsekvensen af hvis kravene overholdes i fuldt omfang (100 %) i modsætning til nu hvor en mindre andel af bygningerne ikke overholder kravene på grund af økonomiske, tekniske, arkitektoniske forhold som tilsiger at kravene ikke behøver at blive overholdt samt bygningsejernes manglende viden om kravene. Scenarie A2 viser betydningen af 90 % gennemførsel af komponentkravene i BR10. I scenarierne A3 og A4 analyseres hhv. effekten af en længere levetid for bygningskomponenterne end der er regnet med i scenarie A0 og effekten af krav om at alle tage bliver efterisoleret inden 2050. Scenarie A5 analyserer betydningen af en hurtig indfasning af kravet om udskiftning til A-mærkede vinduer.

## A0 – "Business-as-usual"

Scenariet tager udgangspunkt i de komponentkrav, som findes i Bygningsreglement 2010 i forbindelse med renovering eller udskiftning af bygningskomponenter. De energibesparende foranstaltninger implementeres i den takt, som bygningskomponenterne står over for en renovering eller udskiftning på grund af deres alder, og såfremt det eksisterende isoleringsniveau ikke opfylder kravene i BR10. Desuden forudsættes, at 80 % af det berørte areal for tag og ydervægge bliver efterisoleret i henhold til Bygningsreglementets krav<sup>2</sup>. Dette svarer således til, at 20 % af det berørte areal ikke bliver opgraderet på grund af tekniske, arkitektoniske og/eller økonomisk rentable forbehold. Dette sker, selv om disse arbejder ofte må antages at være rentable.

Den løbende udskiftning eller renovering af teglmure vurderes at være relativ lav på grund af deres lange levetider. Det antages, at andre årsager som fx ønske om bedre indeklima og lavere varmeregning vil bevirke, at en mindre del af teglmursarealet vil blive efterisoleret. I scenariet er det derfor antaget, at 0,5 % af ydervægsarealet af tegl efterisoleres årligt. På grund af den store udbredelse af ydervægge af tegl i den eksisterende danske bygningsmasse, dominerer denne renoverede andel af teglydervæggene helt varmebesparelserne for ydervæggene. Lette ydervægsbeklædninger udskiftes i takt med den løbende renovering.

For vinduerne forudsættes det, at hele det udskiftede areal opgraderes i overensstemmelse med Bygningsreglementets krav, hvilket dækker over en lille andel af arealet, som ikke opfylder kravet, fx fordi vinduerne ikke skiftes, men i stedet forsynes med forsatsruder eller at bare glassene skiftes, samt at en del af vinduerne udskiftes til bedre vinduer, end der kræves.

For alle komponenter, bortset fra vinduerne, gælder at det er kun den del af komponentens areal (se figur 13 på side 23 og tabel 10 på side 24) som har en U-værdi over grænseværdien, der antages efterisoleret/udskiftet. Grænseværdien er sat efter hvilke efterisoleringsarbejder, der normalt anses for at være økonomisk rentable. Ud fra data fra BBR er der dannet bygningsmodeller for alle bygningstyper, som bl.a. består af bygningernes gennemsnitsstørrelse. viser gennemsnitsstørrelsen (opvarmet areal) af de enkelte bygningskategorier (alder og type).

Fortsættes udviklingen som hidtil vil det årlige varmeforbrug i 2050 være 148.978 TJ pr. år, eller 57.199 TJ pr. år (27,7 %) lavere end i 2011.

---

<sup>2</sup> Det berørte areal svarer til det, der i modellen estimeres årligt at blive renoveret baseret på gennemsnitlige levetider. For ydervægge er arealet dermed begrænset, da ca. 80 % er opført med tegl, der har en relativ lang levetid.

Tabel 13 Beregnede enhedsforbrug i 2050 for de analyserede bygningstyper og byggeperioder jf. gennemførte energiforbedringer i henhold til scenarie A.

kWh/m <sup>2</sup> pr. år	Før 1890	1890- 1930	1931- 1950	1951- 1960	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1998	1999- 2006	Efter 2006
Stuehus	132,4	122,1	113,8	106,2	99,2	86,5	77,4	64,6	57,4
Parcelhus	123,3	113,3	111,4	105,0	94,7	87,8	81,0	70,3	58,8
Række/kædehus	113,3	108,5	102,2	97,8	84,6	79,5	74,3	67,3	57,6
Etagebolig	101,9	101,6	103,4	101,3	94,8	88,2	86,3	70,5	48,9
Kollegium	99,4	104,2	95,7	97,3	97,6	103,2	99,5	72,4	48,9
Døgninstitution	120,9	118,6	113,3	109,2	113,7	111,6	95,5	79,4	55,8
And. helårsbolig	108,3	113,0	108,7	112,8	101,8	98,1	73,5	68,3	55,0
Kontor/handel	85,6	84,8	86,4	89,6	86,0	93,3	83,3	77,0	75,1
Hotel og service	131,5	127,4	115,1	124,5	124,2	138,2	122,5	111,8	112,1
And. hand/serv.	68,7	95,3	95,2	81,5	95,8	105,2	93,9	86,7	83,8
Kulturbygning	117,0	109,7	112,6	102,8	95,2	93,6	108,1	92,0	89,1
Undervisning	87,3	94,4	102,4	96,3	101,5	117,9	95,0	86,7	78,6
Sygehus	140,9	134,8	132,3	132,2	124,4	133,7	132,5	128,2	122,5
Daginstitution	124,0	135,1	130,2	133,5	134,3	133,4	121,0	118,6	110,7
And. institution	127,2	129,7	133,7	151,7	139,4	133,9	119,0	120,6	108,4
Sommerhus	118,3	99,9	92,8	92,7	94,3	79,0	79,5	62,7	57,7
Feriebygning	97,0	109,2	122,0	81,1	90,7	80,6	82,7	56,4	29,4
Sportsanlæg	150,6	157,6	143,1	139,3	141,2	144,6	140,6	126,5	114,6
And. fritidsbyggn.	118,9	86,9	99,2	99,4	94,1	89,1	85,9	81,2	68,2



## A1 – Fuld BR overholdelse

Scenarie A1 giver en vurdering af effekten af 100 % gennemførelse (dvs. samme som scenarie A0, bare med fuld implementering på hele det berørte areal) af energikravene i BR10 i forbindelse med renovering eller udskiftning af bygningskomponenter. Det vil sige at, der ikke tages hensyn til om efterisoleringen er rentabel eller bygge- og fugtteknisk mulig. Efterisolering foretages dog forsat kun på det areal, som har en U-værdi over grænsen for konstruktioner, hvor efterisolering antages at være "ofte rentabel", jf Bygningsreglement 2010, bilag 6.

Antages fuld overholdelse af komponentkravene angivet i Bygningsreglement 2010, vil det årlige varmekonsum i 2050 være 141.446 TJ pr. år, svarende til en reduktion på 31,4 %. Det er 7.532 TJ pr. år lavere, end hvis udviklingen fortsætter som hidtil.

Tabel 14 Enhedsforbrug i 2050 ved fuld overholdelse af komponentkravene i Bygningsreglement 2010 for tage, ydervægge og vinduer.

kWh/m <sup>2</sup> pr. år	Før 1890	1890- 1930	1931- 1950	1951- 1960	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1998	1999- 2006	Efter 2006
Stuehus	123,6	113,9	106,0	99,0	94,6	83,5	76,0	63,3	57,4
Parcelhus	115,7	105,0	102,8	97,4	90,1	84,9	79,6	69,6	58,9
Række/kædehus	106,4	100,4	94,6	91,2	80,7	76,8	73,2	66,7	57,4
Etagebolig	94,2	93,2	94,4	94,5	90,7	85,1	85,0	69,8	48,5
Kollegium	93,8	97,2	89,3	90,2	94,4	99,1	96,1	72,1	48,6
Døgninstitution	114,6	111,5	107,6	104,9	110,7	109,2	94,2	78,8	55,7
And. helårsbolig	99,3	104,2	100,7	104,6	98,5	94,7	70,7	68,2	54,9
Kontor/handel	78,8	78,7	80,0	84,4	82,3	90,2	82,1	76,4	75,0
Hotel og service	125,1	121,5	109,7	118,9	120,2	134,5	121,3	111,4	111,9
And. hand/serv.	67,8	93,2	93,4	79,7	93,4	101,5	91,8	84,7	82,5
Kulturbygning	108,9	101,9	105,1	98,0	91,7	91,8	106,7	91,4	89,1
Undervisning	81,2	87,9	97,0	91,2	97,7	114,9	93,8	86,1	78,6
Sygehus	131,0	127,6	125,6	124,2	120,5	130,7	131,3	127,5	122,4
Daginstitution	116,3	127,8	123,3	128,4	130,1	130,2	119,7	118,1	111,1
And. institution	118,6	121,9	126,4	143,7	134,4	129,4	117,7	119,8	108,4
Sommerhus	102,2	89,3	85,4	78,8	84,9	71,0	73,1	61,0	57,6
Feriebygning	90,4	102,9	113,8	76,5	85,0	74,9	77,1	55,9	29,6
Sportsanlæg	142,4	148,8	135,5	134,2	137,5	141,9	139,0	125,4	114,6
And. fritidsbygn.	111,6	79,5	90,9	91,1	88,6	85,2	83,7	80,4	68,5

## A2 – 90 % efterisolering ved renovering

Dette scenarie analyserer effekten af en særlig indsats, der sikrer, at bygningsejerne blive bekendt med kravet om efterisolering i forbindelse med renovering og udskiftning af bygningskomponenter. Det antages, at der stadig vil være 10 % af de bygningskomponenter, som renoveres, der ikke bliver efterisoleret op til kravene i Bygningsreglement 2010, men alene på grund af økonomiske, tekniske og arkitektoniske årsager. Det er dermed et scenarie der lægger sig midt mellem Business-as-usual scenariet og scenariet med fuld overholdelse af komponentkravene i Bygningsreglement 2010.

Med dette scenarie vil varmemeforbruget i den analyserede del af bygningsmassen udgøre 145.212 TJ i 2050, svarende til en reduktion i varmemeforbruget på 60.966 TJ (29,6 %) i forhold til dagens forbrug og en yderligere reduktion på 3.766 TJ i forhold til Business-as-usual scenariet.

Dette scenarie benyttes som udgangspunkt for B-scenerierne.

Tabel 15. Enhedsforbrug i 2050 ved 90 % gennemførelse af energiforbedringer i forbindelse med renovering/udskiftning af tage, ydervægge og vinduer.

kWh/m <sup>2</sup> pr. år	Før 1890	1890- 1930	1931- 1950	1951- 1960	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1998	1999- 2006	Efter 2006
Stuehus	128,0	118,0	109,9	102,6	96,9	85,0	76,7	64,0	57,4
Parcelhus	119,5	109,1	107,1	101,2	92,4	86,4	80,3	70,0	58,8
Række/kædehus	109,8	104,5	98,4	94,5	82,6	78,1	73,7	67,0	57,5
Etagebolig	98,0	97,4	98,9	97,9	92,8	86,7	85,7	70,1	48,7
Kollegium	96,6	100,7	92,5	93,7	96,0	101,2	97,8	72,2	48,8
Døgninstitution	117,8	115,1	110,4	107,1	112,2	110,4	94,8	79,1	55,8
And. helårsbolig	103,8	108,6	104,7	108,7	100,2	96,4	72,1	68,3	54,9
Kontor/handel	82,2	81,8	83,2	87,0	84,2	91,8	82,7	76,7	75,0
Hotel og service	128,3	124,4	112,4	121,7	122,2	136,4	121,9	111,6	112,0
And. hand/serv.	68,2	94,2	94,3	80,6	94,6	103,4	92,8	85,7	83,2
Kulturbygning	112,9	105,8	108,9	100,4	93,5	92,7	107,4	91,7	89,1
Undervisning	84,2	91,2	99,7	93,8	99,6	116,4	94,4	86,4	78,6
Sygehus	136,0	131,2	128,9	128,2	122,5	132,2	131,9	127,8	122,5
Daginstitution	120,1	131,5	126,7	131,0	132,2	131,8	120,4	118,4	110,9
And. institution	122,9	125,8	130,1	147,7	136,9	131,7	118,4	120,2	108,4
Sommerhus	110,2	94,6	89,1	85,7	89,6	75,0	76,3	61,8	57,7
Feriebygning	93,7	106,0	117,9	78,8	87,8	77,8	79,9	56,2	29,5
Sportsanlæg	146,5	153,2	139,3	136,8	139,3	143,2	139,8	126,0	114,6
And. fritidsbyggn.	115,3	83,2	95,0	95,3	91,3	87,1	84,8	80,8	68,4

### A3 - Forlængelse af levetider for tage med 25 %

Scenariet viser netto-varmebesparelsen som for referencescenariet, men ved en forlængelse af levetiderne for tagbeklædning med 25 %.

Forlænget levetid af vinduer har ingen betydning for den resulterende varmebesparelse i 2050 da vinduer indsat i 2020 (B-mærkede vinduer) under alle omstændigheder antages at være udskiftet med A-mærkede vinduer inden 2050 på grund af deres levetid. Lige som vinduerne, anses alle lette ydervægsbeklædninger at være udskiftet mindst en gang inden 2050 på grund af deres forventede levetid. Renoveringen af tunge ydervægge domineres helt af den anslåede renoveringstakt på 0,5 % pr. år for denne type ydervægge og har derfor ingen indflydelse for dette scenarie. Derfor er det alene konsekvensen en længere levetid af tagene, der analyseres i nærværende scenarie.

Antages tagenes levetid forøget med 25 % i forhold til scenarie A0 bliver det årlige varmeforbrug i 2050 beregnet til 156.072 TJ pr. år i forhold til dagens varmeforbrug. Dermed stiger varmeforbruget i 2050 med 3,4 %-point i forhold til hvis udviklingen fortsætter som antaget i Business-as-usual scenariet.

