

Renoveringsklasser for eksisterende byggeri

Kragh, Jesper

Publication date:
2015

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Kragh, J. (2015). *Renoveringsklasser for eksisterende byggeri*. (1. udgave udg.) SBI forlag. SBI Nr. 2015:06

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

RENOVERINGSKLASSER FOR EKSISTERENDE BYGGERI

SBI 2015:06



Renoveringsklasser for eksisterende byggeri

Jesper Kragh

Titel	Renoveringsklasser for eksisterende byggeri
Serietitel	SBi 2015:06
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2015
Forfatter	Jesper Kragh
Sprog	Dansk
Sidetæl	34
Litteratur-henvisninger	Side 34
Emneord	Renovering, energirenovering, energimærke, efterisolering, Bygningsreglement 2010, BR10, Bygningsreglement 2015, BR15.
ISBN	978-87-563-1661-3
Omslagsfoto	Jesper Kragh
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post sbi@sbi.aau.dk www.sbi.dk

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

Indhold

Forord	4
Indledning	5
Metode	6
Energimærkeniveau 2014	7
Eksempelbygninger	12
Eksempelbygning 1 - Enfamiliehus fra 1930'erne	13
Eksempelbygning 2 - Enfamiliehus fra 1960'erne	15
Eksempelbygning 3 - Enfamiliehus fra 1980'erne	16
Eksempelbygning 4 - Etageboligbygning fra 1930'erne	18
Eksempelbygning 5 - Etageboligbygning fra 1970'erne	20
Eksempelbygning 6 - Etageboligbygning fra 1980'erne	22
Eksempelbygning 7 – Kontorbygning fra 1940'erne	24
Eksempelbygning 8 – Kontorbygning fra 1970'erne	26
Eksempelbygning 9 – Institution fra 1970'erne	28
Sammenfattende oversigt for eksempelbygninger	31
Supplerende scenarie for regelændring for VE-anlæg	32
Litteratur	34

Forord

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med en myndighedsopgave udført af Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) ved Aalborg Universitet for Energi-styrelsen.

Opgaven har været at opbygge en række beregningsmodeller af typiske eksempelbygninger for at belyse mulighederne for indførelsen af frivillige renoveringsklasser i Bygningsreglement 2015 (BR15).

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Afdelingen for Energi og Miljø
Marts 2015

Søren Aggerholm
Forskningschef

Indledning

Baggrunden for forslag om indførelse af frivillige renoveringsklasser for eksisterende bygninger i Bygningsreglement 2015 (BR15) stammer fra den fælles brancheudgivelse *Initiativkatalog* (Netværk for Energirenovering, 2013) og er videreført i *Strategi for energirenovering af bygninger* (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014).

Formålet med de frivillige renoveringsklasser er at give et alternativ i større renoveringsprojekter, hvor opfyldelse af bygningsreglementets komponentkrav for mindste varmeisoleringsniveau er eneste mulighed efter de nuværende regler.

Projektet analyserer således muligheden for, at der indføres et alternativ til opfyldelse af komponentkravene for mindste isoleringsniveau ved i stedet at opfylde en energiramme svarende til den, der benyttes ved energimærkning af bygninger.

Der er således tale om en valgmulighed. Ved en større renovering af en bygning skal der med de nugældende regler i Bygningsreglement 2010 (BR10) (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) laves rentabilitetsberegninger for alle bygningsdele, der renoveres. Det efterisoleringsarbejde, der er rentabelt, skal gennemføres. Det kunne for eksempel være 300 mm isolering på taget og 250 mm isolering på facaderne.

Ved brug af energirammen for eksisterende byggeri vil disse enkeltstående bindinger på hver bygningsdel ikke optræde, hvorfor man vil have frihed til for eksempel at vælge bedre isolerende vinduer og øge loftisoleringen for der igennem at mindske facadeisoleringstykkelse. Det giver ambitiøse bygherrer og bygningsdesignere en større metodefrihed.

Indførelsen af renoveringsklasserne svarer desuden til EU Kommissionens ønske til implementering af artikel 7 i Bygningsdirektivet (EU-Parlamentet & Rådet, 2010).

Metode

Til analysen er anvendt ni eksempelbygninger. Disse er faktiske bygninger, der er fundet i energimærkningsdatabasen (2014). Bygningerne er med få undtagelser, som de oprindeligt er opført – bortset fra vinduerne og varmeinstallationen, der normalt vil være udskiftet mindst en gang siden opførelsen.

Ud fra de indberettede data i energimærkningsdatabasen er der for hver eksempelbygning opbygget en Be10-beregningsmodel (Aggerholm & Grau, 2014). Baseret på denne referencemodel er forskellige pakked løsninger gennemført, for at belyse hvor langt bygningen kan opgraderes på energimærkningsskalaen. Der er generelt kun anvendt typiske renoveringstiltag og en rækkefølge, hvor der først efterisoleres og herefter foretages forbedringer af varmeinstallationer. Ved efterisolering sættes isoleringsniveauet til bygningsreglementets komponentkrav gældende for ombygning og andre forandringer i bygningen. Komponentkravene forventes opdateret i BR15 svarende til niveauer vist i tabel 1.

Tabel 1. Komponentkrav fra BR10 (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) gældende ved ombygning og andre forandringer i bygningen og det forventede niveau ved BR15.

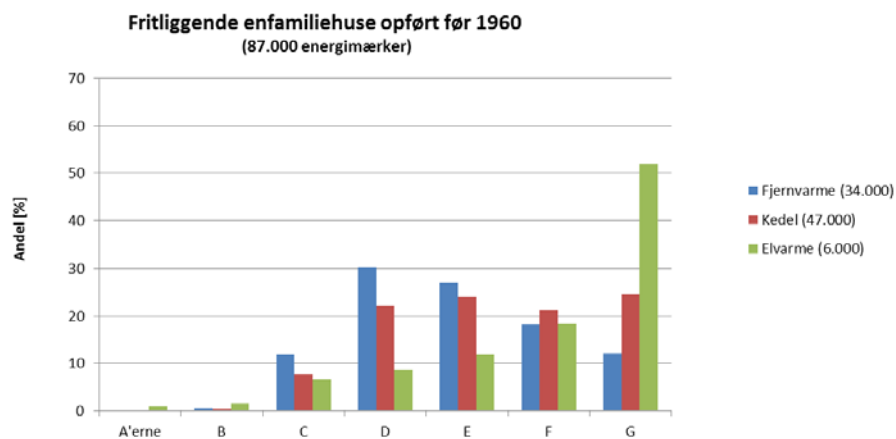
Skema over U-værdier	BR10	BR15
Bygningsdel	[W/m ² K]	[W/m ² K]
Ydervægge og kældervægge mod jord	0,20	0,15
Skillevægge og etageadskillelser mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er 5 K eller mere lavere end temperaturen i det aktuelle rum.	0,40	-
Terrændæk, kældergulve mod jord og etageadskillelser over det fri eller ventileret kryberum.	0,12	0,12
Loft- og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge, flade tage og skråvægge direkte mod tag.	0,15	0,12
Yderdøre, porte, lemme, forsatsvinduer og ovenlyskupler	1,65	-

Komponentkravene dækker også over krav for linjetabet ved vinduesfalske og samlingen mellem ydervæg, gulv og fundament. I denne analyse er disse linjetabskrav ikke medtaget.

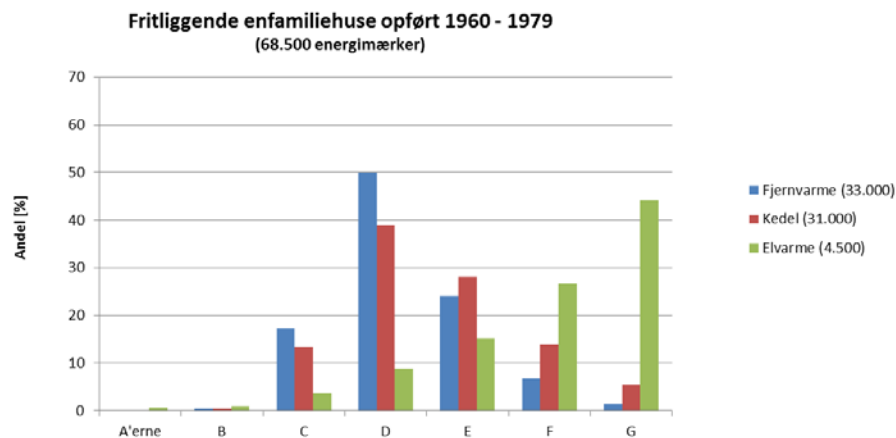
Til sidst i rapporten er beskrevet et supplerende scenarie, hvor der antages en ændring af den måde som el-producerende VE-anlæg medregnes i energirammen.

