



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

# VARMEBESPARELSE I EKSISTERENDE BYGNINGER

POTENTIALE OG ØKONOMI

SBI 2017:16





# Varmebesparelse i eksisterende bygninger

Potentiale og økonomi

Kim B. Wittchen  
Jesper Kragh  
Søren Aggerholm

Titel	Varmebesparelse i eksisterende bygninger
Undertitel	Potentiale og økonomi
Serietitel	SBi 2017:16
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2017
Forfattere	Kim B. Wittchen, Jesper Kragh, Søren Aggerholm
Sprog	Dansk
Sidetæl	42
Litteratur-henvisninger	Side 42
Emneord	Energiforbrug, isolering, renovering
ISBN	978-87-563-1862-4
Omslag	Colourbox
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, A.C. Meyers Vænge 15, 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

# Indhold

Forord .....	4
Sammenfatning .....	5
Indledning .....	7
Bygningerne .....	8
Bygningstyper .....	8
Byggeperioder .....	8
Isoleringsniveauer .....	9
Varmebehov .....	9
Konstruktionstyper .....	10
Bygningsdata .....	13
Energieffektiviseringsscenarier .....	16
Besparelspotentialer .....	20
Scenarie 5 .....	22
Investeringsbehov .....	24
Scenarie 5 .....	27
Annuiseret investering .....	29
Scenarie 5 .....	30
Privatøkonomiske beregningsforudsætninger .....	32
Energipriser .....	32
Lånerente og opgørelsesperiode .....	33
Varmeforsyning .....	34
Privatøkonomi .....	36
Nu-værdi .....	36
Samlet returnering af investering .....	38
Marginal returnering af investering .....	39
Referencer .....	42

# Forord

Denne rapport er bestilt af Energistyrelsen, som har ønsket at få beregnet potentialet for varmebesparelser i den eksisterende bygningsmasse og de hermed forbundne investeringer samt disses rentabilitet for bygningsejerne.

I lyset af den danske regerings målsætning om en fossilfri energiforsyning i 2050 er det vigtigt at være opmærksom på potentialet for varmebesparelser. Opvarmning af bygninger tegner sig for op mod en tredjedel af det samlede danske energiforbrug, og derfor kan varmebesparelser være en nøglefaktor til reduktion af den nødvendige kapacitet af fremtidens vedvarende energiforsyningssystem.

Rapporten konkluderer intet om, hvilket niveau af varmebesparelser der vil være samfundsøkonomisk optimalt. For at kunne svare på dette vil det være nødvendigt også at foretage økonomiske analyser af det fremtidige energiforsyningssystem.

Rapporten ledsages af et regneark i Microsoft Excel-format med resultaterne af beregningerne af varmebesparelser og investeringsbehov.

Rapporten er udarbejdet som led i initiativet 'Energieffektive og intelligente bygninger'. Dette initiativ har til formål at fremme energieffektivisering og fleksibelt energiforbrug i bygninger via anvendelse af data og digitalisering. Rapporten kan således også bruges til at belyse mulighederne for at nyttiggøre de eksisterende, store mængder data om bygninger i forbindelse med udformningen af kommende tiltag til energieffektivisering.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København  
Afdelingen for Bygningers Energieffektivitet, Indeklima og Bæredygtighed  
November 2017

*Søren Aggerholm*  
Forskningschef

# Sammenfatning

Formålet med denne rapport er at vurdere varmebesparelspotentialet i den eksisterende bygningsmasse og de nødvendige investeringer for at udløse besparelspotentialet samt de privatøkonomiske konsekvenser. Der er taget udgangspunkt i, at varmebesparelserne opnås, når bygningerne og deres bygningsdele alligevel skal renoveres af andre årsager. Der er gennemført beregninger for 7 energieffektiviseringsscenarier, hvor bygningsmassen opnår stigende energieffektivitet i forbindelse med renovering.

Investeringerne ved renoveringen er opdelt i en basisinvestering og en energiinvestering. Basisinvesteringen svarer til den basale renovering af bygningsdelene, som gør, at de renoverede bygninger netop opfylder mindstekrav til byggeteknik og indeklima under hensyn til risiko for fugtskader og skimmelsvamp. Energiinvesteringen er det der bliver gjort ekstra ved bygningsdelene med det primære formål at opnå varmebesparelser.