Tabel 16. Enhedsforbrug i 2050 ved 25 % længere levetid af tagene, og i øvrigt en udvikling der fortsætter som hidtil med energiforbedringer i forbindelse med renovering/udskiftning af tage, ydervægge og vinduer.

kWh/m <sup>2</sup> pr. år	Før 1890	1890-1930	1931-1950	1951-1960	1961-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	Efter 2006
Stuehus	139,4	128,1	119,5	112,6	104,1	90,6	79,5	67,5	62,0
Parcelhus	129,8	119,0	117,3	110,5	99,6	91,4	83,2	74,2	63,5
Række/kædehus	117,2	113,7	106,8	103,0	91,2	85,3	76,5	71,0	62,0
Etagebolig	106,1	107,1	108,5	104,3	99,5	92,9	88,3	74,5	53,5
Kollegium	100,7	105,7	100,7	101,4	103,1	109,5	99,2	77,0	52,4
Døgninstitution	123,5	121,2	115,3	111,4	118,2	116,6	97,8	83,5	59,8
And. helårsbolig	116,3	118,2	114,7	121,3	105,3	101,4	74,3	72,7	59,4
Kontor/handel	88,4	87,5	90,3	94,6	92,3	99,6	85,9	80,2	77,8
Hotel og service	133,3	130,0	119,6	131,5	131,1	145,7	124,5	114,3	114,4
And. hand/serv.	71,0	99,9	101,5	86,8	104,3	120,3	98,0	93,2	86,4
Kulturbygning	119,9	113,0	114,6	106,8	101,3	98,4	111,0	94,9	91,8
Undervisning	89,8	97,3	105,6	100,1	108,1	124,3	97,7	90,4	81,5
Sygehus	145,5	138,0	135,7	137,1	129,8	141,0	134,8	130,6	125,1
Daginstitution	126,0	137,3	132,2	135,7	140,6	138,9	123,2	122,0	113,4
And. institution	132,5	132,3	137,7	156,9	147,7	142,6	121,1	123,1	111,7
Sommerhus	137,4	106,4	106,1	98,2	101,5	88,9	84,6	69,6	65,3
Feriebygning	101,5	111,6	124,7	83,1	94,4	83,5	85,8	60,5	32,2
Sportsanlæg	152,5	159,7	145,3	141,4	142,8	145,9	142,0	128,9	116,7
And. fritidsbygn.	121,4	89,4	101,6	102,4	96,2	92,8	89,2	85,6	71,9

## A4 – Alle tage efterisoleres frem til 2050

Scenariet viser netto-varmebesparelsen som for referencescenariet, men med forceret efterisolering af det tagareal, som ellers ikke ville have været udskiftet i 2050 ved den almindelige renoveringstakt på grund af tagmaterialernes lange levetid. Det "manglende" tagareal antages efterisoleret i perioden 2040-2050 og antages ligeligt fordelt over denne periode.

Ifølge en vurdering af levetiden for tage, vil der i 2050 være 19 % af det samlede tagareal, som endnu ikke er blevet efterisoleret som følge af planlagt renovering/udskiftning på grund af alder. Disse tage er alle skrå tage og forventeligt uden tilgængeligt loftsrum. Den gennemsnitlige restlevetid for disse tage er ca. 10 år (dvs. 20 % af tagenes samlede gennemsnitlige levetid), hvorfor ekstraomkostningen ved forceret efterisolering også bliver ca. 20 % af totalomkostningen ved tagrenovering.

En skærpet indsats omkring krav om efterisolering af alle tage inden 2050 vil resultere i et årligt varmeforbrug i 2050 på 145.943 TJ pr. år (besparelse på 29,2 %), eller 3.035 TJ pr. år mindre end hvis udviklingen fortsætter som hidtil.

## A5 – Hurtig indfasning af krav om A-mærkede vinduer

I dette scenarie antages kravene ved udskiftning af vinduer skærpet i 2015 til de nuværende 2020-krav. Det vil sige at vinduer, der udskiftes fra 2015 og frem, skal have et energimærke A.

Der er ingen energimæssig effekt på varmeforbruget i 2050 ved at forcere kravet om A-mærkede vinduer. Det skyldes levetiden af vinduer som bevirker at alle A-mærkede vinduer, som er installeret frem til 2019 vil være udskiftet i 2044. Selv med en forlængelse af levetiden for vinduer til 30 år, vil en fremskyndelse af kravet om A-mærkede vinduer ikke have nogen effekt på varmeforbruget i 2050.

## Scenarier B - Skærpede komponentkrav

Netværk for energirenovering anbefalede i sin rapport [9] og [10] at komponentkravene blev strammet for at vurdere hvordan målsætningen om op mod 50 % energibesparelser i den eksisterende bygningsmasse kan nås inden 2050. B-scenerierne indeholder derfor analyser af forskellige udkast til stramninger af komponentkravene for enkeltkomponenter samt kombinationer af forskellige stramninger som kunne indføres i Bygningsreglementet fra 2015. Sammenligninger af varmeforbruget i 2050 sker dog stadig i forhold til dagens standard og scenarie A0, Business-as-usual.

Udgangspunktet for B-scenerierne er scenarie A2, dvs. 90 % overholdelse af BR-kravene i forbindelse med renovering/udskiftning af bygningskomponenter idet dette forventes at kunne opnås ved forskellige kampagner.

Tabel 17. Oversigt over forskellige mulige skærpede krav i BR fra 2015 som benyttes i B og C scenarierne. Niveaue "skærpede" refererer til scenarierne B1-B3, B9-B10 og C1. Niveaue "ekstra skærpede" refererer til scenarierne B4-B5 og B8.

Kravniveau:	Nuværende	Skærpede	Ekstra skærpede
Bygningskomponent			
Loft og tag, U	0,15 W/m <sup>2</sup> K	0,12 W/m <sup>2</sup> K	0,10 W/m <sup>2</sup> K
Ydervægge, U	0,20 W/m <sup>2</sup> K	0,15 W/m <sup>2</sup> K	0,12 W/m <sup>2</sup> K
Vinduer, E <sub>ref</sub>	2015: -17 kWh/m <sup>2</sup> pr år 2020: 0 kWh/m <sup>2</sup> pr år	2015: -17 kWh/m <sup>2</sup> pr år 2020: 0 kWh/m <sup>2</sup> pr år	2015: -17 kWh/m <sup>2</sup> pr år 2020: 0 kWh/m <sup>2</sup> pr år 2025: +15 kWh/m <sup>2</sup> pr år

På grund af vinduernes korte levetid er der ingen effekt på varmeforbruget i 2050 af at fremskynde kravet om A-mærkede vinduer fra 2020 til 2015. Der er derfor ikke udført et særskilt scenarie til vurdering af dette forhold.

## B1 - Skærpede krav ved tagrenovering

Med udgangspunkt i scenarie A2 (med hensyn til gennemførelsesprocent og grænseværdi for hvilke tage der efterisoleres) vurderer dette scenarie effekten af indførelse af skærpede krav i forbindelse med udskiftning af tagbelægning. I scenariet strammes kravet ved efterisolering af tag/loft således, at U-værdi-kravet sænkes fra 0,15 W/m<sup>2</sup>K til 0,12 W/m<sup>2</sup>K, svarende til at gå fra en gennemsnitlig effektiv isoleringstykkelse<sup>3</sup> på ca. 300 mm til ca. 400 mm.

Effekten af indførelse af skærpede krav til tagisolering i forbindelse med renovering er relativt begrænset idet de sidste cm isolering giver en relativt lille reduktion af forbruget sammenlignet med de første cm. Det beregnede varmeforbrug i 2050 ved skærpede krav til tagisolering og i øvrigt udvikling som hidtil er 144.075 TJ pr. år (30,1 % reduktion af varmeforbruget i 2050), eller en yderligere reduktion på 4.903 TJ pr. år i forhold til Business-as-usual.

Tabel 18. Beregnede enhedsforbrug i 2050 ved indførelse af skærpede krav for efterisolering af tage, og med den øvrige renovering i henhold til scenarie A2.

	Før 1890	1890- 1930	1931- 1950	1951- 1960	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1998	1999- 2006	Efter 2006
kWh/m <sup>2</sup> pr. år									
Stuehus	126,8	117,0	108,9	101,7	96,0	84,2	76,2	63,5	56,9
Parcelhus	118,3	108,2	106,2	100,3	91,4	85,5	79,7	69,4	58,3
Række/kædehus	109,0	103,6	97,7	93,7	81,5	77,2	73,2	66,5	57,0
Etagebolig	97,7	97,0	98,5	97,5	92,3	86,2	85,3	69,8	48,4
Kollegium	96,3	100,3	92,0	93,3	95,3	100,1	97,3	71,8	48,6
Døgningstitution	117,2	114,5	110,0	106,5	111,2	109,2	94,2	78,5	55,1
And. helårsbolig	102,6	107,7	103,9	107,6	99,2	95,6	71,6	67,5	54,7
Kontor/handel	81,8	81,4	82,7	86,4	83,3	90,8	82,1	76,2	74,5
Hotel og service	127,8	123,9	111,7	121,0	121,0	135,3	121,3	111,3	111,7
And. hand/serv.	68,0	93,7	93,7	80,1	93,9	102,1	92,2	85,0	82,7
Kulturbygning	112,1	105,1	108,1	99,4	92,4	91,9	106,5	91,1	88,3
Undervisning	83,8	90,6	99,1	92,9	98,4	115,1	93,5	85,7	77,9
Sygehus	135,4	130,7	128,5	127,6	121,8	131,1	131,2	127,3	121,8
Daginstitution	119,5	130,8	126,1	130,2	130,9	130,5	119,6	117,7	110,1
And. institution	122,3	125,2	129,2	146,6	135,6	130,4	117,8	119,6	107,6
Sommerhus	108,4	93,4	87,9	84,8	88,4	73,9	75,5	61,1	56,9
Feriebygning	92,8	105,2	116,6	78,3	87,0	77,1	79,1	55,6	28,8
Sportsanlæg	145,5	152,4	138,3	135,9	138,1	142,0	138,9	125,3	114,0
And. fritidsbygn.	114,3	82,5	94,2	94,3	90,3	86,1	83,9	80,3	67,9

<sup>3</sup> Med udgangspunkt i en isoleringsevne på 0,037 W/mK for isoleringsmaterialet.

## B2 - Skærpede krav ved udskiftning af ydervægsbeklædning

Med udgangspunkt i scenarie A2 vurderer dette scenarie effekten af indførelse af skærpede krav for efterisoleringsniveauet i forbindelse med renovering af ydervægge og ydervægsbeklædninger.

I scenariet strammes kravet ved efterisolering af ydervægge således at U-værdi kravet efter efterisoleringen sænkes fra 0,20 W/m<sup>2</sup>K til 0,15 W/m<sup>2</sup>K.

Effekten af indførelse af skærpede krav til ydervægsisolering i forbindelse med renovering er, lige som for tagisoleringen, relativt begrænset idet de sidste cm isolering giver en relativt lille reduktion af forbruget sammenlignet med de første cm. Det beregnede varmeforbrug i 2050 ved skærpede krav til tagisolering og i øvrigt udvikling som hidtil er 143.445 TJ pr. år (en besparelse på 30,4 %), eller en yderligere reduktion på 5.533 TJ pr. år i forhold til Business-as-usual.

Tabel 19. Beregnede enhedsforbrug i 2050 ved indførelse af skærpede krav for efterisolering af ydervægge, og med den øvrige renovering i henhold til scenarie A2.

	Før 1890	1890- 1930	1931- 1950	1951- 1960	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1998	1999- 2006	Efter 2006
kWh/m <sup>2</sup> pr. år									
Stuehus	127,0	116,9	108,8	101,6	96,0	84,2	75,9	62,9	56,3
Parcelhus	118,4	107,9	105,8	100,0	91,4	85,4	79,3	68,7	57,6
Række/kædehus	109,0	103,5	97,4	93,5	81,8	77,2	72,9	66,1	56,5
Etagebolig	97,1	96,5	98,0	97,0	91,9	85,8	84,8	69,3	47,9
Kollegium	95,9	99,8	91,8	92,9	95,1	100,2	96,8	70,4	47,6
Døgninstitution	116,9	114,1	109,6	106,3	111,5	109,7	94,1	78,2	54,9
And. helårsbolig	102,8	107,4	103,6	107,7	99,4	95,5	71,1	65,6	53,1
Kontor/handel	81,4	81,0	82,4	86,2	83,4	91,0	81,8	75,8	74,1
Hotel og service	127,4	123,6	111,6	121,1	121,5	135,5	121,0	110,8	111,2
And. hand/serv.	67,8	92,9	93,3	79,3	93,3	102,4	90,8	84,4	81,8
Kulturbygning	111,9	104,8	107,9	99,6	92,6	91,9	106,3	90,5	87,9
Undervisning	83,5	90,3	98,9	93,0	98,9	115,7	93,6	85,3	77,6
Sygehus	134,9	130,4	128,2	127,3	121,6	131,4	131,2	127,0	121,5
Daginstitution	119,1	130,4	125,7	130,0	131,0	130,5	119,1	116,5	109,2
And. institution	121,6	124,7	128,8	146,8	135,9	130,9	117,2	118,7	107,1
Sommerhus	108,5	92,0	84,7	80,3	84,3	68,2	70,3	56,4	51,8
Feriebygning	92,7	104,9	115,6	77,8	86,5	76,6	78,5	53,6	28,7
Sportsanlæg	145,2	152,1	137,7	135,9	138,5	142,4	138,6	124,1	113,2
And. fritidsbygn.	114,2	82,1	93,4	93,6	90,1	86,1	82,5	78,0	65,3

### B3 – Skærpede krav til tage og ydervægge

Kombinationen af scenarierne B1 og B2 viser effekten af indførelse af skærpede komponentkrav til tage, ydervægge og fremskyndelse af kravet om A-mærkede vinduer (det sidste uden effekt på varmekonsumet i 2050) i forbindelse med renovering og udskiftning af komponenterne, i den takt hvor de er funktionelt forældede, og 90 % overholdelse af kravene. I tabel 17 ses oversigten over de nuværende og de skærpede komponentkrav i scenariet og tabel 20 viser enhedsforbruget for de forskellige bygningstyper i 2050.