Energimærkeniveau 2014

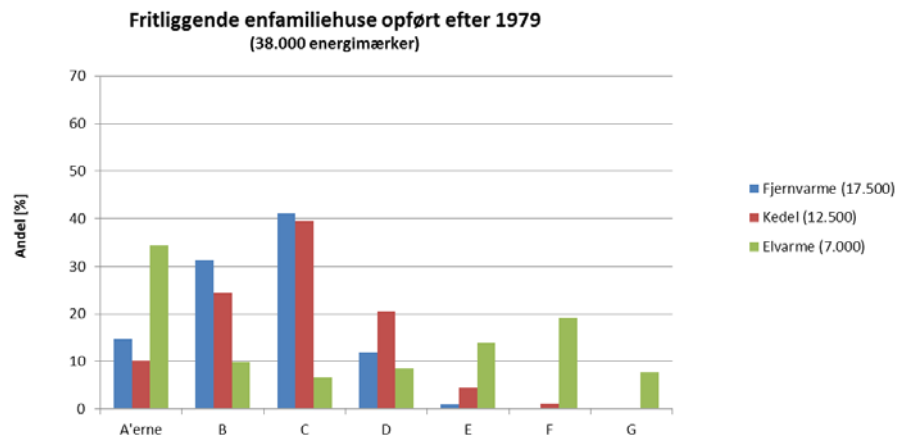
For bedre at kunne fastlægge et fremtidigt krav for renoveringsklasser baseret på et energimærkeniveau, er der lavet udtræk fra energimærkningsdatabasen for den nuværende fordeling af mærkerne opgjort i tre byggeperioder svarende til før 1960, 1960-1979 og efter 1979 og desuden efter varmforsyningstyperne fjernvarme, kedel og elvarme. Resultaterne for fritliggende enfamiliehuse, etageboligbygninger, kontor/handel og daginstitutioner er vist på de følgende figurer.



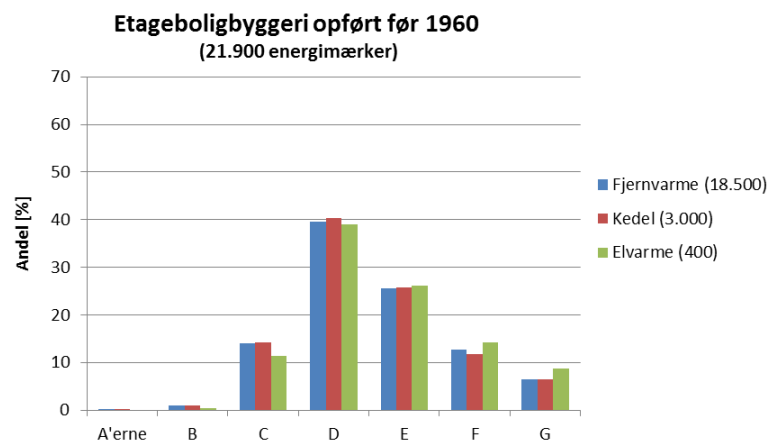
Figur 1. Enfamiliehuses energimærker opført før 1960 opgjort efter energimærkeskala og varmforsyningstype.



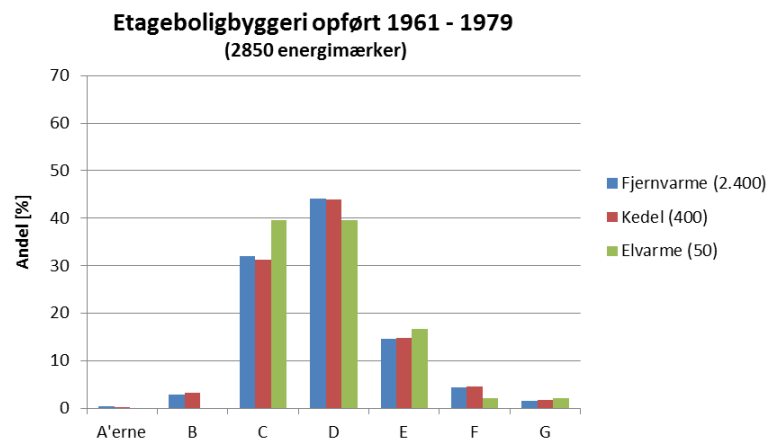
Figur 2. Enfamiliehuses energimærker opført 1961-79 opgjort efter energimærkeskala og varmforsyningstype.



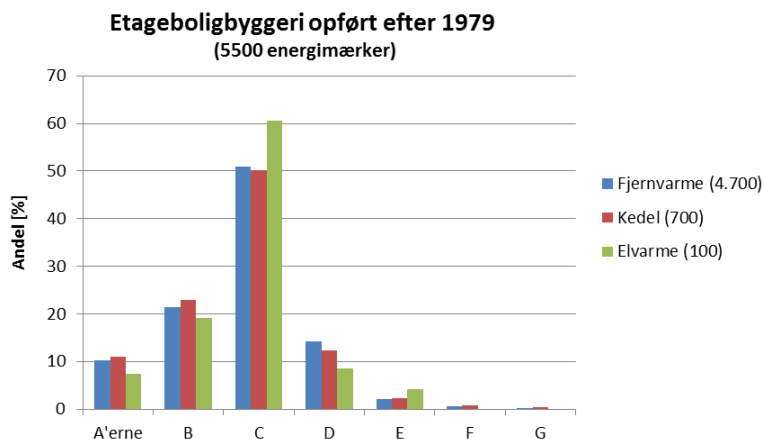
Figur 3. Enfamiliehuses energimærker opført efter 1979 opgjort efter energimærkeskala og varmekørsyningstype.



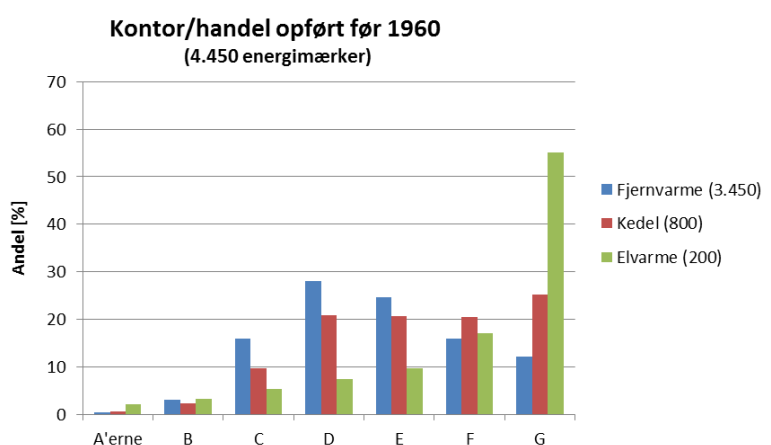
Figur 4. Etageboligbyggeri - energimærker opført før 1960 opgjort efter energimærkeskala og varmekørsyningstype.



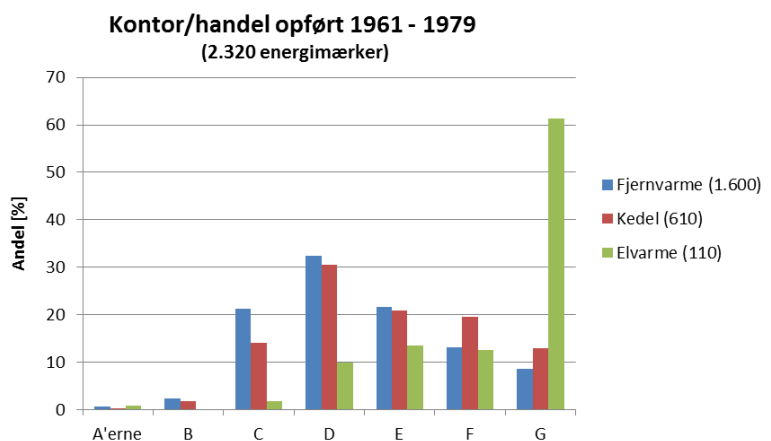
Figur 5. Etageboligbyggeri - energimærker opført 1961-79 opgjort efter energimærkeskala og varmekørsyningstype.



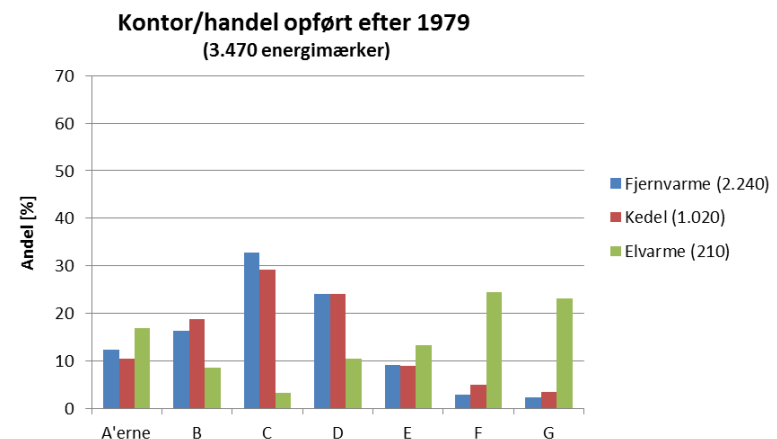
Figur 6. Etageboligbyggeri - energimærker opført efter 1979 opgjort efter energimærkeskala og varmeforsyningstype.



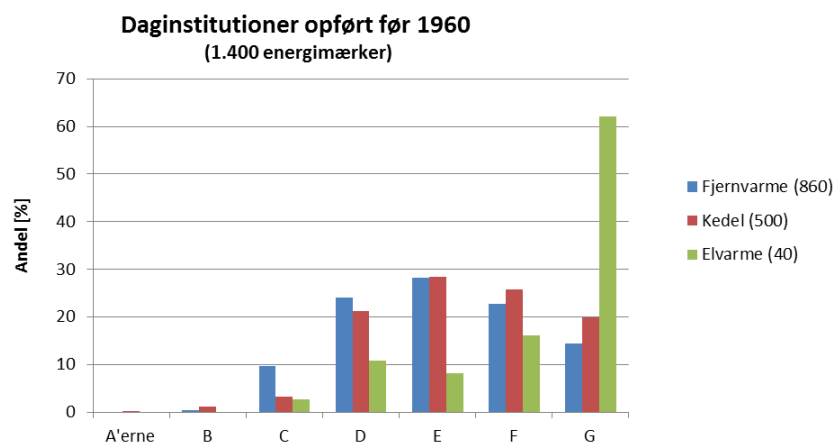
Figur 7. Etageboligbyggeri - energimærker opført før 1960 opgjort efter energimærkeskala og varmeforsyningstype.