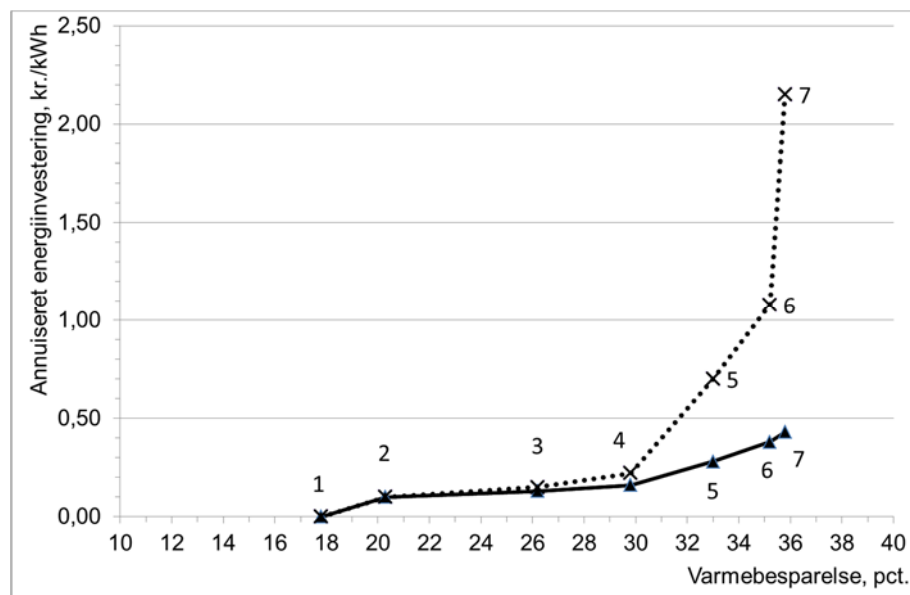
I tabel 1 er vist hovedresultaterne for bygningsmassen i de 7 scenarier, som er anvendt i rapporten. Energiinvesteringen i mia. kr. er opgjort i forhold til scenarie 1, som svarer til den basale renovering af bygningsdelene. Basisinvesteringen for at gennemføre den basale renovering af bygningsdelene er 727 mia. kr. Den annuierede energiinvestering i kr./kWh varmebesparelse er bestemt under hensyn til levetiden for den renoverede bygningsdel og diskontering efter samfundsøkonomiske beregningsprincipper. Scenarie 5 svarer til opfyldelse af dagens krav i bygningsreglementet og kan derfor betragtes som en slags reference.

Tabel 1. Hovedresultater for de 7 scenarier.

	Varmebesparelse	Varmebesparelse	Energiinvestering	Annuieret energiinvestering
	TWh/år	pct.	Mia. kr.	kr./kWh
Scenarie 1	8,8	17,8	0,0	0,00
Scenarie 2	10,0	20,3	2,7	0,10
Scenarie 3	12,9	26,2	10,2	0,13
Scenarie 4	14,7	29,8	18,0	0,16
Scenarie 5	16,3	33,0	40,6	0,28
Scenarie 6	17,4	35,2	64,7	0,38
Scenarie 7	17,7	35,8	76,2	0,43

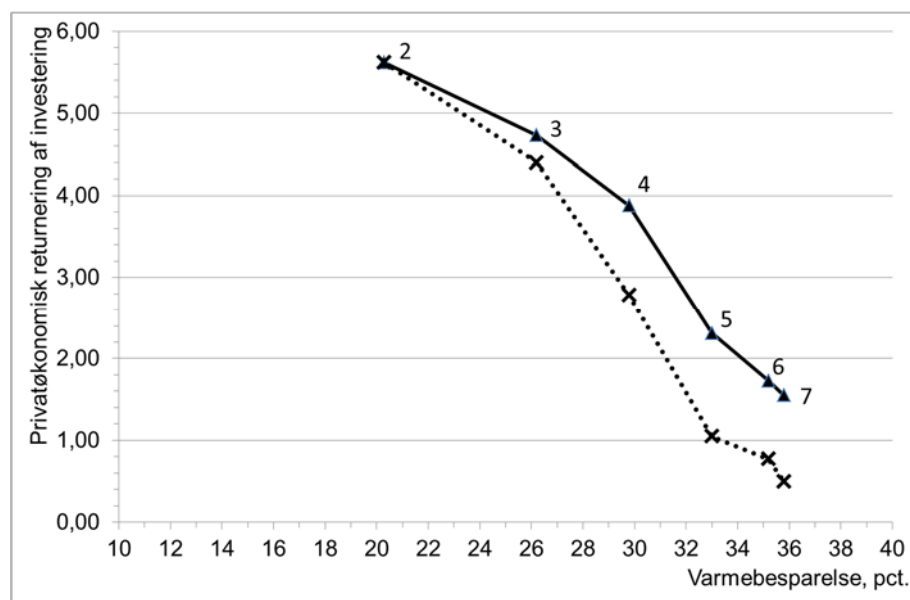
I figur 1 er vist sammenhængen mellem den annuierede energiinvestering i kr./kWh og størrelsen af varmebesparelsen i procent for bygningsmassen. Investeringen er både vist som samlet investering for scenarierne og som marginal investering for tiltagene i det sidst medregnede scenarie. Ca. 17 pct. af varmebesparelsen opnås ved at gennemføre den basale renovering af bygningsdelene og dagens krav i bygningsreglementet forventes at give ca. 33 pct. varmebesparelse med en samfundsøkonomisk bestemt annuieret energiinvestering på 0,28 kr./kWh og en marginal annuieret energiinvestering på 0,70 kr./kWh.