Det beregnede årlige varmekonsum i 2050 ved dette scenarie er 142.308 TJ pr. år, svarende til en årlig besparelse på 63.869 TJ pr. år eller 31,0 % i forhold til dagens varmekonsum.

Tabel 20. Beregnede enhedsforbrug i 2050 for forskellige bygningstyper og forskellige byggeperioder ved indførelse af skærpede komponentkrav i forbindelse med renovering og udskiftning som foregår i den takt hvor komponenterne bliver funktionelt forældede.

kWh/m <sup>2</sup> pr. år	Før 1890	1890- 1930	1931- 1950	1951- 1960	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1998	1999- 2006	Efter 2006
Stuehus	125,8	115,9	107,8	100,7	95,0	83,3	75,4	62,4	55,9
Parcelhus	117,2	107,0	104,9	99,1	90,4	84,6	78,8	68,2	57,1
Række/kædehus	108,1	102,7	96,7	92,7	80,7	76,3	72,4	65,6	56,0
Etagebolig	96,8	96,1	97,6	96,6	91,4	85,3	84,5	69,0	47,5
Kollegium	95,6	99,4	91,3	92,5	94,3	99,1	96,3	70,0	47,4
Døgninstitution	116,3	113,6	109,1	105,8	110,5	108,5	93,5	77,7	54,2
And. helårsbolig	101,6	106,6	102,8	106,6	98,5	94,8	70,6	64,9	52,9
Kontor/handel	81,0	80,5	81,9	85,6	82,6	90,0	81,2	75,3	73,6
Hotel og service	126,9	123,1	110,9	120,4	120,3	134,4	120,4	110,4	110,9
And. hand/serv.	67,5	92,3	92,7	78,8	92,6	101,2	90,2	83,7	81,3
Kulturbygning	111,1	104,1	107,1	98,6	91,6	91,1	105,5	89,9	87,1
Undervisning	83,0	89,8	98,3	92,2	97,7	114,4	92,8	84,6	76,9
Sygehus	134,4	129,9	127,7	126,8	121,0	130,3	130,5	126,5	120,9
Daginstitution	118,5	129,7	125,1	129,3	129,7	129,2	118,3	115,7	108,3
And. institution	121,0	124,2	128,0	145,7	134,6	129,6	116,6	118,1	106,3
Sommerhus	106,7	90,8	83,4	79,3	83,1	67,1	69,4	55,7	51,0
Feriebygning	91,8	104,1	114,3	77,3	85,6	75,9	77,7	53,1	28,0
Sportsanlæg	144,2	151,3	136,7	135,0	137,2	141,2	137,7	123,4	112,6
And. fritidsbygn.	113,2	81,5	92,6	92,6	89,1	85,1	81,6	77,5	64,8

## B4 - Ekstra skærpelse af krav ved tagrenovering

I scenariet undersøges effekten af en ekstra skærpelse af komponentkravene (se tabel 17 på side 34) i forbindelse med udskiftning og renovering af tagene. Derudover antages samme renoveringstakt, som er anvendt i scenarie A2, dvs. udskiftning og renovering, når tagene når slutningen af deres levetid, og overholdelse af de skærpede BR-krav på 90 % af det renoverede tagareal.

Det beregnede årlige varmeforbrug i 2050 bliver med dette scenarie 143.318 TJ pr. år, eller en reduktion på 62.860 TJ pr. år (30,5 %) i forhold tildagens varmeforbrug.

Tabel 21. Beregnede enhedsforbrug i 2050 for forskellige bygningstyper og forskellige byggeperioder ved indførelse af ekstra skærpede krav til tage i forbindelse med renovering og udskiftning som foregår i den takt hvor komponenterne bliver funktionelt forældede.

kWh/m <sup>2</sup> pr. år	Før 1890	1890- 1930	1931- 1950	1951- 1960	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1998	1999- 2006	Efter 2006
Stuehus	126,0	116,3	108,3	101,1	95,4	83,7	75,8	63,2	56,6
Parcelhus	117,5	107,6	105,6	99,7	90,8	85,0	79,4	69,1	58,0
Række/kædehus	108,4	103,0	97,2	93,1	80,8	76,6	72,9	66,1	56,6
Etagebolig	97,5	96,8	98,3	97,3	92,0	85,8	85,1	69,6	48,2
Kollegium	96,2	100,0	91,7	93,1	94,8	99,3	97,0	71,5	48,5
Døgninstitution	116,8	114,1	109,7	106,1	110,5	108,5	93,8	78,1	54,6
And. helårsbolig	101,8	107,1	103,4	106,8	98,6	95,1	71,3	67,0	54,5
Kontor/handel	81,5	81,1	82,4	85,9	82,7	90,1	81,6	75,9	74,1
Hotel og service	127,5	123,5	111,3	120,5	120,3	134,6	120,9	111,1	111,5
And. hand/serv.	67,8	93,3	93,3	79,8	93,4	101,2	91,7	84,6	82,4
Kulturbygning	111,6	104,7	107,6	98,8	91,7	91,3	106,0	90,8	87,8
Undervisning	83,4	90,3	98,7	92,3	97,7	114,2	93,0	85,3	77,4
Sygehus	135,1	130,4	128,2	127,3	121,4	130,4	130,8	127,0	121,4
Daginstitution	119,1	130,3	125,6	129,7	130,0	129,6	119,1	117,2	109,5
And. institution	121,9	124,8	128,7	145,8	134,8	129,5	117,3	119,1	107,1
Sommerhus	107,2	92,6	87,0	84,2	87,6	73,1	74,9	60,7	56,4
Feriebygning	92,2	104,6	115,7	78,0	86,4	76,6	78,6	55,2	28,4
Sportsanlæg	144,9	151,9	137,7	135,3	137,2	141,2	138,3	124,8	113,6
And. fritidsbygn.	113,6	82,1	93,7	93,6	89,7	85,4	83,3	79,9	67,6



## B5 - Ekstra skærpelse af krav ved renovering af ydervægge

Scenariet tager, lige som scenarie B4, udgangspunkt i de foreslåede stramninger for ydervægge som angivet i tabel 17 og i øvrigt udvikling som i scenarie A2. Her undersøges dog alene effekten af at indføre en ekstra stramning af kravene ved renovering og udskiftning af ydervægge.

Det beregnede årlige varmeforbrug i 2050 bliver med dette scenarie 141.839 TJ pr. år, eller en reduktion på 64.339 TJ pr. år (31,2 %) i forhold til dagens varmeforbrug.

Tabel 22. Beregnede enhedsforbrug i 2050 for forskellige bygningstyper og forskellige byggeperioder ved indførelse af ekstra skærpede krav til ydervægge i forbindelse med renovering og udskiftning som foregår i den takt hvor komponenterne bliver funktionelt forældede.

kWh/m <sup>2</sup> pr. år	Før 1890	1890- 1930	1931- 1950	1951- 1960	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1998	1999- 2006	Efter 2006
Stuehus	125,8	115,7	107,6	100,5	94,9	83,2	75,0	62,0	55,4
Parcelhus	117,3	106,6	104,3	98,7	90,2	84,4	78,3	67,7	56,6
Række/kædehus	108,0	102,4	96,4	92,5	80,8	76,2	71,9	65,2	55,7
Etagebolig	96,1	95,5	97,0	95,9	91,0	85,0	83,9	68,5	47,1
Kollegium	95,1	98,8	90,9	91,8	94,1	99,0	95,7	69,4	46,8
Døgninstitution	115,9	113,1	108,7	105,5	110,7	109,0	93,4	77,4	54,2
And. helårsbolig	101,6	106,2	102,5	106,7	98,6	94,6	70,3	64,3	52,1
Kontor/handel	80,4	80,1	81,6	85,5	82,7	90,4	81,2	75,2	73,6
Hotel og service	126,4	122,7	110,8	120,5	120,7	134,6	120,3	110,1	110,7
And. hand/serv.	67,3	91,8	92,4	78,1	92,3	101,7	89,8	83,7	81,1
Kulturbygning	110,8	103,8	106,9	98,8	91,9	91,4	105,5	89,7	87,1
Undervisning	82,6	89,4	98,1	92,2	98,2	115,1	93,0	84,5	77,0
Sygehus	133,8	129,4	127,4	126,4	120,9	130,7	130,5	126,2	120,8
Daginstitution	118,0	129,3	124,7	129,0	130,0	129,5	118,1	115,4	108,2
And. institution	120,5	123,7	127,9	145,9	135,1	130,1	116,4	117,8	106,3
Sommerhus	106,7	90,4	83,0	78,2	82,3	65,7	68,1	54,5	49,8
Feriebygning	91,6	103,9	114,3	77,1	85,5	75,6	77,6	52,5	28,1
Sportsanlæg	144,0	151,1	136,6	135,0	137,8	141,7	137,8	123,2	112,5
And. fritidsbyggn.	113,1	81,0	92,2	92,3	89,3	85,5	81,3	76,8	64,1

## B6 – Ekstra skærpede krav ved udskiftning af vinduer

For at undersøge effekten af de ekstra stramninger af komponentkravene indbyrdes er der gennemført et delscenarie, som alene undersøger effekten af indførelse af krav om A+ mærkede vinduer fra 2025. Det vil sige at der bliver krav om en  $E_{ref}$  værdi for facadevinduer på 15 kWh/m<sup>2</sup> pr år og 20 kWh/m<sup>2</sup> pr år for tagvinduer. Indførelsen af A+ mærkede vinduer forventes at have god rentabilitet, især set i lyset af prisudviklingen for denne type vinduer inden for det seneste år, hvor merprisen for A mærkede vinduer i forhold til et C-mærket vindue er halveret.

Det beregnede årlige varmeforbrug i 2050 ved krav om A+ mærkede vinduer i forbindelse med udskiftning fra 2025 og i øvrigt udvikling for de øvrige bygningskomponenter som hidtil er 140.067 TJ pr. år, svarende til en varmebesparelse på 66.111 TJ pr. år (32,1 %).

Tabel 23 . Beregnede enhedsforbrug i 2050 for forskellige bygningstyper og forskellige byggeperioder ved indførelse af krav om A+ mærkede vinduer fra 2025 i forbindelse med udskiftning som foregår i den takt hvor vinduerne bliver funktionelt forældede.

kWh/m <sup>2</sup> pr. år	Før 1890	1890- 1930	1931- 1950	1951- 1960	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1998	1999- 2006	Efter 2006
Stuehus	125,0	114,9	106,7	99,4	93,4	81,4	73,3	60,2	53,2
Parcelhus	116,5	105,9	103,7	97,5	88,4	82,4	76,6	65,8	54,6
Række/kædehus	106,7	101,3	95,1	90,8	78,7	73,8	70,3	62,9	53,2
Etagebolig	94,7	94,1	95,6	94,3	88,8	82,9	82,5	65,8	44,1
Kollegium	93,9	97,8	89,9	90,3	92,5	97,7	94,5	67,6	45,2
Døgninstitution	114,9	112,3	107,4	104,3	108,8	107,0	91,8	74,7	51,9
And. helårsbolig	100,8	105,4	101,5	105,8	96,2	92,5	69,0	63,6	50,5
Kontor/handel	80,0	79,6	81,0	84,6	81,9	89,7	80,6	73,9	72,4
Hotel og service	126,2	122,2	110,2	119,7	119,8	133,7	119,8	109,3	109,8
And. hand/serv.	66,9	92,2	91,4	78,1	91,9	100,6	90,9	83,1	81,0
Kulturbygning	110,9	103,7	107,0	97,8	91,3	90,1	104,9	88,9	86,1
Undervisning	82,2	88,8	97,1	91,2	97,0	114,0	92,1	83,0	75,7
Sygehus	134,0	129,2	127,0	126,3	120,7	130,7	130,0	125,5	120,0
Daginstitution	117,8	129,1	124,4	128,4	129,0	128,9	117,8	115,0	107,8
And. institution	121,0	123,7	128,0	145,3	134,3	129,3	115,9	117,4	105,2
Sommerhus	106,6	90,8	84,4	80,8	84,2	70,5	70,9	55,1	49,5
Feriebygning	91,5	103,9	115,6	77,2	84,6	75,3	77,3	52,6	27,1
Sportsanlæg	144,8	151,4	137,4	134,9	138,0	142,0	138,5	124,0	112,9
And. fritidsbyggn.	113,1	81,1	92,9	92,7	89,5	84,0	81,9	77,1	65,2

Der vil i praksis være en vis andel af det samlede vinduesareal som ikke bliver skiftet eller opgraderet i løbet af perioden frem til 2050, selv om de består af enkeltglas eller vinduer med koblede rammer. Dette skyldes til dels den gode kvalitet af rammerne i disse vinduer. Det må dog forventes, at der i løbet af perioden findes løsninger, som kan sikre en tilsvarende energieffektivitet for disse vinduer til en konkurrencedygtig pris.

Resultatet af analyserne forudsætter, at alle vinduer er skiftet eller opgraderet inden 2050.

## B7 – Automatisk og effektivisering

Dette scenarie undersøger effekten af effektivisering af installationer og automatik. Installation af automatik og effektivisering af bygningernes installationer antages at blive gennemført i alle større bygninger, dvs. ikke i enfamiliehuse mv. Det antages, at disse yderligere forbedringer af bygningernes installationer vil kunne reducere varmekonsumet svarende til en reduktion af indetemperaturen med 1 °C – svarende til ca. 7 % af varmekonsumet til rumopvarmning.

Det beregnede årlige varmekonsum i 2050 bliver med dette scenarie 141.683 TJ pr. år, eller en reduktion på 64,495 TJ pr. år (31,3 %) i forhold til dagens varmekonsum.