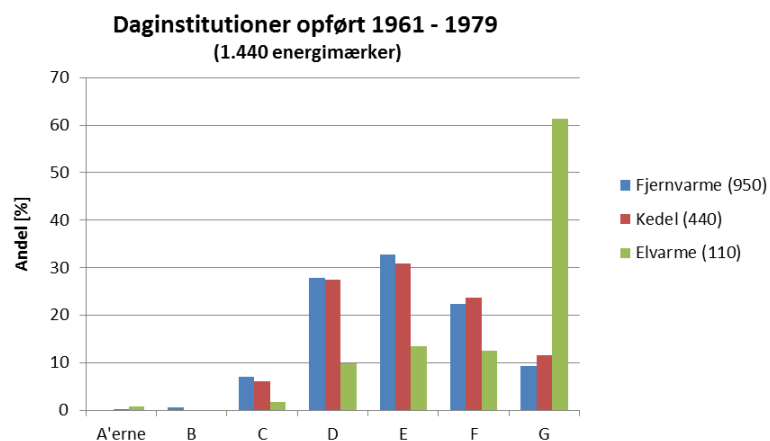
Figur 8. Etageboligbyggeri - energimærker opført 1961-79 opgjort efter energimærkeskala og varmeforsyningstype.



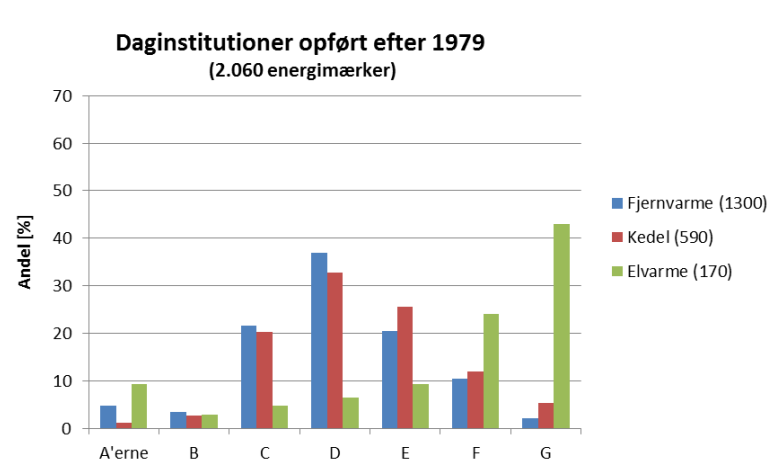
Figur 9. Etageboligbyggeri - energimærker opført efter 1979 opgjort efter energimærkeskala og varmeforsyningstype.



Figur 10. Daginstitutioner- energimærker opført før 1960 opgjort efter energimærkeskala og varmeforsyningstype.



Figur 11. Daginstitutioner - energimærker opført 1961-79 opgjort efter energimærkeskala og varmeforsyningstype.



Figur 12. Daginstitutioner - energimærker opført efter 1979 opgjort efter energimærkeskala og varme-forsyningstype.

Baseret på den nuværende fordeling af energimærkerne vurderes et krav om et energimærke C eller D, som et realistisk opnåeligt niveau i betragtning af, at en stor andel af bygningerne allerede er forbedret til dette niveau.

Eksempelbygninger

Til analyse af typiske energirenoveringspotentialer er der anvendt en række eksempelbygninger. Disse er vist i tabel 2.

Tabel 2. Bygningsoversigt – eksempelbygninger fra energimærkningsdatabasen.

Eksempelbygning	Billede	Bygge- periode	Energi- mærke	Opvarmet Areal [m²]	Varme- forsyning
1 Enfamiliehus (Landhus)		1930'erne	G	145	Olie
2 Enfamiliehus (Forstad)		1960'erne	E	111	Fjernvarme
3 Enfamiliehuse (Forstad)		1980'erne	E	258	Naturgas
4 Etageboligbygning		1930'erne	D	2480	Fjernvarme
5 Etageboligbygning		1970'erne	E	964	Fjernvarme
6 Etageboligbygning		1980'erne	C	7118	Fjernvarme
7 Kontorbygning		1940'erne	F	2438	Fjernvarme
8 Kontorbygning		1970'erne	E	3099	Fjernvarme
9 Institution (Vuggestue)		1970'erne	G	558	Elvarme

Eksempelbygning 1 - Enfamiliehus fra 1930'erne

Eksempelhus 1 er på 145 m² i 1½ etage og ligger uden for kollektiv varmforsyning. Huset opvarmes med et ældre oliefyr og har et par el-paneler på 1 salen.

Huset har et beregnet energibehov på 355,2 kWh/m², hvilket resulterer i et energimærke G. Bygningens placering på energimærkningsskalaen fremgår af tabel 3.

Tabel 3. Bygningens placering på energimærkningsskalaen.

Energimærknings-skala	Eksisterende energibehov	Udtryk	Grænseværdi [kWh/m ²]
A₂₀₂₀		≤ 20	20,0
A₂₀₁₅		≤ 30,0 + 1000 / A	36,9
A₂₀₁₀		≤ 52,5 + 1650 / A	63,9
B		≤ 70,0 + 2200 / A	71,1
C		≤ 110 + 3200 / A	132,1
D		≤ 150 + 4200 / A	179,0
E		≤ 190 + 5200 / A	225,9
F		≤ 240 + 6500 / A	284,8
G	355,2 kWh/m²	> 240 + 6500 / A	284,8



Bygningens klimaskærm

Bygningens klimaskærm er isoleret som vist i tabel 4. Det bemærkes at hulmuren allerede er efterisoleret med granulat og at gulvet over krybekælder-ner er uisolert.

Tabel 4. Bygningens klimaskærm.

Ydervægge, tage og gulve	Areal [m ²]	U – værdi [W/m ² K]
Terrændæk - Beton + slidlag – uisolert	28,3	0,8
Terrændæk - Beton + slidlag - 100 mm leca	4,4	0,35
Gulv mod krybekælder - Træ / bjælker – uisolert	67	1,65
Hul ydervæg - 30 cm - tegl/tegl, efterisoleret granulat (U-værdi)	103,4	0,53
Loftrum - 100 mm isolering	40	0,36
Hanebåndsloft - 100 mm isolering	36,1	0,36
Skråvægge - 100 mm isolering	38,4	0,36
Kvistloft - 100 mm isolering	2,1	0,36
Let ydervæg - Let væg med 50 mm	1,5	0,7
Kvistflunke - Let væg med 50 mm	2,1	0,7
Massiv ydervæg - 12 cm tegl massiv	12,6	3,2

Huset har her ud over 25 m² vinduer og døre, som alle er med en ældre termorudeløsning.

Bygningens installationer

Huset opvarmes med et ældre oliefyr, og der er enkelte værelser på første-salen, der opvarmes med el-paneler. Desuden haves en ældre cirkulationspumpe til varme og de er varmfordelingsrør isoleret med 30 mm.

Opgradering

Tabel 5 viser hvor meget husets energibehov til varme reduceres ved en typisk/forventelig efterisolering af vandrette lofter og skunkrum, udskiftning af vinduer og efterisolering af gulv mod krybekælder. Efterisoleringsniveauet svarer til de kommende komponentkrav i BR15.

Tabel 5. Typisk/Forventelig opgradering af klimaskærm svarende til de forventede komponentkrav i BR15.

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energi- behov kWh/m ²	Nyt ener- gimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	355,2	G	27,9
Lofter med 100 mm	Efterisoleres til U = 0,12 W/m ² K	337,6	G	26,2
Ovenstående +				
Vinduer med termoruder	Udskiftes til B-mærket vinduer	288,6	G	26,2
Ovenstående +				
Gulv over krybekælder**	Efterisoleres til U = 0,30 W/m ² K	245,9	F	17,2

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre.

**Efterisolering af gulv over krybekælder kan give fugtproblemer i krybekælderen. Der er derfor anvendt et reduceret efterisoleringsniveau på 150 mm svarende til anbefalingen fra Videncenter for energibesparelser i bygninger.

Huset opvarmes med et ældre oliefyr og derfor kan der opnås en stor besparelse ved at konvertere til en anden varmforsyningskilde, som fx et jordvarmepumpeanlæg. En varmekonvertering vil dog være betinget af, at der først er foretaget en betydelig efterisolering af husets klimaskærm mindst svarende til tiltagene i tabel 5. Idet der tages udgangspunkt i at efterisoleringstiltagene fra tabel 5, er udført, er der i tabel 6 beregnet besparelsen ved konvertering til et jordvarmepumpeanlæg og suppleret med solcelleanlæg.

Tabel 6. Opgradering af installationer og supplerende installation af VE-anlæg. Udgangspunkt i at efterisolering svarende til tabel 5 er gennemført.