Figur 1 Annueret energiinvestering i kr./kWh i afhængighed af varmesparelsen i pct. Optrukket kurve er summeret investering for scenarierne og stiplede kurve er marginal investering for det sidste scenarie. Tal på kurve er scenarienummer.

I figur 2 er vist den privatøkonomiske returnering af investeringen i varmebesparelser i forbindelse med renovering af bygninger opvarmet med fjernvarme eller individuelle varmepumper. Returneringsfaktoren er et udtryk for, hvor god investeringen er. Returneringen er opgjort som henholdsvis samlet økonomi for scenarierne og marginaløkonomi for det sidste scenarie under hensyn til bl.a. energipriser, levetider og lånerente. En returneringsfaktor på 1,00 betyder, at investeringen netop bliver tilbagebetalt over opgørelsesperioden på 30 år for boliger og 20 år for andre bygninger. Er faktoren større end 1,00, er der overskud på investeringen.



Figur 2 Privatøkonomisk returnering af investering i varmebesparelser ved renovering af bygninger. Optrukket kurve er summeret returnering for scenarierne og stiplede kurve er marginal returnering for det sidste scenarie. Tal på kurve er scenarienummer.



# Indledning

Formålet med rapporten er at vurdere varmebesparelspotentialiet i den eksisterende bygningsmasse og de nødvendige investeringer for at udløse besparelspotentialiet samt de privatøkonomiske konsekvenser.

Rapporten bygger videre på de tidligere anvendte metoder i SBI 2014:01, 'Varmebesparelse ved løbende bygningsrenovering frem til 2050', som er den seneste af de tidligere analyser af varmebesparelspotentialiet i den eksisterende danske bygningsmasse. Denne rapport udbygger dog analyserne på en række områder.

Målet er at vurdere besparelspotentialiet og investeringerne til realisering af dette i bygninger op mod 2050, hvor der er en politisk målsætning om uafhængighed af fossile brændsler. Varmebesparelser i bygninger kan bidrage ved at reducere behovet for forsyning og dermed behovet for opbygning af ny forsyningskapacitet baseret på vedvarende energi og forstærkning af infrastrukturen.

Der er taget udgangspunkt i, at varmebesparelserne opnås, når bygningerne og deres bygningsdele alligevel skal renoveres af andre årsager. Der er taget udgangspunkt i bygningsmassen, som den er i dag. Det har ikke været en del af opgaven at tage hensyn til nedrivning eller nybyggeri frem til 2050. Varmebehovet i bygningerne er opgjort som nettovarmebehov til rumopvarmning og varmt brugsvand.

Investeringerne til realisering af besparelspotentialerne omfatter de tekniske omkostninger, det vil sige investeringerne til forbedring af isolering mv.

Analysen omfatter ikke en vurdering af, hvilke virkemidler der eventuelt skal tages i anvendelse for at realisere potentialerne, og de tilhørende virkemiddelomkostninger indgår ikke i analysen.

For privatøkonomien, som også omfatter den tilsvarende økonomi for virksomheder, har målet været både at analysere de privatøkonomiske omkostninger ved investering i varmebesparelserne og at sammenholde dette med omkostningerne ved den tilsvarende energi leveret fra energiforsyningen, baseret på det nuværende energiforsyningssystem. Afledte effekter som fx bedre indeklima og mindre miljøbelastning indgår ikke.