Tabel 24. Beregnede enhedsforbrug i 2050 for forskellige bygningstyper og forskellige byggeperioder ved 90 % overholdelse af de nuværende krav i bygningsreglementet (BR10) sammen med implementering af automatik og effektivisering af bygningernes installationer.

kWh/m <sup>2</sup> pr. år	Før 1890	1890-1930	1931-1950	1951-1960	1961-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	Efter 2006
Stuehus	128,0	118,0	109,9	102,6	96,9	85,0	76,7	64,0	57,4
Parcelhus	119,5	109,1	107,1	101,2	92,4	86,4	80,3	70,0	58,8
Række/kædehus	109,8	104,5	98,4	94,5	82,6	78,1	73,7	67,0	57,5
Etagebolig	92,9	92,4	93,8	92,8	87,9	82,1	81,1	66,4	46,1
Kollegium	91,5	95,5	87,7	88,9	90,9	95,8	92,6	68,3	46,1
Døgninstitution	111,6	109,0	104,6	101,4	106,2	104,5	89,7	74,8	52,8
And. helårsbolig	98,4	102,9	99,2	103,0	94,8	91,3	68,2	64,6	52,0
Kontor/handel	77,9	77,5	78,9	82,4	79,7	86,9	78,3	72,6	71,0
Hotel og service	121,5	117,9	106,5	115,3	115,7	129,1	115,3	105,6	106,0
And. hand/serv.	64,6	89,2	89,2	76,3	89,6	97,9	87,9	81,1	78,7
Kulturbygning	107,1	100,3	103,2	95,1	88,5	87,8	101,6	86,7	84,3
Undervisning	79,9	86,4	94,5	88,8	94,3	110,2	89,3	81,7	74,3
Sygehus	128,9	124,3	122,2	121,5	116,0	125,1	124,8	121,0	115,8
Daginstitution	113,8	124,6	120,1	124,0	125,1	124,8	113,9	112,0	104,9
And. institution	116,5	119,2	123,2	139,9	129,6	124,7	112,0	113,8	102,6
Sommerhus	110,2	94,6	89,1	85,7	89,6	75,0	76,3	61,8	57,7
Feriebygning	93,7	106,0	117,9	78,8	87,8	77,8	79,9	56,2	29,5
Sportsanlæg	138,8	145,2	132,0	129,5	131,9	135,6	132,3	119,2	108,4
And. fritidsbyggn.	115,3	83,2	95,0	95,3	91,3	87,1	84,8	80,8	68,4

## B8 – Ekstra skærpede komponentkrav

Dette scenarie undersøger den samlede effekt af ekstra skærpede komponentkrav til tage, ydervægge og vinduer (scenarierne B1, B2 og B5).

Det beregnede årlige varmeforbrug i 2050 bliver med dette scenarie 134.799 TJ pr. år, eller en reduktion på 71.378 TJ pr. år (34,6 %) i forhold tildagens varmeforbrug.

Tablet 25. Beregnede enhedsforbrug i 2050 for forskellige bygningstyper og forskellige byggeperioder ved indførelse af ekstra skærpede komponentkrav i forbindelse med renovering og udskiftning som foregår i den takt hvor komponenterne bliver funktionelt forældede. Der er forudsat 90 % overholdelse af de ekstra skærpede komponentkrav.

kWh/m <sup>2</sup> pr. år	Før 1890	1890- 1930	1931- 1950	1951- 1960	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1998	1999- 2006	Efter 2006
Stuehus	120,9	111,0	102,8	95,8	89,8	78,2	70,7	57,5	50,4
Parcelhus	112,3	101,8	99,4	93,5	84,6	79,1	73,8	62,7	51,5
Række/kædehus	103,3	97,9	91,9	87,5	75,0	70,3	67,7	60,3	50,6
Etagebolig	92,2	91,6	93,0	91,8	86,3	80,4	80,2	63,6	42,0
Kollegium	91,9	95,2	87,5	87,8	89,4	93,7	91,6	64,0	42,9
Døgninstitution	112,1	109,4	104,9	101,8	105,6	103,7	89,3	72,1	49,1
And. helårsbolig	96,5	101,6	98,0	101,9	93,1	89,5	66,5	58,4	47,3
Kontor/handel	77,6	77,3	78,6	81,9	79,1	86,7	78,1	71,7	70,1
Hotel og service	123,5	119,6	107,4	117,3	116,5	130,1	117,2	107,2	108,0
And. hand/serv.	65,5	88,8	88,7	74,8	88,4	96,9	86,7	80,0	78,2
Kulturbygning	107,4	100,7	103,8	94,6	88,0	87,4	101,7	86,0	82,8
Undervisning	79,7	86,2	94,4	88,2	93,6	110,5	89,2	80,0	72,9
Sygehus	131,0	126,6	124,6	123,6	118,0	127,4	127,4	123,0	117,2
Daginstitution	114,7	125,6	121,3	125,2	124,7	124,5	114,2	110,9	103,8
And. institution	117,6	120,6	124,4	141,6	130,4	125,6	112,8	113,9	101,8
Sommerhus	100,0	84,6	76,2	71,7	74,9	59,3	61,3	46,6	40,3
Feriebygning	88,0	100,4	109,8	74,5	80,9	71,9	73,6	48,1	24,7
Sportsanlæg	140,7	148,0	133,1	131,8	134,4	138,5	135,1	120,1	109,8
And. fritidsbygn.	109,3	77,8	88,7	88,0	85,8	80,6	76,9	72,1	60,1

## B9 – Skærpede komponentkrav og A+ mærkede vinduer

Scenariet er en kombination af scenarie B3 og scenarie B6, og er således en middel stramning af kravene til tage og ydervægge sammen med et krav om indførelse af A+ mærkede vinduer fra 2025 (se tabel 17 på side 34) i forbindelse med renovering og udskiftning. Lige som i scenarie B8 når alle vinduer, på grund af deres levetid, at blive udskiftet eller opgraderet til A+ vinduer inden 2050.

Det beregnede årlige varmeforbrug i 2050 bliver med dette scenarie 137.163 TJ pr. år, eller en reduktion på 69.015 TJ pr. år (33,5 %) i forhold tildagens varmeforbrug.

Tabel 26. Beregnede enhedsforbrug i 2050 for forskellige bygningstyper og forskellige byggeperioder ved indførelse af skærpede komponentkrav i forbindelse med renovering og udskiftning som foregår i den takt hvor komponenterne bliver funktionelt forældede. Dette er kombineret med krav om A+ mærkede vinduer fra 2025.

kWh/m <sup>2</sup> pr. år	Før 1890	1890- 1930	1931- 1950	1951- 1960	1961- 1972	1973- 1978	1979- 1998	1999- 2006	Efter 2006
Stuehus	122,8	112,8	104,6	97,5	91,5	79,7	72,0	58,7	51,7
Parcelhus	114,3	103,8	101,5	95,4	86,4	80,6	75,1	64,0	52,9
Række/kædehus	104,9	99,5	93,4	89,1	76,7	71,9	68,9	61,5	51,8
Etagebolig	93,5	92,9	94,3	93,1	87,5	81,6	81,3	64,7	42,9
Kollegium	92,9	96,5	88,7	89,0	90,8	95,6	93,0	65,4	43,9
Døgninstitution	113,4	110,8	106,1	103,0	107,1	105,1	90,4	73,3	50,3
And. helårsbolig	98,5	103,4	99,7	103,7	94,5	90,9	67,6	60,2	48,4
Kontor/handel	78,8	78,4	79,7	83,1	80,3	88,0	79,2	72,5	71,0
Hotel og service	124,8	120,9	108,7	118,4	117,9	131,7	118,3	108,0	108,7
And. hand/serv.	66,1	90,3	89,9	76,3	89,9	98,4	88,2	81,2	79,2
Kulturbygning	109,1	102,1	105,3	96,0	89,4	88,5	103,0	87,2	84,1
Undervisning	81,0	87,5	95,7	89,6	95,1	112,0	90,5	81,2	74,0
Sygehus	132,5	127,9	125,8	124,9	119,2	128,8	128,6	124,1	118,4
Daginstitution	116,2	127,3	122,7	126,7	126,6	126,4	115,7	112,4	105,3
And. institution	119,1	122,1	125,9	143,3	132,0	127,2	114,0	115,3	103,1
Sommerhus	103,0	87,0	78,8	74,4	77,7	62,6	64,0	48,9	42,8
Feriebygning	89,7	102,0	112,0	75,7	82,4	73,4	75,0	49,5	25,6
Sportsanlæg	142,6	149,5	134,9	133,2	135,9	140,0	136,5	121,4	110,8
And. fritidsbygn.	111,1	79,3	90,5	90,0	87,3	82,0	78,7	73,7	61,6

## B10 – Skærpede komponentkrav, A+ vinduer med automatik og effektivisering

Scenarie B10 tager udgangspunkt i scenarie B9, men med effektivisering af installationer og automatik. Det antages, at disse yderligere forbedringer af bygningernes installationer vil kunne reducere varmekonsumet svarende til en reduktion af indetemperaturen med 1 °C.

Det beregnede årlige varmekonsum i 2050 bliver med dette scenarie 133.695 TJ pr. år, eller en reduktion på 72.482 TJ pr. år (35,2 %) i forhold til dagens varmekonsum.

Tabel 27. Beregnede enhedsforbrug i 2050 for forskellige bygningstyper og forskellige byggeperioder ved indførelse af skærpede komponentkrav og krav om A+ mærkede vinduer fra 2025 i forbindelse med renovering og udskiftning som foregår i den takt hvor komponenterne bliver funktionelt forældede. Desuden er der forudsat implementering af automatik og effektivisering af bygningernes installationer.

kWh/m <sup>2</sup> pr. år	Før 1890	1890-1930	1931-1950	1951-1960	1961-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	Efter 2006
Stuehus	122,8	112,8	104,6	97,5	91,5	79,7	72,0	58,7	51,7
Parcelhus	114,3	103,8	101,5	95,4	86,4	80,6	75,1	64,0	52,9
Række/kædehus	104,9	99,5	93,4	89,1	76,7	71,9	68,9	61,5	51,8
Etagebolig	88,4	87,9	89,3	88,0	82,6	77,0	76,8	60,9	40,4
Kollegium	87,9	91,3	83,9	84,2	85,8	90,4	87,9	61,6	41,3
Døgninstitution	107,3	104,8	100,4	97,4	101,2	99,3	85,4	69,1	47,4
And. helårsbolig	93,3	97,9	94,3	98,2	89,3	85,8	63,8	56,7	45,6
Kontor/handel	74,6	74,3	75,5	78,6	75,9	83,2	74,8	68,5	67,0
Hotel og service	118,1	114,4	102,8	112,0	111,6	124,6	111,8	102,1	102,7
And. hand/serv.	62,5	85,4	85,0	72,1	84,9	93,1	83,4	76,7	74,9
Kulturbygning	103,3	96,7	99,7	90,8	84,6	83,6	97,4	82,3	79,4
Undervisning	76,6	82,8	90,5	84,8	89,9	105,9	85,5	76,7	69,8
Sygehus	125,5	121,1	119,1	118,2	112,8	121,8	121,6	117,3	111,9
Daginstitution	110,0	120,5	116,2	119,9	119,7	119,5	109,3	106,2	99,4
And. institution	112,8	115,6	119,2	135,7	124,9	120,3	107,8	108,9	97,4
Sommerhus	103,0	87,0	78,8	74,4	77,7	62,6	64,0	48,9	42,8
Feriebygning	89,7	102,0	112,0	75,7	82,4	73,4	75,0	49,5	25,6
Sportsanlæg	135,0	141,6	127,7	126,0	128,6	132,5	129,1	114,8	104,8
And. fritidsbygn.	111,1	79,3	90,5	90,0	87,3	82,0	78,7	73,7	61,6

## Scenarier C – Mulige teknologier

I C scenariet undersøges effekten af indførelse af nye teknologier i forbindelse med udvalgte renoveringsarbejder. Dette scenarie bygger videre på de besparelser der er opnået i forbindelse med scenarie B10, dvs. skærpede krav til tage og ydervægge samt krav om A+ mærkede vinduer fra 2025 i forbindelse med renovering og udskiftning i kombination med indførelse af automatik og effektivisering af bygningernes installationer. Sammenligninger af varmekonsumet i 2050 sker dog stadig i forhold til dagens standard og scenarie A0, Business-as-usual.

### C1 - Ventilation med varmegenvinding

Scenariet viser netto-varmebesparelsen ved referencescenarie A10 suppleret med etablering af mekanisk ventilation med varmegenvinding (VGV) i forbindelse med udskiftning af tagbelægning i store bygninger (alle bygningstyper bortset fra enfamilieboliger). Det antages, at 75 % af samtlige bygninger med skråt tag kan forsynes med mekanisk ventilation med varmegenvinding. Når ikke en større andel antages at blive forsynet med ba-

lanceret mekanisk ventilation, skyldes det, dels at nogle bygninger allerede har mekanisk ventilation, og dels, at der er nogle tagrum, hvor det ikke er muligt at placere et ventilationsanlæg. Dermed kan det antages, at 67,5 % af bygningerne med skrå tage, der renoveres, får installeret balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding. De skrå tage der skal udskiftes frem til 2050 udgør 70,5 % af det samlede tagareal og de store bygningers tagareal udgør 46 % af det samlede tagareal. Det betyder, at der alt andet lige, frem mod 2050 kan antages installeret mekanisk ventilation i ca. 22 % af bygningerne.

Effektiviteten af varmegenvinderen sættes til 90 % i boliger og 85 % i øvrigt byggeri. Det forudsættes samtidig, at bygningen har opnået en lufttæthed, der sikrer at det utilsigtede luftskifte højst er 0,13 l/s pr. m<sup>2</sup> (kravet til nye bygninger i BR10).

Det beregnede årlige varmeforbrug i 2050 ved indførelse af krav om installation af balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding i forbindelse med tagrenovering af skrå tage er 109.342 TJ pr. år. Dette svarer til en årlig ekstra varmebesparelse i forhold til udvikling som hidtil på 96.836 TJ pr. år i 2050 eller en besparelse på 47,0 %.