Scenarie 1	Beregnet ener- gibehov, kWh/m ²	Nyt ener- gimærke
Installation af luft/væske varmepumpe til varme* og varmt brugsvand, inkl. etablering af centralvarme i rum med ren elvarme, ny cirkulationspumpe samt ny varmtvandsbeholder.	120,2	C
Ovenstående +		
Installation af balanceret mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding	111,2	C
Ovenstående +		
Installering af 16,3 m ² solcelleanlæg**	62,6	A2010
Installering af 29,4 m ² solcelleanlæg**	35,4	A2015
Installering af 35,9 m ² solcelleanlæg**	19,4	A2020
Scenarie 2		
Installation af jordvarmepumpeanlæg til varme* og varmt brugsvand, inkl. etablering af centralvarme i rum med ren elvarme, ny cirkulationspumpe samt ny varmtvandsbeholder	94,6	C
Installation af jordvarmepumpeanlæg til varme* og varmt brugsvand, inkl. etablering af centralvarme i rum med ren elvarme, ny cirkulationspumpe samt ny varmtvandsbeholder og installering af:		
16,3 m ² solcelleanlæg**	71,0	A2010
22,8 m ² solcelleanlæg**	33,1	A2015
29,4 m ² solcelleanlæg**	17,6	A2020

*Det dimensionerende transmissionstab er reduceret med ca. 56 % og det antages derfor at radiatorerne kan levere den nødvendige effekt ved en frem- og returløbstemperatur på 55/45 °C.

**Solcelleareal tilpasset efter at opfylde energimærkeskalaens grænseværdier

Eksempelbygning 2 - Enfamiliehus fra 1960'erne

Eksempelhus 2 er på 111 m² i 1 etage og ligger indenfor kollektiv varmekforsyning (direkte fjernvarme). Huset har et beregnet energibehov på 216,1 kWh/m², hvilket resulterer i et energimærke E. For at opnå et energimærke C skal husets energibehov reduceres til maksimalt 138,8 kWh/m² svarende til at der skal spares mindst 77 kWh/m². Bygningens placering på energimærkningsskalaen fremgår af tabel 7.

Tabel 7. Bygningens placering på energimærkningsskalaen.

Energimærknings-skala	Eksisterende energibehov	Udtryk	Grænseværdi [kWh/m ²]
A₂₀₂₀		≤ 20	20,0
A₂₀₁₅		≤ 30,0 + 1000 / A	39,0
A₂₀₁₀		≤ 52,5 + 1650 / A	67,4
B		≤ 70,0 + 2200 / A	71,1
C		≤ 110 + 3200 / A	138,8
D		≤ 150 + 4200 / A	187,8
E	216,1 kWh/m²	≤ 190 + 5200 / A	236,8
F		≤ 240 + 6500 / A	298,6
G		> 240 + 6500 / A	298,6



Bygningens klimaskærm

Bygningens klimaskærm er isoleret som vist i tabel 8. Det bemærkes at hulmuren er opført med 75 mm isolering.

Tabel 8. Bygningens klimaskærm.

Ydervægge, tage og gulve	Areal [m ²]	U – værdi [W/m ² K]
Loftrum - 100 mm isolering	111,0	0,38
Hul ydervæg - 30 cm - tegl/letbeton, isoleret med 75 mm.	84,8	0,39
Let ydervæg - Let BR61 -72 (70 mm)	3,6	0,6
Terrændæk - Beton + slidlag - 50 mm mineraluld - uden gulvvarme	86,8	0,5
Terrændæk - Beton + slidlag - 50 mm mineraluld - med gulvvarme	12,0	0,5

Huset har her ud over 27 m² vinduer og døre, som alle er med en ældre termorudeløsning.

Bygningens installationer

Huset opvarmes udelukkende med fjernvarme med en direkte forbindelse, hvilket vil sige, at der ikke er en varmeveksler. Til varmt brugsvand haves en ældre 160 liter beholder.

Opgradering

Tabel 9 viser, hvor meget husets energibehov til varme reduceres ved efterisolering af vandrette lofter og udskiftning af vinduer ved et efterisoleringsniveau svarende til de kommende komponentkrav i BR15.

Tabel 9. Opgradering af klimaskærm svarende til de forventede komponentkrav i BR15.

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energibehov kWh/m ²	Nyt energimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	216,1	E	16,5
Lofter med 100 mm	Efterisoleres til U = 0,12 W/m ² K	195,4	E	13,4
Ovenstående +				
Vinduer med termoruder	Udskiftes til B-mærket vinduer	164,7	D	13,4

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre.

For den ambitiøse bygningsejere, der gerne vil opgradere bygningen til et højt niveau, kan der for denne bygningstypologi normalt foretages en udvendig efterisolering af facaden uden at det påvirker tagkonstruktionen. Ligeledes kan den ambitiøse bygningsejer udgrave det eksisterende terrændæk og etablere et nyt og der kan foretages en mere ambitiøs efterisolering af loftet. Tilsvarende kan vinduerne udskiftes til A-mærkede i stedet for B. Tabel 10 viser husets energibehov ved en ambitiøs opgradering af klimaskærmen og installation af et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding.

Tabel 10. Ambitiøs opgradering af klimaskærm og ventilation med varmegenvinding

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energibehov kWh/m ²	Nyt energimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	216,1	E	16,5
Lofter med 100 mm	Efterisoleres til U = 0,09 W/m ² K	193,1	E	13,1
Ovenstående +				
Vinduer med termoruder	Udskiftes til A-mærket vinduer	158,6	E	13,1
Ovenstående +				
Facade	Efterisolering til U = 0,15 W/m ² K	144,4	D	10,7
Ovenstående +				
Terrændæk	Etablering af nyt; U = 0,12 W/m ² K	116,2	C	6,7
Ovenstående +	Balanceret mekanisk ventilation med VGV			
Ventilation	(η = 0,87, SEL = 700 J/m ³)	114,6	C	6,7

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre

Huset har direkte fjernvarme, og det er derfor svært at opgradere varmeinstallationen med henblik på til at opnå et bedre energimærke.

Eksempelbygning 3 - Enfamiliehus fra 1980'erne

Eksempelhus 3 er på 200 m² i 1 etage og med 58 m² opvarmet kælder. Huset opvarmes med naturgas og har et beregnet energibehov på 121,6 kWh/m², hvilket resulterer i et energimærke C. For at opnå et energimærke A2010 skal husets energibehov reduceres til maksimalt 59,7 kWh/m² svarende til at der skal spares ca. 62 kWh/m². Bygningens placering på energimærkningsskalaen fremgår af tabel 11.

Tabel 11. Bygningens placering på energimærkningsskalaen.

Energimærknings-skala	Eksisterende energibehov	Udtryk	Grænseværdi [kWh/m ²]
A₂₀₂₀		≤ 20	20,0
A₂₀₁₅		≤ 30,0 + 1000 / A	34,4
A₂₀₁₀		≤ 52,5 + 1650 / A	59,7
B		≤ 70,0 + 2200 / A	79,6
C	121,6 kWh/m²	≤ 110 + 3200 / A	124,0
D		≤ 150 + 4200 / A	168,3
E		≤ 190 + 5200 / A	212,7
F		≤ 240 + 6500 / A	268,4
G		> 240 + 6500 / A	268,4



Bygningens klimaskærm

Bygningens klimaskærm er isoleret som vist i tabel 12.

Tabel 12. Bygningens klimaskærm.

Ydervægge, tage og gulve	Areal [m ²]	U – værdi [W/m ² K]
Isolering mod lofttrum som ca. 200 mm mineraluld.	200	0,20
Ydervægge - 125 mm isolering	151	0,32
Kældervægge - 33 cm leca	54	0,50
Gulv på terræn - 20 cm leca og 75 mm mineraluld	187	0,18
Gulv på terræn - gulvarme - 20 cm leca og 75 mm mineraluld	36	0,18

Huset har her ud over 48 m² vinduer og døre, som alle er med en ældre termorudeløsning.

Bygningens installationer

Huset opvarmes med et ældre kondenserende naturgasfyr med tilhørende varmtvandsbeholder på 110 liter. Huset har her udover naturlig ventilation.

Opgradering

Tabel 13 viser hvor meget husets energibehov til varme reduceres ved efterisolering af vandrette lofter og udskiftning af vinduer ved et efterisoleringsniveau svarende til de kommende komponentkrav i BR15.

Tabel 13. Opgradering af klimaskærm svarende til de forventede komponentkrav i BR15

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energi- behov kWh/m ²	Nyt ener- gimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	121,6	C	9,3
Lofter med 200 mm	Efterisoleres til U = 0,12 W/m ² K	115,0	C	8,5
Ovenstående +				
Vinduer med termoruder	Udskiftes til B-mærket vinduer	83,8	C	8,5

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre

For den ambitiøse bygningsejere kan der foretages en mere ambitiøs efterisolering af loftet. Tilsvarende kan vinduerne udskiftes til A-mærkede i stedet for B og der kan etableres ventilation med varmegenvinding. Ligeledes kan der foretages en konvertering til en luft/væske varmepumpe. Tabel 14 viser husets energibehov ved en ambitiøs opgradering af klimaskærmen og installation af et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding og en varmepumpe.

Tabel 14. Ambitiøs opgradering af klimaskærm og ventilation med varmegenvinding.