# Bygningerne

Den eksisterende bygningsmasses karakteristika er opgjort ud fra data i Bygnings- og Boligregistret, BBR og Energimærkningsordningens (EMO) database. BBR data er en kopi af BBR-databasen pr. 13. juni 2016 som Energistyrelsen har stillet til rådighed for projektet. EMO-dataene er et udtræk fra energimærkningsordningens database genereret 23. januar 2017. EMO-databasen indeholder data for 527.000 bygninger, svarende til 30 pct. af bygningerne i BBR.

## Bygningstyper

Den eksisterende bygningsmasse er baseret på BBR opdelt i 6 hovedtyper efter anvendelse, som vist i tabel 2. Der er kun medtaget bygninger, som er opvarmet til helårsbrug.

Tabel 2. Bygningstyper.

Bygningens anvendelse	Anvendelseskoder i BBR
Stuehuse	110
Parcelhuse	120
Række-/kædehuse	130
Etageboliger og lign.	140, 150, 160, 190
Handel og service	320, 330, 390
Institutioner	410, 420, 430, 490

## Byggeperioder

Bygningstyperne er igen underopdelt efter bygningernes opførelsesår. Tabel 3 viser de 9 byggeperioder, der er karakteriseret efter enten typisk byggestil (de ældre perioder) eller stramningerne i bygningsreglementets energikrav (de nyere perioder).

Tabel 3. Anvendte byggeperioder.

Periode	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	Efter 2006

## Isoleringsniveauer

Bygningerne er desuden, som noget nyt for den eksisterende bygningsmasse, opdelt efter isoleringen af klimaskærmen udtrykt ved det dimensionerende transmissionstab gennem klimaskærmen i  $\text{W/m}^2$ -klimaskærm eksklusive vinduer og døre, som angivet i tabel 4. Der har været krav i bygningsreglementet til det dimensionerende transmissionstab gennem klimaskærmen eksklusive vinduer og døre i nybyggeriet siden 2006. I dag er kravet til nybyggeriet højst  $4,0 \text{ W/m}^2$ -klimaskærm for bygninger i én etage,  $5,0 \text{ W/m}^2$ -klimaskærm for bygninger i to etager og  $6,0 \text{ W/m}^2$ -klimaskærm for bygninger i tre etager eller mere. Kravet til nybyggeriet er blevet strammet i 2010 og igen i 2015 med  $1,0 \text{ W/m}^2$ . Fx var kravet til bygninger i én etage frem til 2010  $6,0 \text{ W/m}^2$ -klimaskærm eksklusive vinduer og døre. Det dimensionerende transmissionstab for klimaskærmen beregnes automatisk i forbindelse med energimærkningen af bygninger også for eksisterende bygninger, da det er indbygget i beregningskernen, men indgår ikke i energimærket. DT1 svarer til optil ca. det dobbelte transmissionstab i forhold til nybyggeriet, DT2 svarer til 2-4 gange, og DT3 er mere end 4 gange højere end i nybyggeriet.

Tabel 4. Opdeling af bygningerne efter klimaskærmens dimensionerende transmissionstab i  $\text{W}$  pr  $\text{m}^2$  klimaskærm eksklusive vinduer og døre.

	DT1	DT2	DT3
Dimensionerende transmissionstab	<12	$12 \leq \text{DT} < 25$	$\geq 25$

## Varmebehov

På baggrund af data trukket fra databasen fra energimærkningsordningen om bygningernes nuværende isoleringsstandard og arealet af bygningsdelene pr. enhedsareal (opvarmet etageareal) opstilles en model for enhedsforbruget i hver kategori, fx parcelhuse opført i perioden 1961-1972 med dimensionerende transmissionstab for klimaskærmen på niveau DT2.

Med udgangspunkt i hver kategoris (bygningstype, opførelsesår og isoleringsstandard) gennemsnitlige varmekonsum ekstrapoleres varmekonsumet til det samlede etageareal registreret i BBR inden for hver kategori. Resultatet af det samlede ekstrapolerede varmekonsum er sammenholdt med Energistyrelsens Energistatistik 2015 for at sikre en korrekt størrelsesorden i udgangspunktet, inden der foretages beregning af besparelspotentialet (se senere i dette afsnit).