Med baggrund i de ekstra ventilationsluftmængder, som optræder ved indførelsen af balanceret mekanisk ventilation i forbindelse med tagrenovering og mindstekravene i Bygningsreglement 2010 for kravet til effektiviteten for lufttransport, er der anslået ekstra elforbrug på 7.887 TJ pr. år i 2050, hvilket svarer til ca. 1/3 af varmebesparelsen. Det må forventes at udvikling af bedre komponenter til ventilationssystemer frem mod 2050 vil kunne reducere elforbruget markant.

Tabel 28 Beregnede enhedsforbrug i 2050 ved indførelse af krav om balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding i forbindelse med renovering af skrå tage. Forbedring af alle øvrige bygningskomponenter sker jf scenarie A – dvs. i samme takst som hidtil.

	Før	1890-	1931-	1951-	1961-	1973-	1979-	1999-	Efter
kWh/m <sup>2</sup> pr. år	1890	1930	1950	1960	1972	1978	1998	2006	2006
Stuehus	106,7	94,2	85,7	80,5	79,5	69,3	63,1	50,7	46,3
Parcelhus	101,5	85,2	82,6	78,9	75,4	70,1	65,9	55,8	47,6
Række/kædehus	88,1	80,5	74,5	72,7	69,9	65,5	60,0	53,4	46,8
Etagebolig	56,1	55,4	57,0	57,9	59,8	59,4	53,0	47,6	38,5
Kollegium	55,2	59,1	54,1	59,8	68,5	80,4	65,0	49,6	38,8
Døgninstitution	75,5	72,5	68,3	66,9	77,7	80,9	62,2	53,7	45,3
And. helårsbolig	79,9	80,9	77,5	81,1	80,5	76,6	54,9	50,3	40,3
Kontor/handel	57,5	58,0	61,3	70,7	73,1	73,8	61,9	51,0	51,1
Hotel og service	101,9	98,2	87,8	106,5	109,1	115,4	95,5	84,4	79,1
And. hand/serv.	43,9	67,3	69,0	54,7	76,9	80,7	63,8	60,5	53,0
Kulturbygning	78,3	69,9	74,6	72,0	71,2	54,4	73,6	47,6	52,7
Undervisning	57,6	62,6	73,3	68,2	84,4	98,6	69,3	56,3	54,1
Sygehus	105,1	97,8	96,1	110,5	111,2	119,7	107,1	96,8	89,8
Daginstitution	93,9	103,2	99,2	102,3	114,0	110,3	90,8	83,1	79,4
And. institution	99,9	98,0	102,2	127,2	120,1	105,3	88,4	84,5	79,1
Sommerhus	98,2	75,2	63,6	60,3	68,0	53,8	56,9	42,1	38,3
Feriebygning	64,3	73,5	82,7	51,2	57,9	51,0	56,3	36,6	25,5
Sportsanlæg	127,5	124,4	110,6	107,7	117,5	116,0	109,8	91,9	82,4
And. fritidsbyggn.	105,0	68,6	77,8	77,0	80,6	71,7	61,8	52,6	43,2

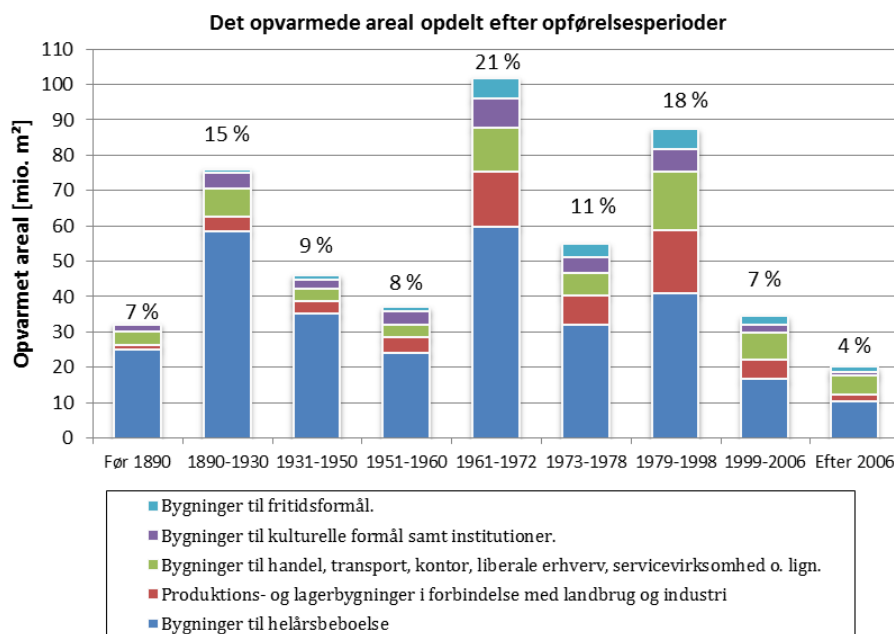
# Datagrundlaget

## BBR 2012

Til analysen er anvendt data udtrukket fra BBR i september 2012. I det følgende gives en kort oversigt for den opvarmede del af bygningsmassen<sup>4</sup> mht. anvendelse, alder, ejerforhold og konstruktionstyper. Bygninger der er registreret i BBR som værende "Bevaringsværdige" og bygninger med "Ingen varmeinstallation" er udeladt i arealopgørelserne, idet de ikke er relevante for nærværende analyse af den potentielle netto-varmebesparelse<sup>5</sup>. Af de bygningskategorier som indgår i analyserne udgør det udeladte areal ca. 4 % af det opvarmede areal.

### Bygningsmassens alder

Figur 17 viser det opvarmede areal opgjort efter opførelsesperiode fastlagt ud fra typiske perioder mht. byggeskik (de ældste perioder) og efter stramninger i bygningsreglementet (senere perioder).



Figur 17. Det opvarmede areal opgjort efter opførelsesperiode og i hovedanvendelsesgrupper. Bygninger uden varmeinstallation og fredede bygninger er ikke medregnet.

Det ses af figur 17, at en stor andel af det opvarmede areal blev opført i perioden 1890-1930 (15 %) og dermed er ca. 100 år gammel. Disse bygninger står overfor gennemgribende renovering og vedligehold med deraf følgende krav om opgradering af isoleringsevnen. Tilsvarende rummer perioderne 1961 til 1978 et stort antal bygninger, som nærmer sig et tidspunkt, hvor de står foran renovering eller udskiftning af bygningskomponenter. Perioden 1979 til 1998 omfatter også en større mængde bygninger, men i disse må rentabiliteten af de fleste potentielle forbedringer forventes at være begrænset, og krav om efterisolering af tage og ydervægge kommer derfor ikke i spil.

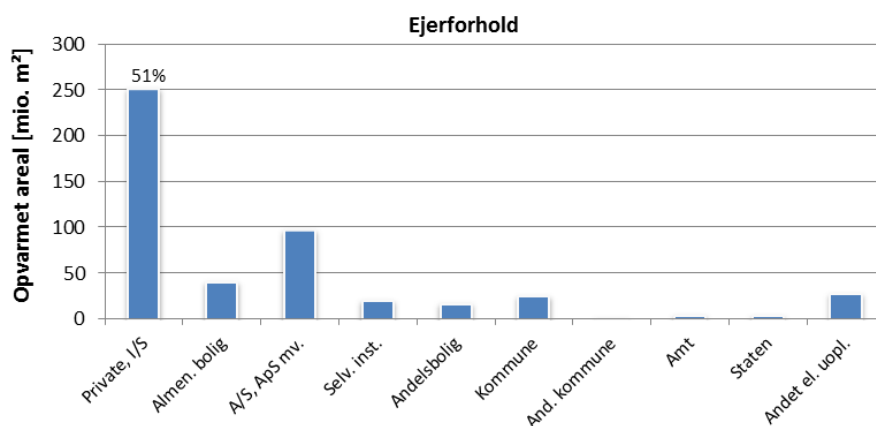
<sup>4</sup> Den opvarmede bygningsmasses areal er bestemt ud fra summen af BBR felterne BYG\_BOLIG\_ARL\_SAML og ERHV\_ARL\_SAML.

<sup>5</sup> Se opgørelsen af det fredede opvarmede areal og areal uden varmeinstallation i billagsrapporten



## Bygningsmassens ejerforhold

Som det fremgår af figur 18 er kun ca. 7 % af det opvarmede areal ejet af det offentlige, dvs. kommunerne, regionerne (registreret som amt) og staten. Dette er interessant i forhold til en generel vurdering af om den isoleringsmæssige standard af offentligt ejede arealer generelt adskiller sig fra tilsvarende bygninger af samme type og alder, ejet af private.

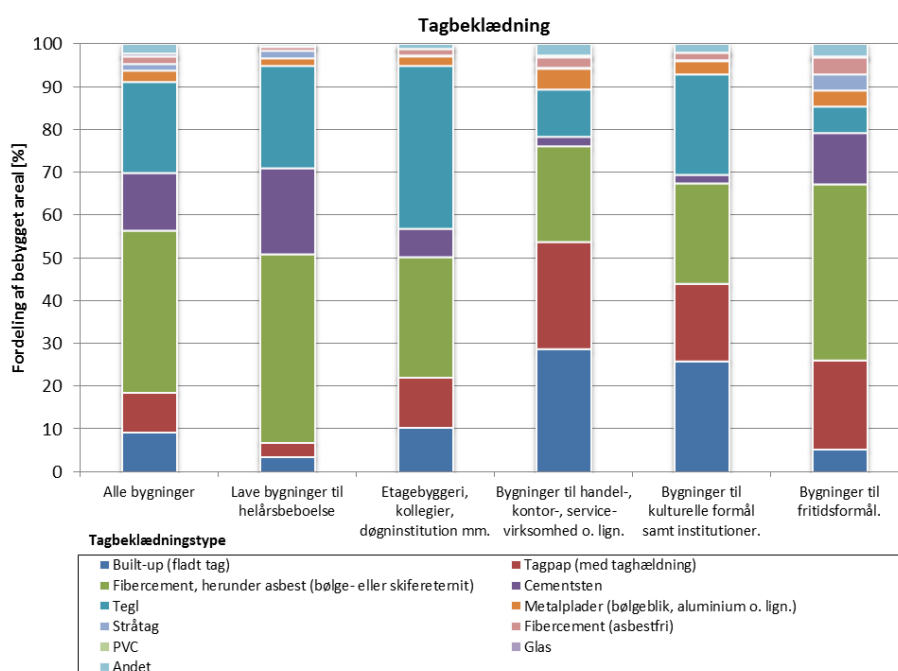


Figur 18. Det opvarmede areal opgjort efter ejerforhold.

## Bygningsmassens konstruktioner

I BBR registreres bygningernes tagbelægnings- og ydervægsmaterialer. Det tilhørende areal er derimod ikke registreret, og opgørelserne må derfor knyttes til det opvarmede eller bebyggede areal. Denne fordelingsnøgle er beregnet ud fra registreringer i EMO databasen, som indeholder information om alle disse arealer.

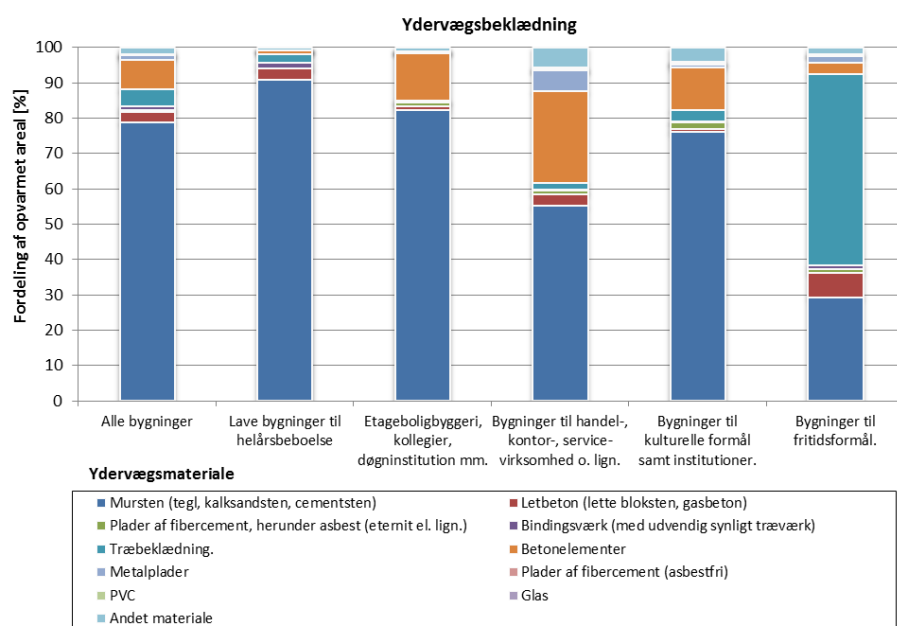
Fordelingen af det bebyggede areal opgjort efter de forskellige tagbelægningsmaterialer er vist i figur 19 indenfor fem hovedanvendelsestyper af bygninger. Det bebyggede areal<sup>6</sup> antages at være sammenligneligt med det isolerede loftareal.



Figur 19. Fordeling af det bebyggede areal efter tagbelægningsstype opgjort for alle bygninger og i undergrupper af hovedanvendelsestyper af bygninger.

<sup>6</sup> Det bebyggede areal svarer til det areal på grunden som er bebygget (bygningens fodaftryk).

Figur 20 viser fordelingen af det opvarmede etageareal opgjort efter forskellige typer af ydervægsbeklædninger. Det ses, at ca. 80 % af det opvarmede areal i de fleste bygningstyper er opført med ydervægge af tegl eller beton. Den lange levetid af tegl og almindelig uvillighed til at ændre udseendet af denne type ydervægge, vil være helt dominerende for renoveringsomfanget og dermed det beregnede besparelspotentiale.



Figur 20. Fordeling af det opvarmede areal efter ydervægsbeklædningstype opgjort for alle bygninger og i undergrupper af hovedanvendelsestyper af bygninger.

## Energimærkningsdata 2012

Der er opbygget bygningsmodeller for de enkelte delmængder af den danske bygningsmasse baseret på data fra Energimærkningsordningen (EMO).