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energi- behov kWh/m ²	Nyt ener- gimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	121,6	C	9,3
Lofter med 200 mm	Efterisoleres til U = 0,09 W/m ² K	112,6	C	8,2
Ovenstående +				
Vinduer med termoruder	Udskiftes til A-mærket vinduer	78,1	B	8,2
Ovenstående +	Balanceret mekanisk ventilation med VGV			
Ventilation	($\eta = 0,87$, SEL = 700 J/m ³)	74,3	B	8,2
Ovenstående +	Installation af luft/væske varmepumpe			
Udskiftning af gasfyr	til varme og varmt vand	67,6	B	8,2
Ovenstående +	5 m ² solcelleanlæg	58,4	A2010	
Solcelleanlæg	18 m ² solcelleanlæg	34,3	A2015	8,2
	22 m ² solcelleanlæg	19,4	A2020	

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre.

Eksempelbygning 4 - Etageboligbygning fra 1930'erne

Eksempelbygning 4 er en etageboligbygning med 5 etager og 40 lejligheder. Det samlede opvarmede areal udgør 2480 m² og er ekskl. en uopvarmet kælder. Bygningen ligger indenfor kollektiv varmforsyning og har indirekte fjernvarme. Bygningen har et beregnet energibehov på 142,4 kWh/m², hvilket resulterer i et energimærke D. Bygningens placering på energimærkningsskalaen fremgår af tabel 15.

Tabel 15. Bygningens placering på energimærkningsskalaen.

Energimærknings-skala	Eksisterende energibehov	Udtryk	Grænseværdi [kWh/m²]
A₂₀₂₀		≤ 20	20,0
A₂₀₁₅		≤ 30,0 + 1000 / A	30,4
A₂₀₁₀		≤ 52,5 + 1650 / A	53,2
B		≤ 70,0 + 2200 / A	70,9
C		≤ 110 + 3200 / A	111,3
D	142,4 kWh/m²	≤ 150 + 4200 / A	151,7
E		≤ 190 + 5200 / A	192,1
F		≤ 240 + 6500 / A	242,6
G		> 240 + 6500 / A	242,6



Bygningens klimaskærm

Bygningens klimaskærm er isoleret som vist i tabel 16. Det bemærkes at teglydervæggene er massive og uisolerede. Loftet er et spidsloft, hvilket medfører at efterisolering normalt kun er muligt i forbindelse med udskiftning af tagbelægningen.

Tabel 16. Bygningens klimaskærm.

	Areal [m²]	U – værdi [W/m²K]
Ydervægge, tage og gulve		
Loft (spidsloft) er isoleret med 100 mm mineraluld	485	0,38
Ydervægge - kælder-stuen - 60 cm massiv teglvæg	259	0,79
Ydervægge - 1-2. sal. - 48 cm massiv teglvæg	535	1,20
Ydervægge - 3-4. sal. 36 cm massiv teglvæg	539	1,50
Vinduesbrystninger - 24 cm massiv teglvæg (helstens væg)	86	2,10
Gulv mod uopvarmet kælder - etageadskillelsen med uisoleret beton	429	2,4
Kælderydervæg	58	0,22
Terrændæk	56	0,22

Etageboligbygningen har her ud over 364,6 m² vinduer og døre, som alle er med en ældre termorudeløsning.

Bygningens installationer

Etageboligbygningen opvarmes med fjernvarme med en indirekte forbindelse, hvilket vil sige, at der anvendes en varmeveksler. Til varmt brugsvand haves en ældre 2000 liter beholder.

Opgradering

Tabel 17 viser hvor meget husets energibehov til varme reduceres ved forventelig efterisolering af vandrette lofter og udskiftning af vinduer ved et efterisoleringsniveau svarende til de kommende komponentkrav i BR15. Det forudsættes at loftet efterisoleres i forbindelse med en udskiftning af tagbelægningen. Det antages at kælderen ikke har tegn på fugtproblemer og at kælderlofthøjden har en højde der muliggør at der kan foretages en efterisolering af det uisolerede betondæk mod kælderen med 150 mm isolering.

Tabel 17. Opgradering af klimaskærm svarende til de forventede komponentkrav i BR15.

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energi- behov kWh/m ²	Nyt ener- gimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	142,4	D	40,4
Løfter	Efterisoleres til U = 0,12 W/m ² K	137,4	D	38,7
Ovenstående +				
Vinduer med termoruder	Udskiftes til B-mærket vinduer	118,2	D	38,7
Ovenstående +				
Etagedæk mod kælder	Efterisoleres til 0,30 W/m ² K	100,5	C	27,0

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre

For den ambitiøse bygningsejere, der gerne vil opgradere bygningen til et højt niveau, kan loftet efterisoleres til et højere niveau og vinduerne kan udskiftes til A-mærkede vinduer. Den største reduktion opnås ved at foretage en efterisolering af facade, men dette antages ikke at være ønskeligt af hensyn til bygningens arkitektur. Supplerende antages desuden, at der kan installeres et balanceret mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding. Effekten af den ambitiøse opgradering af bygningen ses af tabel 18.

Tabel 18. Ambitiøs opgradering af klimaskærm og ventilation med varmegenvinding.

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energi- behov kWh/m ²	Nyt ener- gimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	142,4	D	40,4
Løfter	Efterisoleres til U = 0,09 W/m ² K	136,9	D	38,5
Ovenstående +				
Vinduer med termoruder	Udskiftes til A-mærket vinduer	114,7	D	38,5
Ovenstående +				
Etagedæk mod kælder	Efterisoleres til 0,30 W/m ² K	97,1	C	26,8
Ovenstående +	Balanceret mekanisk ventilation med VGV			
Ventilation	($\eta=0,85$, SEL=1500 J/m ³)	90,8	C	26,8

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre

Som det ses af tabel 18 forbedres etagebygningens energimærke ved en ambitiøs opgradering til et C. For at opnå et energimærke B skal energibehovet reduceres med yderligere ca. 20 kWh/m², hvilket vil være svært uden ikke at foretage en efterisolering af facaden.

Eksempelbygning 5 - Etageboligbygning fra 1970'erne

Eksempelbygning 5 er en typisk etageboligbygning med 3 etager og 15 lejligheder. Det samlede opvarmede areal udgør 964 m² og er ekskl. en 324 m² uopvarmet kælder. Bygningen ligger indenfor kollektiv varmforsyning og har et beregnet energibehov på 180,5 kWh/m², hvilket resulterer i et energimærke E. Bygningens placering på energimærkningsskalaen fremgår af tabel 19.

Tabel 19. Bygningens placering på energimærkningsskalaen.

Energimærknings-skala	Eksisterende energibehov	Udtryk	Grænseværdi [kWh/m²]
A₂₀₂₀		≤ 20	20,0
A₂₀₁₅		≤ 30,0 + 1000 / A	31,0
A₂₀₁₀		≤ 52,5 + 1650 / A	54,2
B		≤ 70,0 + 2200 / A	72,3
C		≤ 110 + 3200 / A	113,3
D		≤ 150 + 4200 / A	154,4
E	180,5 kWh/m²	≤ 190 + 5200 / A	195,4
F		≤ 240 + 6500 / A	246,7
G		> 240 + 6500 / A	246,7



Bygningens klimaskærm

Bygningens klimaskærm er isoleret som vist i tabel 20.

Tabel 20. Bygningens klimaskærm.

Ydervægge, tage og gulve	Areal [m²]	U – værdi [W/m²K]
Loft - 200 mm isolering	274,3	0,2
Fladt tag - uisoleret	16,2	2,3
Hule ydervægge - 30 cm hul - isoleret	338,7	0,6
Massive ydervægge - 23 cm letbeton	50,4	0,95
Lette ydervægspartier - BR 61 - 72 (70 mm)	20,6	0,6
Yderdøre - Uisoleret	28,35	3,2
Etagedæk mod kælder - Beton + 50 mm isolering	274,3	0,54

Etageboligbygningen har her ud over 128,8 m² vinduer, som alle er med en ældre termorudeløsning.

Bygningens installationer

Etageboligbygningen opvarmes med fjernvarme med en indirekte forbindelse, hvilket vil sige, at der anvendes en varmeveksler. Herudover er der installeret et ældre udsugningsventilationsanlæg og radiatorerne er ikke påmonteret termostatventiler.

Opgradering

Tabel 21 viser hvor meget husets energibehov til varme reduceres ved efterisolering af vandrette lofter og udskiftning af vinduer ved et efterisoleringsniveau svarende til de kommende komponentkrav i BR15. Loftet er relativt godt isoleret og besparelsen er derfor beskeden, men det antages at loftet efterisoleres i forbindelse med udskiftning af tagbelægningen. Det antages desuden at kælderen ikke har tegn på fugtproblemer og at kælderlofthøjden har en højde, der muliggør at der kan foretages en efterisolering af det uisolerede betondæk mod kælderen med 150 mm isolering.

Tabel 21. Opgradering af klimaskærm svarende til de forventede komponentkrav i BR15

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energibehov kWh/m ²	Nyt energimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	180,5	E	19,4
Løfter	Efterisoleres til U = 0,12 W/m ² K	178,2	E	18,7
Ovenstående +				
Vinduer med termoruder	Udskiftes til B-mærket vinduer	157,0	E	18,7
Ovenstående +				
Etagedæk mod kælder	Efterisoleres til 0,30 W/m ² K	152,2	D	16,6

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre

For den ambitiøse bygningsejere, der gerne vil opgradere bygningen til et højt niveau, kan loftet efterisoleres til et højere niveau og vinduerne kan udskiftes til A-mærkede vinduer. Den største reduktion opnås ved at foretage en efterisolering af facade, men dette antages ikke at være ønskeligt af hensyn til bygningens arkitektur. Supplerende antages desuden de eksisterende radiatorventiler udskiftes til termostatiske og at det eksisterende ventilationsudsugningsanlæg udskiftes til et nyt balanceret mekanisk ventilationsanlæg med varmgenvinding. Effekten af den ambitiøse opgradering af bygningen ses af tabel 22.