Ud over opdeling af bygningsmassen efter bygningernes dimensionerende transmissionstab for klimaskærmen bruges inddelingen også til at indregne effekten af den estimerede rumtemperatur i varmebehovet, se tabel 5. Det betyder, at der regneteknisk benyttes forskelligt graddøgntal for bygningerne, afhængig af hvilken isoleringsklasse de måtte befinde sig i før efterisolering. Dette afspejler det faktum, at varmebehovet i dårligt isolerede bygninger er lavere end forventet, hvilket formentligt skyldes, at man på grund af omkostningerne til opvarmningen opretholder en lavere rumtemperatur i bygningerne. Metoden tager dog ikke højde for eventuelle ændringer i beboernes vaner i forbindelse med renoveringen, fx med hensyn til rumtemperatur, udluftning og varmtvandsforbrug.

Tabel 5. Beregningsmæssig rumtemperatur i °C for de forskellige bygningstyper og dimensionerende transmissionstab for klimaskærmen.

Bygningstype	DT1	DT2	DT3
110 - 130	21	20	19
140p	21	20	20
300p	21	20	20
400p	21	20	20

I modellen for kategoriernes enhedsforbrug indgår varmetab gennem klimaskærmen og ved ventilation samt varmekonsum til brugsvand inklusive ikke udnytteligt varmetab fra rør og beholdere. Desuden indgår bidrag til opvarmningen i form af varmeafgivelse fra personer og fra el-forbrugende installationer samt solindfald gennem vinduer. Der benyttes en graddagemetode til vurdering af varmekonsumet i den nuværende bygningsmasse.

Det beregnede netto-varmebehov for bygningsmassen er sammenlignet med den tilsvarende opgørelse i Energistyrelsens Energistatistik 2015. For boliger viser dette en afvigelse på ca. 1 pct., hvilket vurderes at være acceptabelt. For handel og service samt institutioner er afvigelsen i forhold til energistatistikken + 4 pct., hvilket bl.a. kan skyldes forskelle eller usikkerhed på hvilke bygninger, der indgår i opgørelserne, samt etagearealer for bygninger med blandet anvendelse. Desuden kan det ikke forventes, at det beregnede varmekonsum passer lige så godt for disse bygningskategorier, da der er tale om langt større forskelle i brugs mønstret, end hvad der gør sig gældende i boliger. Dette forhold har dog ikke indflydelse på de beregnede relative besparelser.

I analyserne regnes der alene med netto-varmebesparelser, hvorfor effekten af en energimæssig opgradering eller en forbedret drift af bygningernes energiforsyning ikke indgår. En gennemsnitlig vurdering vil dog kunne gennemføres efterfølgende ud fra de renoverede bygningers netto-varmebehov. Eventuelle reduktioner af nettoforbruget som følge af bedre styring, automatisering mv. indgår ikke.

### Konstruktionstyper

De bygningsdele, der indgår i undersøgelsen, er i denne sammenhæng tagkonstruktioner, ydervægge, gulve, vinduer og ventilation. Konstruktionerne i EMO-databasen er kategoriseret efter konstruktionstyper, se tabel 6.

Numre for konstruktioner sluttende på x-x-0-0 repræsenterer et opsamlingsnummer, som er uspecifiseret for hovedkategorien. Af hensyn til beregning af omkostningerne ved energimæssig opgradering har det været nødvendigt at antage samme fordeling af denne opsamlingskategori som for de øvrige kategoriserede konstruktioner inden for samme hovedkategori, fx tage. Der er for enkelte underkategorier meget få eller slet ingen registreringer (markeret med gul) af konstruktioner, og dette gælder fx "loft til kip". Det er derfor antaget at "loft til kip" findes i kategorien "loft".

Tabel 6. Opdeling af konstruktioner efter konstruktionstype.

Facader	
1-2-0-0	Ydervægge
1-2-1-0	Hule ydervægge
1-2-2-0	Massive ydervægge
1-2-3-0	Lette ydervægge
1-2-1-1	Hule vægge mod uopvarmet rum
1-2-2-1	Massive vægge mod uopvarmet rum
1-2-3-1	Lette vægge mod uopvarmet rum
1-2-4-0	Kælder-ydervægge
Tage	
1-1-0-0	Tag og loft
1-1-1-0	Loft
1-1-2-0	Fladt tag
1-1-3-0	Loft til kip
Vinduer	
1-3-0-0	Vinduer, ovenlys og døre
1-3-1-0	Vinduer
1-3-2-0	Ovenlys
1-3-3-0	Yderdøre
Gulve	
1-4-0-0	Gulve
1-4-1-0	Terrændæk
1-4-3-0	Krybekælder
1-4-4-0	Kældergulv
1-4-1-1	Terrændæk med gulvvarme
1-4-3-1	Krybekælder med gulvvarme