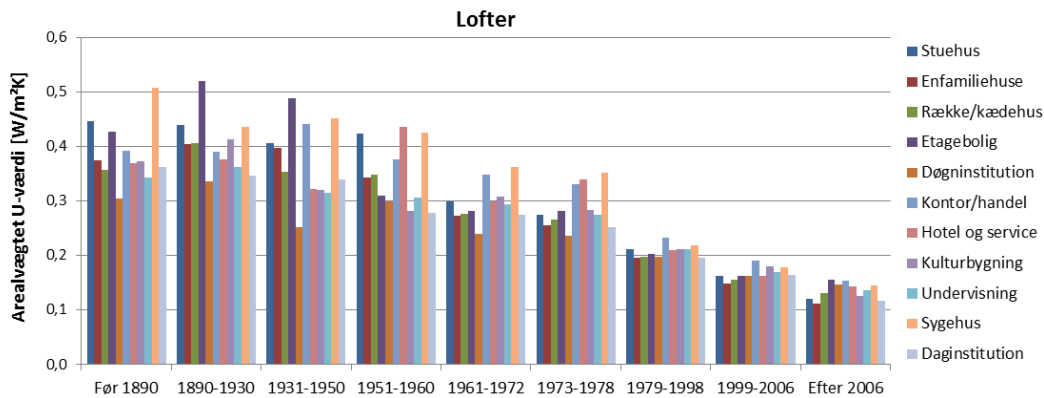
I de delmængder, hvor der er tilstrækkelig data til en sikker identifikation for hver enkelt byggeperiode, er dette gennemført. I delmængder med mere begrænset information er der alene opstillet modeller, som dækker alle byggeperioder for den enkelte bygningsanvendelse.

Der er tale om et øjebliksbillede af den danske bygningsmasse baseret på informationer indhentet fra 2006, hvor den nuværende energimærkningsordning startede, og frem til sommeren 2012. Billedet er således baseret på informationer indhentet i forbindelse med energimærkning af eksisterende bygninger i forbindelse med salg eller udlejning. Der er nogen usikkerhed forbundet med omfanget af ændringer – i form af efterisolering og vinduesudskiftning - som er gennemført efter en ny ejer har overtaget en bygning, og som dermed ikke er registreret i EMO databasen.

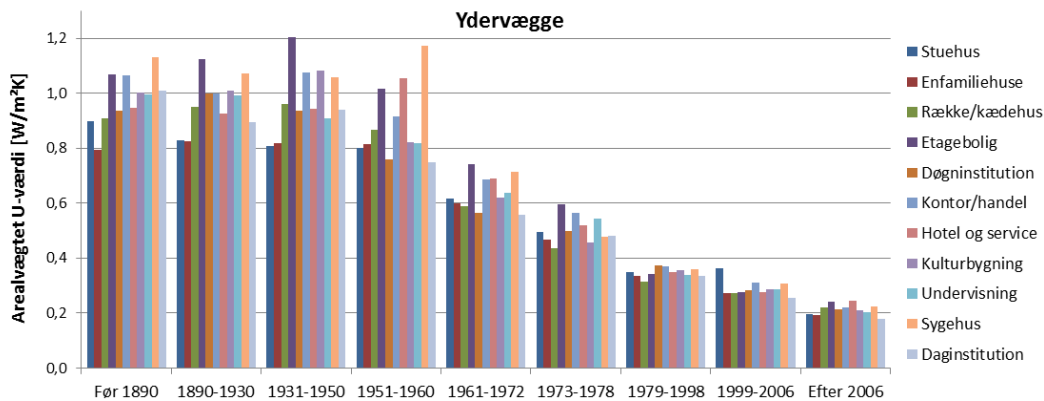
Hver delmængde af bygningsmassen karakteriserer en model for den konstruktive og energimæssige tilstand af delmængden, og benyttes til at beregne det forventede varmeforbrug og de potentielle varmebesparelser.

### Arealvægtede U-værdier

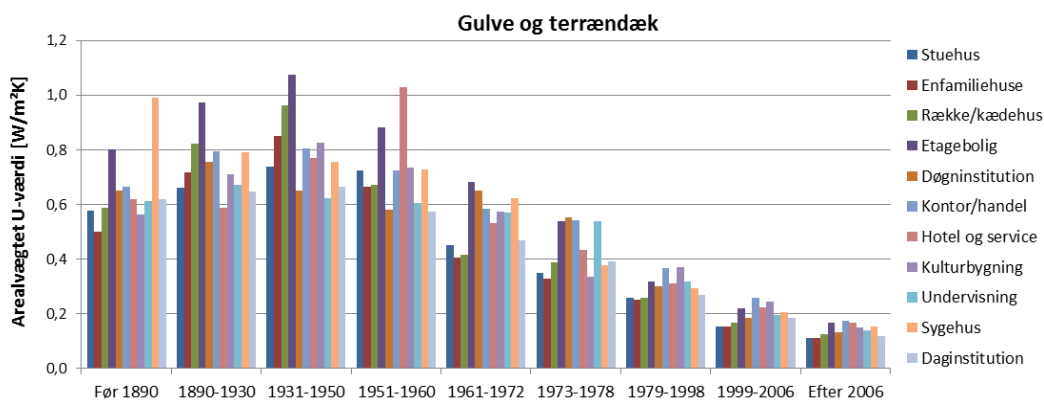
Til opstilling af model for bygningsmassen som helhed er der udført en beregning af konstruktionernes arealvægtede varmetabskoefficient (U-værdi). Figur 21 til Figur 24 viser de beregnede U-værdier for de 9 byggeperioder i udvalgte bygningstyper.



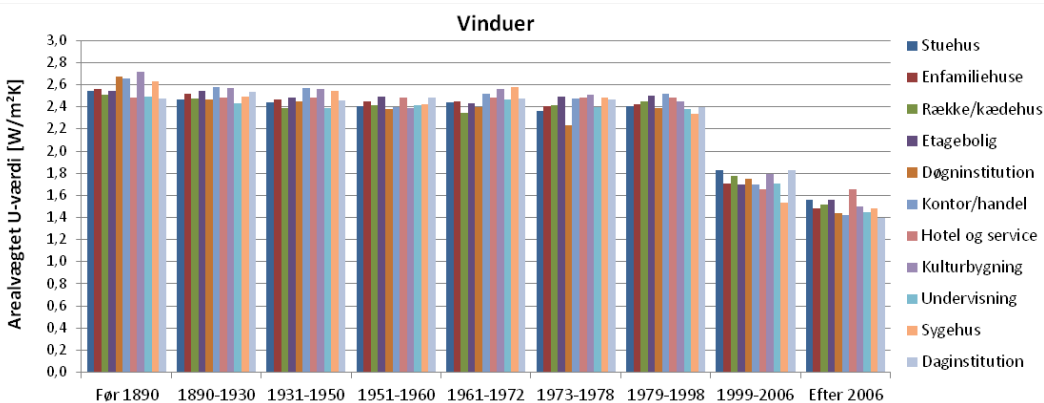
Figur 21. Beregnede arealvægtede U-værdier for tag- og loftkonstruktioner baseret EMO.



Figur 22. Beregnede arealvægtede U-værdier for ydervægge baseret EMO.



Figur 23. Beregnede arealvægtede U-værdier for gulve og terrændæk baseret EMO.



Figur 24. Beregnede arealvægtede U-værdier for vinduer baseret EMO.

De arealvægtede middelværdier for konstruktionernes U-værdier benyttes i modellen for bygningsmassens nuværende transmissionstab. Tilsvarende beregnes en arealvægtet U-værdi for den renoverede bygningsmasse som benyttes til beregning af den samlede bygningsmassens transmissionstab i 2050.

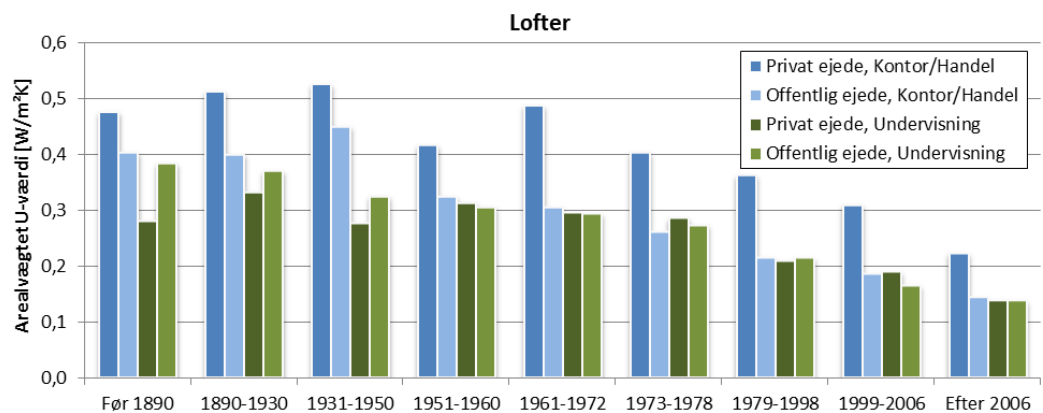
#### Isoleringsniveau og ejerforhold

Nedenstående figurer viser de arealvægtede U-værdier for lofter, ydervægge, gulve og vinduer specifikt for bygninger, der anvendes til kontor/handel (anvendelseskode 320) og til undervisning (anvendelseskode 420), idet andelen af offentligt ejede bygninger er mest markant for disse anvendelser.

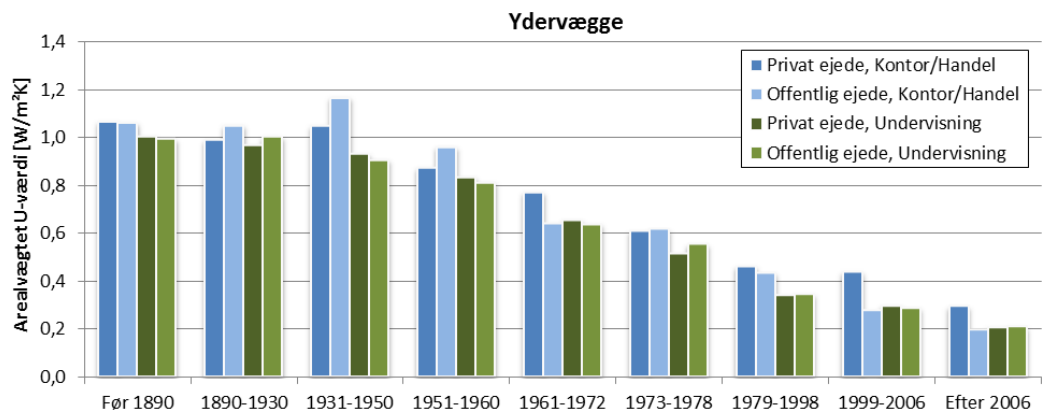
Følgende definition af ejerforholdet er anvendt (jf. ejer koder angivet i BBR):

Privat ejede: Private, I/S, A/S, ApS, Almen bolig, Selvejende Institution, Andelsbolig og Andet

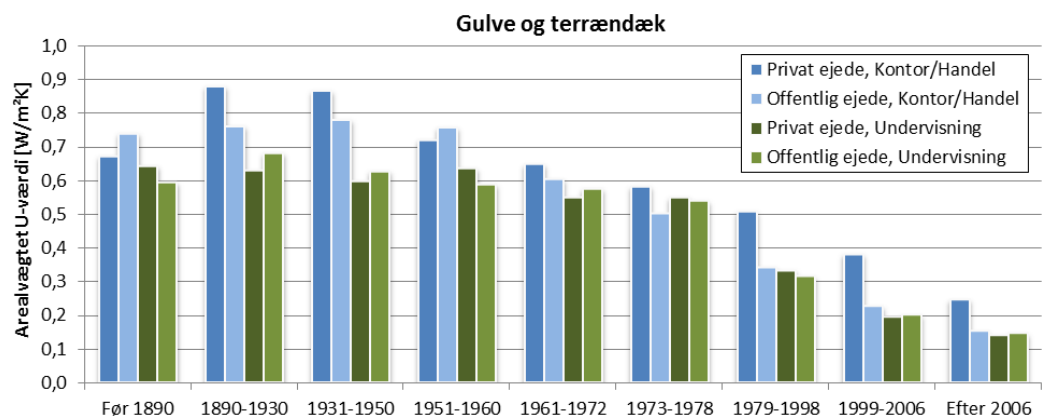
Offentlig ejede: Kommune, Anden kommune, Amt (nu regionerne), Staten



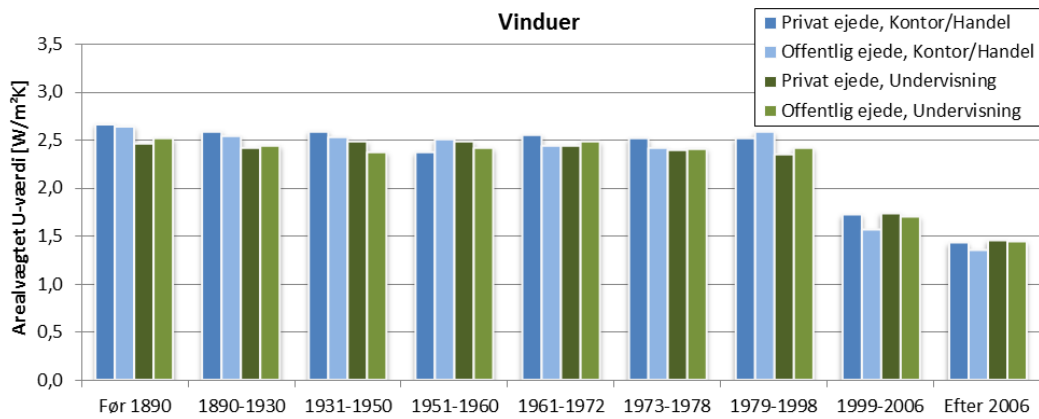
Figur 25. Arealvægtede U-værdier for lofter opgjort efter ejerforhold.