Tabel 22. Ambitiøs opgradering af klimaskærm + ventilation med varmegenvinding.

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energibehov kWh/m ²	Nyt energimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	180,5	E	19,4
Løfter	Efterisoleres til U = 0,09 W/m ² K	177,3	E	18,5
Ovenstående +				
Vinduer med termoruder	Udskiftes til A-mærket vinduer	153,3	D	18,5
Ovenstående +				
Etagedæk mod kælder	Efterisoleres til 0,30 W/m ² K	148,4	D	16,4
Ovenstående +				
Radiatorventiler	Udskiftes til termostatiske	139,3	D	16,4
Ovenstående +	Balanceret mekanisk ventilation med VGV			
Udsugningsanlæg	($\eta=0,85$, SEL=1500 J/m ³)	81,0	C	16,4

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre

Som det ses af tabel 22 forbedres etagebygningens energimærke ved en ambitiøs opgradering til et C. Udskiftningen af det eksisterende udsugningsanlæg ses at have en stor effekt. For at opnå et energimærke B skal energibehovet reduceres med yderligere ca. 8-9 kWh/m², hvilket vil være svært uden ikke at foretage en efterisolering af facaden.

Eksempelbygning 6 - Etageboligbygning fra 1980'erne

Eksempelbygning 6 er en typisk etageboligbygningsskompleks bestående af 3 separate bygninger med i alt 89 lejligheder. Det samlede opvarmede areal udgør 7118 m² og er ekskl. en uopvarmet kælder. Bygningen ligger indenfor kollektiv varmforsyning og har et beregnet energibehov på ca. 100 kWh/m², hvilket resulterer i et energimærke C. Bygningens placering på energimærkningsskalaen fremgår af tabel 23.

Tabel 23. Bygningens placering på energimærkningsskalaen.

Energimærknings-skala	Eksisterende energibehov	Udtryk	Grænseværdi [kWh/m²]
A₂₀₂₀		≤ 20	20,0
A₂₀₁₅		≤ 30,0 + 1000 / A	30,1
A₂₀₁₀		≤ 52,5 + 1650 / A	52,7
B		≤ 70,0 + 2200 / A	70,3
C	99,7 kWh/m²	≤ 110 + 3200 / A	110,4
D		≤ 150 + 4200 / A	150,6
E		≤ 190 + 5200 / A	190,7
F		≤ 240 + 6500 / A	240,9
G		> 240 + 6500 / A	240,9



Bygningens klimaskærm

Bygningens klimaskærm er isoleret som vist i tabel 24.

Tabel 24. Bygningens klimaskærm.

Ydervægge, tage og gulve	Areal [m²]	U – værdi [W/m²K]
Ydervæg – 85 mm isolering	3.990	0,38
Gavle – 85 mm isolering	510	0,38
Etageadskillelse mod uopvarmet, uisolert kælder/krybekælder	1.663	0,52
Terrændæk mod jord -	663	0,30
Etageadskillelse mod uopvarmet loft – 170 mm isolering	2.350	0,21
Etageadskillelse mod uopvarmet varmecentral	24	0,30
Kældervæg	37,1	0,40
skillevæg mod uopvarmet kælder	65,1	0,50

Etageboligbygningen har her ud over 902 m² vinduer, som alle er med en nyere energirudeløsning.

Bygningens installationer

Etageboligbygningen opvarmes med fjernvarme med en indirekte forbindelse, hvilket vil sige, at der anvendes en varmeveksler. Herudover er der installeret et ældre udsugningsventilationsanlæg (udsugning fra køkken og badeværelser).

Opgradering

Tabel 25 viser hvor meget etageboligbygningens energibehov til varme kan reduceres. Vinduerne er udskiftet én gang siden opførelsen til nye med en energirudeløsning, svarende til at disse har et energimærke C. Loftet er isoleret med 170 mm og besparelsen ved efterisolering er derfor beskeden, men det antages at loftet efterisoleres i forbindelse med udskiftning af tagbelægningen. Etagedæk mod klæder er isoleret og yderligere efterisolering vurderes derfor ikke at være realistisk. Bygningernes gavle er uden vinduer og er dermed mindre problematiske at efterisolere udvendigt.

Tabel 25. Opgradering af klimaskærm svarende til de forventede komponentkrav i BR15.

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energibehov kWh/m ²	Nyt energimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	99,7	C	11,5
Lofter	Efterisolering til U = 0,12 W/m ² K	97,1	C	10,8
Ovenstående + Gavle	Efterisolering til U = 0,15 W/m ² K	95,6	C	10,4

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre.

For den ambitiøse bygningsejere, der gerne vil opgradere bygningen til et højt niveau, kan loftet efterisoleres til et højere niveau, vinduerne kan udskiftes til A-mærkede vinduer og der kan samtidig foretages en udvendig efterisolering. Supplerende antages at det eksisterende ventilationsudsugningsanlæg udskiftes til et nyt balanceret mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding. Effekten af den ambitiøse opgradering af bygningen ses af tabel 26.

Tabel 26. Ambitiøs opgradering af klimaskærm og ventilation med varmegenvinding.

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energibehov kWh/m ²	Nyt energimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	99,7	C	11,5
Lofter	Efterisoleres til U = 0,09 W/m ² K	96,2	C	10,6
Ovenstående + Vinduer med energiruder	Udskiftes til A-mærket vinduer	94,1	C	10,6
Ovenstående + Ydervægge + Gavle	Efterisoleres til 0,12 W/m ² K	80,9	C	6,5
Ovenstående + Udsugningsanlæg	Balanceret mekanisk ventilation med VGV ($\eta=0,85$, SEL=1500 J/m ³)	67,2	B	6,5

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre

Som det ses af tabel 26 forbedres etagebygningens energimærke ved en ambitiøs opgradering til et B. Efterisolering af ydervæggene og udskiftningen af det eksisterende udsugningsanlæg ses at have en stor effekt. For at opnå et energimærke A2010 skal energibehovet reduceres med yderligere ca. 14 kWh/m², hvilket vil være svært at opnå.

Eksempelbygning 7 – Kontorbygning fra 1940'erne

Eksempelbygning 7 er en ældre kontorbygning med 2 etager og et samlet opvarmede areal på 2438 m². Bygningen ligger indenfor kollektiv varmekorrigering og har et beregnet energibehov på 268,5 kWh/m², hvilket resulterer i et energimærke G. Bygningens placering på energimærkningsskalaen fremgår af tabel 27.

Tabel 27. Bygningens placering på energimærkningsskalaen.

Energimærknings-skala	Eksisterende energibehov	Udtryk	Grænseværdi [kWh/m²]
A₂₀₂₀		≤ 25	25,0
A₂₀₁₅		≤ 41,0 + 1000 / A	41,4
A₂₀₁₀		≤ 71,3 + 1650 / A	72,0
B		≤ 95,0 + 2200 / A	95,9
C		≤ 135 + 3200 / A	136,3
D		≤ 175 + 4200 / A	176,7
E		≤ 215 + 5200 / A	217,1
F		≤ 265 + 6500 / A	267,7
G	268,5 kWh/m²	> 265 + 6500 / A	267,7



Bygningens klimaskærm

Bygningens klimaskærm er isoleret som vist i tabel 28.

Tabel 28. Bygningens klimaskærm.

Ydervægge, tage og gulve	Areal [m²]	U – værdi [W/m²K]
Loft - 100 mm isolering	1367,7	0,36
Loft over buehjørne mod sydøst - 100 mm isolering	44	0,36
Massiv ydervæg, 36 cm tegl, uisoleret	1117,4	1,26
Terrændæk, Beton med slidlag, uisoleret	948,8	0,56
Kælder gulv, Beton med slidlag, uisoleret	106	0,56

Kontorbygningen har her ud over 268 m² vinduer og døre, som alle er med en ældre termorudeløsning.

Bygningens installationer

Kontorbygningen opvarmes med fjernvarme med en indirekte forbindelse, hvilket vil sige, at der anvendes en varmeveksler. Herudover er der installeret et ældre belysningsanlæg uden dagslysstyring. Bygningen anvender desuden ikke mekanisk ventilation.

Opgradering

Tabel 29 viser, hvor meget kontorbygningens energibehov til varme kan reduceres ved en forventelig efterisolering af loft og udskiftning af vinduer.

Tabel 29. Opgradering af klimaskærm svarende til de forventede komponentkrav i BR15.

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energibehov kWh/m²	Nyt energimærke	DT* [W/m²]
Reference	Ingen	268,5	G	23,6
Lofter	Efterisolering til U = 0,12 W/m²K	255,3	F	20,5
Ovenstående + Vinduer med termoruder	Udskiftes til B-mærket vinduer	238,6	F	20,5

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre

For den ambitiøse bygningsejere, der gerne vil opgradere bygningen til et højt niveau, kan loftet efterisoleres til et højere niveau, vinduerne kan udskiftes til A-mærkede vinduer og der kan samtidig foretages en udvendig efterisolering. Supplerende antages at det eksisterende belysningsanlæg udskiftes med et nyt med dagslysstyring. Effekten af den ambitiøse opgradering af bygningen ses af tabel 30.