I tabel 7 er vist et eksempel på U-værdierne for tunge ydervægge i parcelhuse bygget 1931-50. Opgørelsen er vist for massive ydervægge (nr. 1-2-2-0) og hule ydervægge (nr. 1-2-1-0) samt opgjort efter de tre isoleringstilstande for bygningerne DT1, DT2 og DT3. Det ses fx, at 93 pct. af hulmursarealet i huse med isoleringsstandard DT1 har en U-værdi, som er 0,70 W/K m<sup>2</sup> eller bedre, mens det kun er 36 pct. af hulmursarealet i huse med isoleringsstandard DT3, der har en U-værdi, som er 0,70 W/K m<sup>2</sup> eller bedre. På tilsvarende vis ses det fx, at kun 38 pct. af ydervægsarealet i huse med massive ydervægge og isoleringsstandard DT3 har en U-værdi, som er 1,20 W/K m<sup>2</sup> eller bedre.

Tabel 7. Akkumuleret fordeling af U-værdier for tunge ydervægge i parcelhuse (120) bygget 1931-50 (p3).

U-værdi W/K m2	Massiv ydervæg			Hulmur		
	DT1	DT2	DT3	DT1	DT2	DT3
0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,15	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
0,20	0,15	0,02	0,01	0,07	0,01	0,00
0,25	0,29	0,06	0,01	0,17	0,03	0,01
0,30	0,46	0,11	0,02	0,34	0,08	0,02
0,35	0,65	0,20	0,05	0,39	0,09	0,02
0,40	0,80	0,31	0,08	0,48	0,15	0,05
0,45	0,82	0,34	0,09	0,62	0,29	0,12
0,50	0,87	0,40	0,10	0,71	0,35	0,14
0,55	0,89	0,43	0,12	0,75	0,41	0,17
0,60	0,91	0,49	0,15	0,83	0,53	0,22
0,65	0,92	0,53	0,17	0,84	0,56	0,24
0,70	0,94	0,56	0,19	0,93	0,75	0,36
0,75	0,95	0,60	0,21	0,95	0,78	0,38
0,80	0,96	0,62	0,21	0,97	0,91	0,47
0,85	0,96	0,63	0,23	0,97	0,91	0,47
0,90	0,96	0,66	0,24	0,98	0,93	0,51
0,95	0,96	0,68	0,25	0,98	0,94	0,52
1,00	0,96	0,71	0,28	0,98	0,95	0,54
1,05	0,97	0,71	0,29	0,98	0,95	0,54
1,10	0,97	0,75	0,34	0,98	0,95	0,54
1,15	0,97	0,75	0,35	0,98	0,95	0,54
1,20	0,98	0,77	0,38	0,98	0,95	0,56
1,25	0,98	0,77	0,40	0,98	0,96	0,56
1,30	0,98	0,78	0,42	0,98	0,96	0,57
1,35	0,98	0,79	0,46	0,99	0,96	0,59
1,40	0,98	0,80	0,47	0,99	0,96	0,60
1,45	0,98	0,80	0,48	0,99	0,96	0,60
1,50	0,98	0,82	0,56	0,99	0,98	0,71

## Bygningsdata

I tabel 8 er vist hoveddata for den eksisterende bygningsmasse, som den er i udgangspunktet i dag.

Tabel 8. Hoveddata for den eksisterende bygningsmasse. Antal bygninger, bygningsmassens etageareal i Mm<sup>2</sup>, nuværende nettovarmeforbruget i TWh/år og nettovarmeforbruget pr. m<sup>2</sup> etageareal i kWh/år pr m<sup>2</sup> samt dimensionerende varmeeffekt i MW.

	Bygninger	Mm <sup>2</sup>	TWh/år	kWh/år pr m <sup>2</sup>	MW
Stuehuse	113.980	22,0	2,77	126	1.115
Parcelhuse	1.102.462	162,2	20,50	126	8.015
Række-/kædehuse	244.885	37,1	4,05	109	1.532
Etageboliger og lign.	102.558	92,3	10,36	112	4.040
Handel og service	109.180	84,4	7,72	91	3.868
Institutioner	44.515	38,3	3,97	104	1.969
Samlet	1.717.580	436,3	49,37	113	20.539

I tabel 9 er vist etagearealet fordelt på bygningstype og byggeperiode. Farven i tabellen skifter fra grøn for et stort tal til rød for et lille tal. Det ses, at det største bygningsareal er i parcelhuse bygget 1960-72. Men at der også er store bygningsarealer i parcelhuse bygget 1890-1929 og 1973-98, i etageboliger fra 1890-1929 og i institutioner fra 1979-98.