Figur 26. Arealvægtede U-værdier for ydervægge opgjort efter ejerforhold.



Figur 27. Arealvægtede U-værdier gulve og terrændæk opgjort efter ejerforhold.



Figur 28. Arealvægtede U-værdier vinduer opgjort efter ejerforhold.

Generelt ses der ingen markant forskel mellem de to ejer typer, dog har privatejede bygninger til kontor og handel generelt en ringere loft/tag isolering end offentligt ejede bygninger i samme kategori.

# Renovering og udskiftning af bygningskomponenter

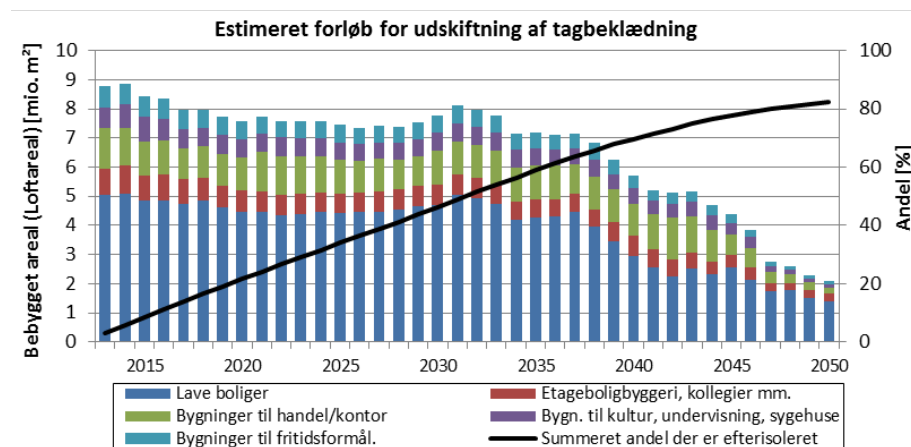
I vurderingen af varmebesparelsen og omkostningen ved renovering af de enkelte bygningskomponenter tages der udgangspunkt i en marginalomkostning. Det vil sige den ekstra omkostning, der er forbundet med at gennemføre varmebesparelsen, dvs. de arbejder, der er direkte forbundet med efterisoleringsarbejdet, men ikke de arbejder og omkostninger som alligevel skulle have været gennemført ved almindelig, planlagt bygningsrenovering.

Omkostningen er desuden afhængig af størrelsen af arbejdet. For definition af arbejdets størrelse benyttes et beregnet middelfareal for den enkelte bygningskategori, som er afhængig af det bebyggede areal og det opvarmede areal (bolig- + erhvervsarealet).

## Tag

Baseret på de tidligere beskrevne levetider (tabel 4) er der opstillet en model for omfanget (regnet som det bebyggede areal) af den totale årlige udskiftning af tagbeklædning frem til 2050. Modellen er opstillet på baggrund af oplysninger fra BBR om tagbeklædningstypen og dermed indirekte levetiden af tagdækningen, samt bygningens byggeår.

Det antages, at tage på bygninger med en alder større end tagdækningens gennemsnitlige levetid, allerede er blevet udskiftet mindst en gang i løbet af bygningens levetid. Arealet af disse tage, der også fremover skal udskiftes, medtages fremover hvert år som den reciprokke værdi af levetiden for tagbeklædningstypen gange det samlede areal. Tagbelægninger med en kort levetid, dvs. typer der skal skiftes mere end en gang inden 2050, medgår kun én gang i samlede areal der efterisoleres. Det antages at taget efterisoleres første gang det renoveres. Dette er årsagen til faldet i tagareal der skal renoveres med deraf følgende varmebesparelser hen mod slutningen af perioden (se figur 29). Omkring 81 % af det samlede tagareal bliver på denne måde renoveret med potentielt samtidig mulighed for efterisolering frem til 2050 (se i øvrigt tabel 10 på side 24).



Figur 29. Estimeret udviklingsforløb for omfanget af tagbeklædning der udskiftes med potentielt tilhørende efterisolering (baseret på BBR information om tagtype, byggeår samt antagelse om gennemsnitlige levetider for de forskellige tagtyper). Tagbeklædninger der skal renoveres flere gange inden 2050 er kun medregnet første gang de optræder, hvilket forklarer faldet i slutningen af perioden.

Med denne antagelse vil, de tage som ikke er efterisoleret i forbindelse med første tagudskiftning på grund af tekniske forhindringer eller manglende overholdelse af kravene i Bygningsreglementet, heller ikke blive efterisoleret ved anden tagudskiftning. Det er kun den manglende overholdelse af BR kravene som på denne måde ikke medtages i regnestykket, og giver anledning til en lille undervurdering af besparelspotentialet.

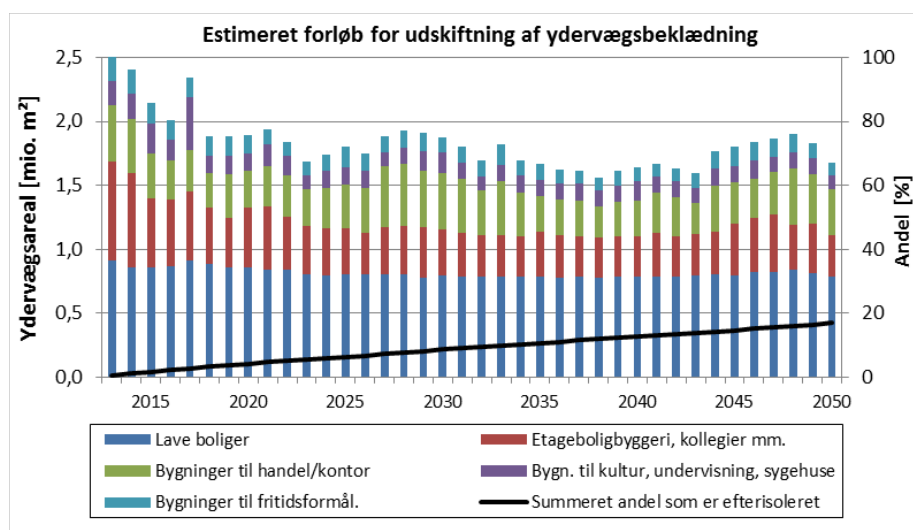
Som det fremgår af figur 29 udgør lave boliger langt den største andel af udskiftningen af tagbeklædning. Langt det største antal tagrenoveringsopgaver ligger derfor inden for segmentet af enfamilieboliger.

## Ydervægge

Langt den største del af bygningsmassens ydervægsareal er teglmure og samlet findes de i forbindelse med ca. 80 % af det totale opvarmede areal. Teglmure har en relativ lang levetid og er ofte svære at efterisolere uden at ændre ved bygningens arkitektoniske udtryk. Dette begrænser omfanget af det areal der renoveres med en tilhørende efterisolering for denne type ydervæg. Noget ydervægsareal af tegl vil dog løbende blive efterisoleret, og det antages, at dette vil være stigende frem mod 2050. Som gennemsnit antages at 0,5 % af det samlede ydervægsareal af tegl renoveres og efterisoleres pr. år for alle typer af bygningsanvendelser. Dette svarer fx til renovering af ca. 7000 enfamiliehuse og ca. 250 etageboligbygninger pr. år, som har ydervægge af tegl.

For de øvrige typer af ydervægsbeklædning (fx træbeklædning), er levetiden kortere og dermed kan der opstilles en model for den fremtidige udskiftning baseret på samme metode som for tagbelægning. Den opstillede model for udskiftning af ydervægge ses på figur 30. Ligesom for tagbeklædningen indgår nogle ydervægsbeklædninger med en levetid der er kortere end periodens længde. Disse medtages kun første gang de optræder, idet det antages at der kun foretages efterisolering ved denne lejlighed, og at isoleringen ikke forøges ved anden renovering. I løbet af perioden renoveres ca. 18 % af det samlede ydervægsareal med samtidig potentiel efterisolering.

Hvis det efterisolerede ydervægsareal skal forøges, er det bydende nødvendigt, at der findes løsninger som kan sikre det arkitektoniske udtryk af udvendigt efterisolerede ydervægge af tegl, eller at der findes sikre metoder til indvendig efterisolering. Alternativet vil være et opgør med holdningen om, at ydervægge af tegl af arkitektoniske hensyn ikke må ændres.



Figur 30. Estimeret forløb for udskiftning af ydervægsbeklædning baseret på BBR oplysningen om ydervægsbeklædningstype, byggeår for bygningen og med antagelse om gennemsnitlige levetider for forskellige beklædningstyper.

Lige som for tagene er prisen for efterisolering af ydervægge inddelt i et begrænset antal grupper, nemlig tunge facader (tegl og beton), tegl med hulmur og lette facader.

## Gulvkonstruktioner

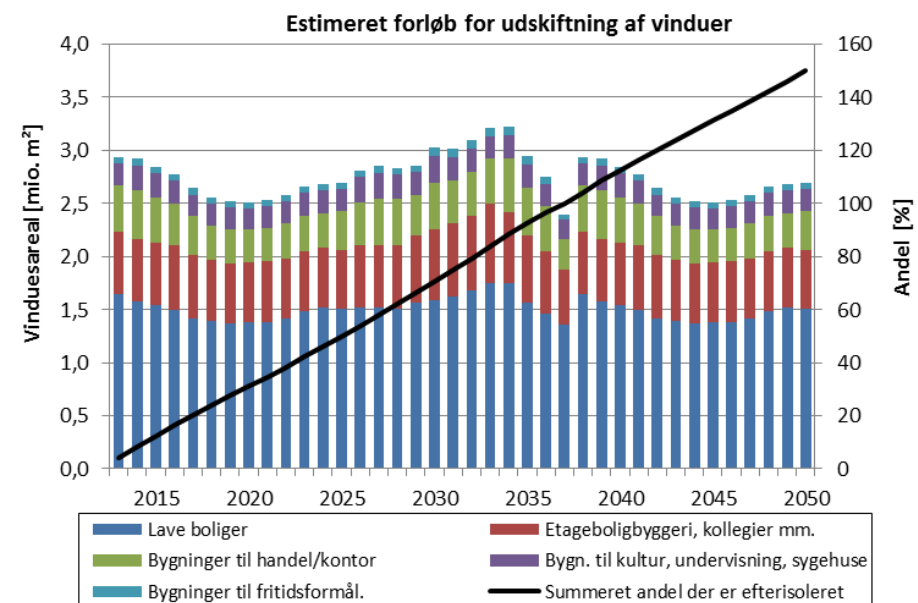
Det er ikke muligt at vurdere i hvor stort et omfang, der udskiftes gulve i den nederste etage eller i etageadskillelsen mod uopvarmede rum eller krybekældre i danske bygninger. Dermed er det heller ikke muligt at opstille en forventning til renovering af gulve i løbet af perioden frem til 2050, lige som det er gjort for tage og ydervægge.

Hvis der er umiddelbar adgang til kælder eller krybekælder er, det derimod ofte økonomisk rentabelt eller komfortmæssigt hensigtsmæssigt at gennemføre en efterisolering, også når det ikke sker i forbindelse med andre planlagte arbejder. Det antages at 15 % af arealet over kældre og krybekældre efterisoleres frem til 2050 med den samme andel hvert år.

## Vinduer og yerdøre

Det er ikke muligt at udskille døre i ydervægge fra vinduer i data fra Energimærkningsordningen, hvorfor disse behandles under et i opgørelsen af det samlede omfang af renoveringsarbejder.

Vinduers og termoruders levetid er begrænset og udskiftningen er langt hyppigere end for andre bygningskomponenter. Den opstillede model for den fremtidige vinduesudskiftning er vist på figur 31. I løbet af perioden vil ca. 150 % af det samlede areal af vinduer og yerdøre blive udskiftet. I modsætning til for de øvrige bygningskomponenter vil også udskiftning nummer 2 i løbet af perioden kunne resultere i en varmebesparelse, idet der dels sker en udvikling i kravene i Bygningsreglementet over tid og dels forventes en yderligere teknisk udvikling i isoleringsevnen for vinduer frem til 2050.



Figur 31. Estimeret forløb for udskiftning af vinduer baseret på en gennemsnitlig levetid på 25 år.



# Referencer

- [1] Aggerholm, S. & Grau, K. (2011). Bygningers energibehov, (SBI-anvisning 213, 2. udgave 2011). Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, Hørsholm.
- [2] Bygnings og boligregistret (BBR) (2012). Energistyrelsen version, januar 2012
- [3] Bygningsreglement 2010 (01.01.2014) (2010). Erhvervs- og Byggestyrelsen, København.
- [4] Christensen, T.H.; Jensen, J.O. & Gram-Hanssen, K. (2013). Overholdelse af kravene i bygningsreglementet, (SBI 2013:02). Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, København.
- [5] Energimærkningsordningens database (2012). Fællessekretariat for eftersyns-og mærkningsordningerne.
- [6] Energiparcel – demonstrationsprojekt, Realdania BYG. Lokaliseret 20140403 på <http://www.realdaniabyg.dk/projekter/energiparcel>
- [7] Energistatistik 2011(2013). Energistyrelsen.
- [8] Grundejernes Investeringsfond. Lokaliseret 20140403 på [www.levetider.dk](http://www.levetider.dk)
- [9] Netværk for Energirenovering (maj 2013). Initiativkatalog.
- [10] Netværk for Energirenovering (april 2013). Netværksgruppernes grundkatalog – 156 konkrete forslag til initiativer til fremme af energirenovering.
- [11] Rose, J. & Mortensen, L. H. (2013). Fremtidssikring af komponentkrav, (SBI 2013:03). Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, København.
- [12] V&S prisdata (2012). Byggecentrum.
- [13] Wittchen, K. B. (2009). Potentielle energibesparelser i det eksisterende byggeri, (SBI 2009:05). Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, Hørsholm.
- [14] Wittchen, K. B. & Kragh, J. (2010). Danske bygningers energibehov i 2050, (SBI 2010:56). Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, Hørsholm.
- [15] Wittchen, K.B. & Kragh, J. (2013). Varmebesparelser ved løbende bygningsrenovering frem til 2050, (SBI 2013:08). Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. København.
- [16] Larsen, E.S. (1992). Betonkonstruktioners levetid, (SBI rapport 225). Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm.