Tabel 30. Ambitiøs opgradering af klimaskærm og installationer til ventilation, belysning og varme.

Bygningssdel	Tiltag	Beregnet energibehov kWh/m ²	Nyt energimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	268,5	G	23,6
Løfter	Efterisoleres til U = 0,09 W/m ² K	253,6	F	20,2
Ovenstående +				
Vinduer med energiruder	Udskiftes til A-mærket vinduer	235,0	F	20,2
Ovenstående +				
Ydervægge	Efterisoleres til 0,12 W/m ² K	191,5	E	9,1
Ovenstående +				
Belysningsanlæg	Udskiftes til nyt belysningsanlæg med dagslysstyring og bevægelsesfølere	72,0	A2010	9,1
Ovenstående +				
Ventilation	Balanceret mekanisk ventilation med VGV (η=0,85, SEL=1500 j/m ³)	62,9	A2010	9,1
Ovenstående +				
Cirkulationspumper	Udskiftning til nye	61,3	A2010	9,1
Ovenstående +				
Solcelleanlæg	Installering af 70 m ² solcelleanlæg	41,2	A2015	9,1
Solcelleanlæg	Installering af 110 m ² solcelleanlæg	24,0	A2020	9,1

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre

Det ses af tabel 30 at især udskiftningen af det ældre belysningsanlæg, der medfører en stor reduktion af bygningens energibehov.

Eksempelbygning 8 – Kontorbygning fra 1970'erne

Eksempelbygning 8 er en kontorbygning med 2 etager og et samlet opvarmet areal på 3099 m². Bygningen ligger indenfor kollektiv varmforsyning og har et beregnet energibehov på 212,5 kWh/m², hvilket resulterer i et energimærke E. Bygningens placering på energimærkningsskalaen fremgår af tabel 31.

Tabel 31. Bygningens placering på energimærkningsskalaen.

Energimærknings-skala	Eksisterende energibehov	Udtryk	Grænseværdi [kWh/m ²]
A2020		≤ 25	25,0
A2015		≤ 41,0 + 1000 / A	41,3
A2010		≤ 71,3 + 1650 / A	71,8
B		≤ 95,0 + 2200 / A	95,7
C		≤ 135 + 3200 / A	136,0
D		≤ 175 + 4200 / A	176,4
E	212,5 kWh/m ²	≤ 215 + 5200 / A	216,7
F		≤ 265 + 6500 / A	267,1
G		> 265 + 6500 / A	267,1



Bygningens klimaskærm

Bygningens klimaskærm er isoleret som vist i tabel 32.

Tabel 32. Bygningens klimaskærm.

Ydervægge, tage og gulve	Areal [m ²]	U – værdi [W/m ² K]
Kældervæg over jord - 20 cm letbeton + 50 mm indvendig + ½ sten	173,4	0,6
Facadeelement + 120 mm isolering.	666,5	0,4
Fladt tag - 80 mm isolering	1033	0,43
Vindskede - Lodret parti mellem betonspær i tag - Let væg med 2	103,2	0,36
Let ydervæg parti over vindue v. tag - Let væg med 50 mm	165	0,64
Terrændæk i kælder - Beton + slidlag - uisolert	943	0,44

Det bemærkes, at facaden er forholdsvis godt isoleret med 120 mm.

Kontorbygningen har her ud over 359 m² vinduer og døre, hvor ca. 1/3 er skiftet til et nyere vinduesprodukt med en energirude.

Bygningens installationer

Kontorbygningen opvarmes med fjernvarme med en direkte forbindelse, hvilket vil sige, at der ikke anvendes en varmeveksler. Her ud over er der installeret et ældre belysningsanlæg uden dagslysstyring eller bevægelsesfølere. Bygningen har desuden et ældre mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding, dog med en forholdsvis lav virkningsgrad.

Opgradering

Tabel 33 viser hvor meget kontorbygningens energibehov til varme kan reduceres ved en forventelig efterisolering af loft og udskiftning af de vinduer, der er med en ældre termorudeløsning.

Tabel 33. Opgradering af klimaskærm svarende til de forventede komponentkrav i BR15.

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energibehov kWh/m ²	Nyt energimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	212,5	E	16,0
Loffer	Efterisolering til U = 0,12 W/m ² K	205,2	E	13,0
Ovenstående + Vinduer med termoruder	Udskiftes til B-mærket vinduer	197,1	E	13,0

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre

For den ambitiøse bygningsejere, der gerne vil opgradere bygningen til et højt niveau, kan loftet efterisoleres til et højere niveau og vinduerne kan udskiftes til A-mærkede vinduer. Supplerende antages, at det eksisterende ventilationsanlæg opgraderes til et nyt og at belysningsanlægget ligeledes udskiftes til et nyt med dagslysstyring og bevægelsesfølere. Effekten af den ambitiøse opgradering af bygningen ses af tabel 34.

Tabel 34. Ambitiøs opgradering af klimaskærm og installationer til ventilation og belysning.

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energibehov kWh/m ²	Nyt energimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	212,5	E	16,0
Lofter	Efterisoleres til U = 0,09 W/m ² K	204,5	E	12,7
Ovenstående + Vinduer med termoruder	Udskiftes til A-mærket vinduer	195,9	E	12,7
Ovenstående + Ventilation	Balanceret mekanisk ventilation med VGV (η=0,85, SEL=1500 j/m ³)	183,4	E	12,7
Ovenstående + Belysningsanlæg	Udskiftes til nyt belysningsanlæg med dagslysstyring og bevægelsesfølere	79,3	B	12,7
Ovenstående + Solcelleanlæg**	Installering af 60 m ² solcelleanlæg	70,6	A2010	12,7
	Installering af 200 m ² solcelleanlæg	40,3	A2015	12,7

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre

** Kontorbygningen kan ikke opnå et energimærke A2020 alene ved et større solcelleanlæg

Det ses af tabel 34, at det især er udskiftningen af det ældre belysningsanlæg, der medfører en stor reduktion af bygningens energibehov.

Eksempelbygning 9 – Institution fra 1970'erne

Eksempelbygning 9 er en typisk daginstitution fra 1970'erne i 1 etage og med et opvarmet areal på 558 m² inkl. 140 m² opvarmet kælder. Bygningens energibehov er på 402,5 kWh/m², hvilket resulterer i et energimærke G. Bygningens placering på energimærkningsskalaen fremgår af tabel 35.

Tabel 35. Bygningens placering på energimærkningsskalaen.



Energimærknings-skala	Eksisterende energibehov	Udtryk	Grænseværdi [kWh/m ²]
A2020		≤ 25	25,0
A2015		≤ 41,0 + 1000 / A	42,8
A2010		≤ 71,3 + 1650 / A	74,3
B		≤ 95,0 + 2200 / A	98,9
C		≤ 135 + 3200 / A	140,7
D		≤ 175 + 4200 / A	182,5
E		≤ 215 + 5200 / A	224,3
F		≤ 265 + 6500 / A	276,6
G	402,5 kWh/m ²	> 265 + 6500 / A	276,6

Bygningens klimaskærm

Bygningens klimaskærm er isoleret som vist i tabel 36.

Tabel 36. Bygningens klimaskærm.

Ydervægge, tage og gulve	Areal [m ²]	U – værdi [W/m ² K]
Let ydervæg - Let væg med 100 mm	245	0,42
Loftrum - 200 mm isolering	418	0,19
Terrændæk - Beton + slidlag - 100 mm leca	348	0,35
Kældervæg mod jord - 30 cm beton, uisolaret	105	0,92
Terrændæk - Beton + slidlag - 100 mm leca	60	0,35

Daginstitutionen har her ud over 115 m² vinduer og døre, som alle er med en ældre termorudeløsning.

Bygningens installationer

Daginstitutionen opvarmes med elvarme, men ligger i et område med naturgasforsyning. Der er installeret et ældre belysningsanlæg uden bevægelsesfølere eller dagslysstyring. Desuden er der installeret et ventilationsanlæg med en ældre krydsvarmeveksler og ventilatorer.

Opgradering

Tabel 37 viser, hvor meget daginstitutionens energibehov til varme kan reduceres ved en forventelig efterisolering af loft og udskiftning af vinduer.

Tabel 37. Opgradering af klimaskærm svarende til de forventede komponentkrav i BR15.

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energibehov kWh/m ²	Nyt energimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	402,5	G	13,3
Lofter	Efterisolering til U = 0,12 W/m ² K	389,9	G	12,5
Ovenstående + Vinduer med termoruder	Udskiftes til B-mærket vinduer	312,2	G	12,5

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre

For den ambitiøse bygningsejere, der gerne vil opgradere bygningen til et højt niveau, kan loftet efterisoleres til et højere niveau, vinduerne kan udskiftes til A-mærkede vinduer og der kan samtidig foretages en udvendig efterisolering. Supplerende antages, at det eksisterende belysningsanlæg udskiftes med et nyt med dagslysstyring. Effekten af den ambitiøse opgradering af bygningen ses af tabel 38.

Tabel 38. Ambitiøs opgradering af klimaskærm og opgradering af installationer til ventilation, belysning og varme.