Tabel 9. Etageareal fordelt på bygningstype og byggeperiode.

BBRarealer m <sup>2</sup> *1000	p1 -1890	p2 1890-1929	p3 1930-1949	p4 1950-1959	p5 1960-1972	p6 1973-1978	p7 1979-1998	p8 1999-2006	p9 2007-2016	pS Samlet
110	6.544	8.643	2.376	749	858	628	968	464	733	21.964
120	10.467	25.948	16.846	12.018	40.852	22.254	17.965	7.508	8.351	162.208
130	1.529	2.434	1.790	2.218	4.910	3.763	12.962	4.135	3.391	37.130
140	6.276	21.491	15.533	8.529	16.585	5.348	9.157	4.540	4.852	92.312
300	4.671	8.809	4.225	3.878	14.721	7.630	20.230	9.771	10.465	84.399
400	2.564	4.566	2.683	3.545	8.952	4.436	6.597	2.562	2.359	38.264
Alle	32.050	71.890	43.453	30.937	86.877	44.058	67.879	28.981	30.151	436.277

I tabel 10 er vist etagearealets fordeling på de tre isoleringsstandarder for bygningens klimaskærm, opgjort separat for hver bygningstype og byggeperiode. Det ses, at den største del af byggeriet opført før 1973 ligger i isoleringsstandard DT2 og DT3. De lyserøde felter er kombinationer af bygningstype, byggeperiode og isoleringsstandard, hvor der ikke er bygninger. De gule felter er tilsvarende kombinationer med meget få bygninger og et lille etageareal.

Tabel 10. Fordeling af isoleringsstandard i afhængighed af bygningstype og byggeperiode.

% DT1,2,3 m <sup>2</sup> *1000	p1 -1890	p2 1890-1929	p3 1930-1949	p4 1950-1959	p5 1960-1972	p6 1973-1978	p7 1979-1998	p8 1999-2006	p9 2007-2016	pS Samlet
110DT1	29,3	25,3	21,0	16,0	26,6	54,2	91,4	97,0	100,0	33,5
110DT2	43,5	47,7	52,0	55,6	66,1	45,5	8,0	3,0	0,0	43,6
110DT3	27,1	27,0	27,0	28,4	7,3	0,3	0,6	0,0	0,0	22,9
120DT1	33,7	19,6	12,0	12,0	34,1	61,5	93,3	99,4	99,5	44,5
120DT2	46,9	52,9	59,5	65,5	62,6	38,2	6,6	0,5	0,5	44,3
120DT3	19,5	27,5	28,4	22,6	3,4	0,3	0,1	0,0	0,1	11,2
130DT1	25,4	16,9	8,0	11,1	36,2	51,9	96,1	99,5	99,3	67,0
130DT2	43,1	44,3	53,7	64,8	53,7	44,6	3,6	0,4	0,0	24,1
130DT3	31,5	38,8	38,3	24,1	10,1	3,5	0,3	0,1	0,7	9,0
140pDT1	6,1	4,7	4,0	9,8	19,1	35,0	83,2	96,0	98,2	26,7
140pDT2	30,3	23,3	20,3	34,2	59,2	56,6	16,4	3,9	1,3	29,9
140pDT3	63,6	72,0	75,7	56,0	21,7	8,4	0,4	0,0	0,5	43,5
300pDT1	12,9	13,0	19,1	15,8	30,5	38,7	80,4	91,7	93,3	54,0
300pDT2	36,7	39,4	35,9	51,7	56,9	56,4	18,4	7,5	2,9	31,0
300pDT3	50,4	47,7	45,0	32,5	12,6	4,9	1,2	0,8	3,8	15,0
400pDT1	9,8	11,3	16,9	15,9	28,5	48,8	89,2	95,6	98,9	44,8
400pDT2	50,5	49,1	52,2	69,1	64,0	46,3	10,4	4,3	1,1	41,8
400pDT3	39,7	39,6	30,9	15,1	7,5	5,0	0,4	0,1	0,0	13,4
Alle	7,3	16,5	10,0	7,1	19,9	10,1	15,6	6,6	6,9	100,0



I tabel 11 er vist det samlede beregnede varmebehov for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder. Kombinationer med stort etageareal vejer tungt i det samlede varmebehov, især i kombination med ældre byggeperiode eller dårligere isoleringsstandard.