## Bilag 1 – Data fra BBR og EMO

I det følgende beskrives en række nøgletal der er anvendt til opbygningen af beregningsmodellen for den samlede bygningsmasses netto-varmeforbrug. Modellen er i høj grad baseret på registreringerne fra Energimærkningsordningens database (EMO). I tabel 29 ses hvor stor en del EMO databasen dækkede af den totale bygningsmasse både i forhold til antal bygninger og opvarmet areal.

Tabel 29. Det totale opvarmede areal (summen af boligareal og erhvervsareal). Bygninger uden varmeinstallation og fredede bygninger er ikke medregnet. Ligeledes ses der bort fra landbrugs- og erhvervsbygninger.

	Antal				Opvarmet areal		
	BBR	EMO	Mærket	BBR	EMO	Mærket	
	[-]	[-]	andel [%]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	andel [%]	
Stuehus	110	117 896	9 160	8	21 967 559	1 817 481	8
Parcelhus	120	1 083 295	171 765	16	156 856 239	26 731 851	17
Række/kædehus	130	232 943	41 816	18	35 066 558	10 296 953	29
Etagebolig	140	87 735	25 690	29	81 601 987	41 893 958	51
Kollegium	150	1 749	304	17	1 379 430	581 913	42
Døgninstitution	160	4 192	1 697	40	4 266 434	2 506 076	59
And. helårsbolig	190	5 018	354	7	636 274	146 630	23
Kontor/handel	320	56 304	7 533	13	57 230 749	17 876 342	31
Hotel og service	330	11 561	889	8	6 058 006	1 187 392	20
And. hand/serv.	390	1 851	206	11	789 044	215 921	27
Kulturbygning	410	8 585	1 574	18	4 197 662	1 428 209	34
Undervisning	420	17 050	5 751	34	21 680 224	14 336 129	66
Sygehus	430	2 199	913	42	4 393 353	3 059 133	70
Daginstitution	440	7 728	4 173	54	3 372 557	2 237 136	66
Sommerhus	510	211 751	705	0	15 805 344	81 244	1
Feriebygning	520	3 408	150	4	768 785	118 583	15
Sportsanlæg	530	6 545	1 296	20	5 605 194	2 079 600	37
And. fritidsbygn.	590	9 230	841	9	1 369 166	366 797	27

### Opvarmet areal efter byggeperiode og bygningsanvendelse

Tabel 30 viser en opgørelse af det totale opvarmede areal for bygninger der har varmeinstallation og tilsvarende viser tabel 31 det opvarmede areal eksklusiv de bygninger, der er kategoriseret som værende fredet eller bevaringsværdig samt bygninger uden varmeinstallation. Tabel 31 viser dermed det potentielle opvarmede areal, hvor der kan opnås varmebesparelser i forbindelse med energirenovering.

Tabel 30. Total opvarmet areal [m<sup>2</sup>] inkl. areal fra fredede og bevaringsværdige bygninger med varmeinstallation. (data fra BBR 2012).

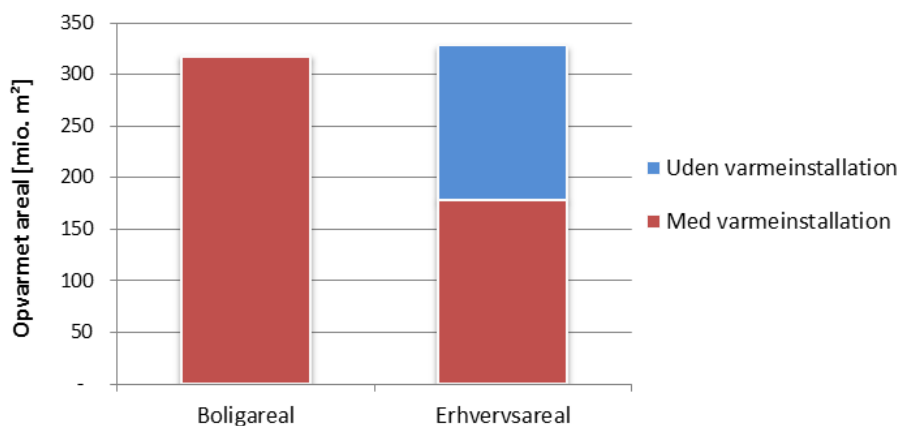
Anvendelseskode	Før 1890	1890-1930	1931-1950	1951-1960	1961-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	Efter 2006	Total
Stuehus	110	7 232 815	8 833 785	2 150 271	737 804	787 751	632 889	967 513	418 239	22 220 406
Parcelhus	120	11 082 993	26 433 186	16 151 211	12 769 063	38 567 879	22 152 767	17 801 805	5 068 685	157 413 848
Række/kædehus	130	1 575 126	2 338 394	1 892 749	2 191 133	4 653 503	3 764 218	12 908 011	1 986 454	35 401 310
Etagebolig	140	6 252 303	20 773 880	15 051 075	8 012 426	14 202 116	4 495 472	7 931 108	2 414 296	82 955 328
Kollegium	150	25 710	73 889	65 226	78 961	531 850	132 778	251 140	71 474	1 393 043
Døgninstitution	160	156 181	417 543	266 202	357 347	828 741	651 643	853 879	262 878	4 344 703
And. helårsbolig	190	141 569	181 327	59 849	39 527	66 240	33 066	73 929	22 393	668 890
Kontor/handel	320	3 920 304	6 915 883	3 099 172	2 902 902	10 525 416	5 741 957	14 140 062	4 809 281	58 680 503
Hotel og service	330	910 931	1 334 008	440 258	425 749	972 913	397 251	1 123 268	256 084	6 282 461
And. hand./serv.	390	20 249	71 979	59 211	45 150	121 696	79 942	208 598	69 227	800 055
Kulturbgning	410	1 252 807	983 826	275 290	225 808	419 507	309 904	804 794	117 099	4 680 478
Undervisning	420	841 205	2 407 049	1 558 873	2 747 263	6 015 213	2 961 435	3 555 984	505 792	21 979 933
Sygehus	430	209 661	614 150	413 452	378 625	943 686	797 299	721 180	129 900	4 471 782
Daginstitution	440	126 731	343 573	212 858	242 152	722 136	303 894	996 430	132 395	3 398 387
And. institution	490	121 234	225 353	126 813	141 832	196 262	77 926	185 277	45 619	1 192 086
Sommerhus	510	369 392	482 896	900 004	951 282	4 304 716	2 649 158	3 419 076	1 062 886	15 825 510
Feriebygning	520	49 014	120 787	80 534	64 321	100 219	102 027	189 170	29 149	778 275
Sportsanlæg	530	42 916	186 296	223 745	218 665	1 350 327	1 003 505	1 740 745	323 538	5 646 442
And. fritidsbygn	590	87 712	228 277	90 578	58 231	159 369	109 259	403 954	82 775	1 379 615
Total	Alle	34 418 853	72 966 081	43 117 371	32 588 241	85 469 540	46 396 390	68 275 923	17 808 164	429 513 055

Tablet 31 Opvarmet areal [m<sup>2</sup>] ekskl. areal fra fredede og bevaringsværdige bygninger og bygninger uden varmeinstallation (data fra BBR 2012).

Anvendelseskode	Før 1890	1890-1930	1931-1950	1951-1960	1961-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	Efter 2006	Total
Stuehus	110	6 992 580	8 822 187	2 150 071	736 990	787 751	632 889	459 339	418 239	21 967 559
Parcelhus	120	10 857 761	26 276 530	16 046 684	12 724 246	38 548 900	17 798 372	7 385 871	5 068 685	156 856 239
Række/kædehus	130	1 434 902	2 242 544	1 843 127	2 167 001	4 636 067	12 902 650	4 091 653	1 986 454	35 066 558
Elagebolig	140	5 502 383	20 523 978	14 816 391	7 920 487	14 178 249	7 929 286	3 822 652	2 414 296	81 601 987
Kollegium	150	17 271	71 790	62 151	78 961	531 850	251 140	162 015	71 474	1 379 430
Døgninstitution	160	126 511	413 100	254 058	354 833	815 948	842 702	549 895	262 878	4 266 434
And. helårsbolig	190	109 846	180 542	59 741	39 527	66 240	73 929	50 990	22 393	636 274
Kontor/handel	320	2 882 306	6 642 212	3 029 752	2 866 171	10 511 374	14 132 042	6 625 526	4 809 281	57 230 749
Hotel og service	330	742 549	1 288 002	436 902	425 228	966 811	1 123 268	421 999	256 084	6 058 006
And. hand./serv.	390	19 572	61 645	59 211	45 150	121 696	208 598	124 003	69 227	789 044
Kulturbgning	410	886 101	896 886	262 585	218 758	411 370	804 126	291 443	117 099	4 197 662
Undervisning	420	651 790	2 349 593	1 540 402	2 725 945	6 008 478	3 549 766	1 387 119	505 792	21 680 224
Sygehus	430	144 143	611 484	412 817	378 625	936 151	721 180	263 829	129 900	4 393 353
Daginstitution	440	117 079	337 523	210 396	237 114	720 075	995 863	318 218	132 395	3 372 557
And. institution	490	65 766	216 882	125 813	141 832	190 891	185 277	71 770	45 619	1 121 776
Sommerhus	510	352 544	480 910	899 589	951 107	4 304 471	3 418 647	1 686 100	1 062 886	15 805 344
Feriebygning	520	42 927	118 773	80 534	63 609	100 219	188 507	43 040	29 149	768 785
Sportsanlæg	530	39 451	177 493	210 610	217 897	1 335 250	1 740 745	556 705	323 538	5 605 194
And. fritidsbyggn	590	80 042	226 849	90 578	58 168	159 350	402 817	159 460	82 775	1 369 166
Total	Alle	31 065 524	71 938 923	42 591 412	32 351 649	85 331 141	68 236 428	28 471 627	17 808 164	424 166 341

## Bygninger uden varmeinstallation

Tabel 29 viser det samlede opvarmede areal, eksklusiv de bygninger som er registreret uden varmeinstallation, da disse ikke medfører et varmebesparelsespotentiale. For at belyse omfanget af dette areal yderligere viser figur 32 en opgørelse af boligareal og erhvervsareal med hhv. uden varmeinstallation.

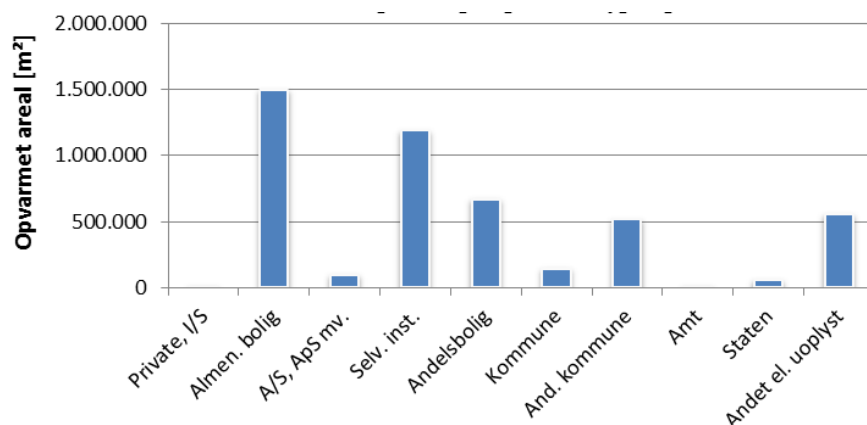


Figur 32. Det opvarmede areal opgjort efter anvendelse til hhv. bolig og erhverv og for det tilfælde hvor bygningen ikke har en varmeinstallation. Bygninger uden varmeinstallation er i udeladt i analysen.

Det ses af figur 32, at ca. 45 % af erhvervsarealet ikke har en varmeinstallation. Den tilsvarende andel af boligarealet er forsvindende i forhold til det totale opvarmede areal.

## Fredede og bevaringsværdige bygninger

Fredede og bevaringsværdige bygninger er udeladt i analysen af varmebesparelsespotentialet, idet energirenovering af disse bygninger normalt er forbundet med større arkitektoniske og byggetekniske udfordringer. Figur 33 viser det opvarmede areal for bygninger der i BBR er registreret som værende fredede eller bevaringsværdige opgjort efter ejerforhold.



Figur 33. Det opvarmede areal for bygninger der i BBR er registreret som fredet eller bevaringsværdig opgjort efter ejerforhold (amt = regionerne).

Samet udgør de fredede og bevaringsværdige bygninger ca. 1 % af det opvarmede areal og andelen er størst for almene boliger.





Rapporten præsenterer analyser af de potentielle nettovarmebesparelser ved løbende bygningsrenovering fremmod 2050, hvis bygningsdelene efterisoleres i henhold til krav, som kunne stilles i Bygningsreglementet på det tidspunkt, hvor bygningerne alligevel skal have foretaget almindelig renovering og vedligeholdelsesarbejde eller udskiftning.

Analyserne sammenlignes med et scenarie, hvor udviklingen fortsætter som hidtil. Denne sammenligning giver den ultimative ekstra energibesparelse ved efterisolering i forbindelse med planlagt renovering og udskiftning.

Den bagvedliggende beregningsmodel er opbygget ved brug af data fra Bygnings- og Boligregistret (BBR) og statistiske data fra Energimærkningsordningen (EMO) vedrørende bygningernes isoleringsstandard og arealsammensætning pr. enhedsareal (opvarmet areal) for tag, ydervæg, gulv/terrændæk og vinduer/døre.

Rapporten er udarbejdet for Energistyrelsen og er en opfølgning på den tidligere rapport udarbejdet i forbindelse med netværket for energirenovering. Den retter sig især mod byggebranchen og styrelserne samt de politiske beslutningstagere.

1. udgave 2014

ISBN 978-87-92739-63-6