Bygningsdel	Tiltag	Beregnet energi- behov kWh/m ²	Nyt ener- gimærke	DT* [W/m ²]
Reference	Ingen	402,5	G	13,3
Løfter	Efterisoleres til U = 0,09 W/m ² K	384,6	G	12,2
Ovenstående +				
Vinduer med energiruder	Udskiftes til A-mærket vinduer	297,1	G	12,2
Ovenstående +				
Ydervægge	Efterisoleres til 0,12 W/m ² K	269,4	F	10,4
Ovenstående +	Balanceret mekanisk ventilation med VGV			
Ventilation	($\eta=0,85$, SEL=1500 J/m ³)	214,7	E	10,4
Ovenstående +	Udskiftes til nyt belysningsanlæg med			
Belysningsanlæg	dagslysstyring og bevægelsesfølere	203,8	E	10,4
Ovenstående +	Installation af luft/væske varmepumpe til			
Elvarme	varme* og varmt brugsvand, inkl. etablering af centralvarme samt ny varmtvandsbeholder.	102,4	C	10,4
Ovenstående +	Installering af 10 m ² solcelleanlæg	96,3	B	10,4
Solcelleanlæg	Installering af 40 m ² solcelleanlæg	72,8	A2010	10,4
	Installering af 200 m ² solcelleanlæg**	41,9	A2015	10,4
	Installering af 270 m ² solcelleanlæg**	24,7	A2020	10,4

*DT er det dimensionerende transmissionstab og er ekskl. vinduer og døre.

** Teoretisk solcelleareal der netop opfylder energirammen.

Det ses af tabel 38, at især etablering af et luft/væske varmepumpeanlæg inkl. etablering af centralvarme vil give den største reduktion i bygningens energibehov.

Sammenfattende oversigt for eksempelbygninger

Tabel 39. Oversigt for bygningernes forbedring ved en forventelig energirenovering og en ambitiøs energirenovering.

Bygningseksempler	Energimærkeskala						
	G	F	E	D	C	B	A'erne
Enfamiliehuse							
1930'er							
Forventeligt niveau	→						
Ambitiøst niveau	→	→	→	→	→	→	→
1960'er							
Forventeligt niveau			→				
Ambitiøst niveau		→	→	→	→	→	→
1980'er							
Forventeligt niveau					→		
Ambitiøst niveau					→	→	→
Etageboligbygninger							
1930'er							
Forventeligt niveau				→			
Ambitiøst niveau				→	→	→	→
1970'er							
Forventeligt niveau			→				
Ambitiøst niveau			→	→	→	→	→
1980'er							
Forventeligt niveau					→		
Ambitiøst niveau					→	→	→
Kontorbygninger							
1940'er							
Forventeligt niveau	→						
Ambitiøst niveau	→	→	→	→	→	→	→
1970'er							
Forventeligt niveau			→				
Ambitiøst niveau			→	→	→	→	→
Institution							
1970'er							
Forventeligt niveau	→						
Ambitiøst niveau	→	→	→	→	→	→	→

Supplerende scenarie for regelændring for VE-anlæg

Mulighederne for at anvende el-producerende VE-anlæg afhænger i den nuværende mærkningsordning i høj grad af bygningens varmforsyningstype. For bygninger opvarmet med fx fjernvarme vil bidrag fra el-producerende VE-anlæg kun have marginal indflydelse på det beregnede energibehov, da kun elforbrug til bygningsdrift modregnes. Omvendt er mulighederne for bygninger opvarmet med varmepumper langt større, hvilket således kan diskuteres, da udnyttelsen af el-produktionen fra VE-anlæg ikke alene er forbundet til bygningens drift, men mindst lige så meget til de andre elforbrug i bygningen fx til apparater. Ligeledes er elforbruget i huse opvarmet med varmepumper ikke synkront med fx produktionen fra et solcelleanlæg, og der er derfor i stort omfang behov for, at der skal sælges til nettet og hentes tilbage igen.

Energistyrelsen ønsker derfor at belyse et supplerende scenarie, hvor mulighederne for at anvende el-producerende VE-anlæg gøres uafhængigt af varmforsyningstypen. Scenariet er, at alle bygninger kan få et fradrag på op til 25 kWh/m² for el-producerende VE-anlæg.

Tabel 40 og tabel 41 viser betydningen for hver enkelt af de tidligere beskrevne cases, idet der både tages udgangspunkt i referencesituationen og i den ambitiøse opgradering af selve bygningen. Den ambitiøse opgradering er efter forventelig opgradering af klimaskærm og installationer, men før brug af el-producerende VE-anlæg.

Tabel 40. Scenarie inklusive opnåelse af et fradrag på op til 25 kWh/m² for el-producerende VE-anlæg uanset varmforsyningstype. Energimærket er vist i parenteserne.

Cases	Samlet VE-fradrag: $25 \text{ kWh/m}^2 \times A_{\text{opv}}$ [kWh]	Reference energibehov før tiltag [kWh/m ²]	Reference fratrullet VE- fradrag [kWh/m ²]	Beregnet energibehov ef- ter ambitiøs opgradering af klimaskærm og installa- tioner [kWh/m ²]	Beregnet energibe- hov efter opgrade- ring og fratrullet VE-fradrag [kWh/m ²]
Enfamiliehuse					
1930'er (145 m ²)	3 625	355,2 (G)	330,2 (G)	94,6 (C)	69,6 (B)
1960'er (111 m ²)	2 775	216,1 (E)	191,1 (E)	114,6 (C)	89,6 (C)
1980'er (258 m ²)	6 450	121,6 (C)	96,6 (B)	67,6 (B)	42,6 (A2010)
Etageboligbygninger					
1930'er (2480 m ²)	62 000	142,4 (D)	117,4 (D)	90,8 (C)	65,8 (B)
1970'er (964 m ²)	24 100	180,5 (E)	155,5 (E)	81,0 (C)	56,0 (B)
1980'er (7118 m ²)	177 950	99,7 (C)	74,7 (C)	67,2 (B)	42,2 (A2010)
Kontorbygninger					
1940'er (2438 m ²)	60 950	268,5 (G)	243,5 (F)	61,3 (A2010)	36,3 (A2015)
1970'er (3099 m ²)	77 475	212,5 (E)	187,5 (E)	79,3 (B)	54,3 (A2010)
Institution					
1970'er (558 m ²)	13 950	402,5 (G)	377,5 (G)	102,4 (C)	77,4 (B)

Tabel 41. Bygningernes forbedring af energimærket ved brug af fradraget på op til 25 kWh/m² for el-producerende VE-anlæg med udgangspunkt i referencesituationen og efter en ambitiøs energirenovering. Det ambitiøse udgangspunkt er dog før brug af el-producerende VE-anlæg.

	Energimærkeskala						
Bygningseksempler	G	F	E	D	C	B	A'erne
Enfamiliehuse							
1930'ere							
Reference + VE-anlæg	→						
Ambitiøst niveau* + VE-anlæg					→		
1960'ere							
Reference + VE-anlæg			→				
Ambitiøst niveau + VE-anlæg					→		
1980'ere							
Reference + VE-anlæg					→		
Ambitiøst niveau + VE-anlæg						→	
Etageboligbygninger							
1930'ere							
Reference + VE-anlæg				→			
Ambitiøst niveau + VE-anlæg					→		
1970'ere							
Reference + VE-anlæg			→				
Ambitiøst niveau + VE-anlæg					→		
1980'ere							
Reference + VE-anlæg					→		
Ambitiøst niveau + VE-anlæg						→	
Kontorbygninger							
1940'ere							
Reference + VE-anlæg	→						
Ambitiøst niveau + VE-anlæg							→
1970'ere							
Reference + VE-anlæg			→				
Ambitiøst niveau + VE-anlæg						→	
Institution							
1970'ere							
Reference + VE-anlæg	→						
Ambitiøst niveau + VE-anlæg					→		

Litteratur

Aggerholm, S., & Grau, K. (2014). *Bygningers energibehov (3. udg.)* (SBI-anvisning 213). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut. Lokaliseret på: www.anvisninger.dk.

Erhvervs- og Byggestyrelsen. (2010). *Bygningsreglement 2010 (BR10)* [med ændringer]. København. Lokaliseret på: www.bygningsreglementet.dk

EU-Parlamentet, & Rådet. (2010). *Direktiv 2010/31/EU af 19. maj 2010 om bygningers energimæssige ydeevne (omarbejdning)* (Bygningsdirektivet). Den Europæiske Unions Tidende L 153/13 af 18/6/2010. Bruxelles. Lokaliseret på: <http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/forbrug-besparelser/byggeriets-energiforbrug/eus-bygningsdirektiv/EPBD%202010.pdf>

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet. (2014) *Strategi for energirenovering af bygninger*. København. Lokaliseret på: <http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/byggeri/Strategi-for-energirenovering-af-bygninger/strategi-for-energirenovering-af-bygninger-web-050514.pdf>

Netværk for Energirenovering af bygninger. (2013). *Initiativkatalog*. København: Energistyrelsen. Lokaliseret på: http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/byggeri/energirenoveringsnetvaerk/netvaerkets-arbejde/11720_netvaerkskatalog_final_enkelt_low.pdf

Denne rapport undersøger gennem en række beregningsmodeller af typiske eksempelbygninger mulighederne for indførelse af frivillige renoveringsklasser for eksisterende byggeri i Bygningsreglement 2015 (BR15) som alternativ til komponentkrav ved renoveringsprojekter.

1. udgave, 2015
ISBN 978-87-563-1661-3