Tabel 11. Samlet beregnet varmebehov for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringstandarder. (Asis i tabelhoved indikerer, at det er udgangspunktet, basissituationen)

Asis	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	pS
TWh	-1890	1890-1929	1930-1949	1950-1959	1960-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	2007-2016	Samlet
110DT1	0,203	0,232	0,053	0,013	0,026	0,039	0,095	0,041	0,056	0,758
110DT2	0,367	0,502	0,146	0,050	0,070	0,033	0,008	0,001	0,000	1,177
110DT3	0,320	0,381	0,095	0,033	0,009	0,000	0,001	0,000	0,000	0,840
120DT1	0,387	0,568	0,236	0,174	1,808	1,729	1,919	0,713	0,658	8,193
120DT2	0,626	1,722	1,292	1,090	3,433	1,055	0,139	0,004	0,004	9,365
120DT3	0,361	1,141	0,763	0,451	0,214	0,009	0,003	0,000	0,000	2,941
130DT1	0,039	0,042	0,015	0,028	0,203	0,235	1,374	0,392	0,269	2,598
130DT2	0,075	0,121	0,112	0,168	0,316	0,190	0,049	0,002	0,000	1,033
130DT3	0,066	0,127	0,087	0,070	0,053	0,009	0,004	0,000	0,001	0,417
140pDT1	0,040	0,110	0,078	0,089	0,319	0,189	0,819	0,464	0,418	2,527
140pDT2	0,218	0,582	0,360	0,315	0,980	0,298	0,147	0,016	0,005	2,920
140pDT3	0,484	1,943	1,459	0,570	0,401	0,049	0,005	0,000	0,001	4,911
300pDT1	0,060	0,111	0,081	0,068	0,458	0,306	1,560	0,687	0,729	4,060
300pDT2	0,176	0,340	0,146	0,192	0,761	0,396	0,287	0,042	0,021	2,360
300pDT3	0,257	0,450	0,213	0,129	0,178	0,034	0,023	0,002	0,012	1,298
400pDT1	0,031	0,060	0,054	0,065	0,295	0,224	0,601	0,218	0,182	1,731
400pDT2	0,149	0,245	0,152	0,261	0,580	0,181	0,061	0,007	0,001	1,638
400pDT3	0,128	0,216	0,103	0,070	0,064	0,017	0,003	0,000	0,000	0,600
Alle	3,984	8,895	5,445	3,837	10,168	4,994	7,097	2,590	2,357	49,368

I tabel 12 er vist det beregnede varmebehov pr. m<sup>2</sup> etageareal for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder. Kombinationer med meget lille etageareal er udeladt i tabellen. Nogle af værdierne for etageboliger, handel og service samt institutioner i isoleringsstandard DT2 og DT 3 opført efter 1960 ser lidt mystiske ud, da de er lavere end for isoleringsstandard DT1. Det kan fx skyldes mekanisk ventilation, variation i vinduesareal, få bygninger i kategorierne, usikkerhed på faktisk bygningsanvendelse eller fejl i datasættet. Det har ikke været muligt at fastslå den faktiske årsag eller foretage valide korrektioner.

Tabel 12. Beregnet varmebehov pr. m<sup>2</sup> etageareal for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringstandarder.

Asis	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	pS
kWh/m <sup>2</sup>	-1890	1890-1929	1930-1949	1950-1959	1960-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	2007-2016	Samlet
110DT1	105,5	106,3	106,9	107,8	115,6	115,2	106,9	91,0	75,7	102,9
110DT2	128,8	121,6	118,3	119,4	123,1	116,6	104,3			123,0
110DT3	180,0	163,6	148,1	156,2	147,7					166,9
120DT1	109,7	111,7	116,4	121,4	129,9	126,4	114,5	95,5	79,2	113,5
120DT2	127,6	125,5	128,8	138,6	134,3	124,1	116,7			130,3
120DT3	177,2	160,0	159,3	166,1						162,1
130DT1	99,8	101,4	107,3	114,2	114,2	120,4	110,3	95,3	80,0	104,5
130DT2	114,3	112,5	116,2	117,2	120,0	113,1				115,7
130DT3	136,0	134,8	126,9	130,9	107,7					125,0
140pDT1	104,0			106,2	100,8	101,1	107,6	106,4	87,8	102,6
140pDT2	114,7	116,0	114,0	108,0	99,8	98,5	98,1			105,9
140pDT3	121,3	125,6	124,1	119,3	111,2	108,9				122,4
300pDT1	99,8	97,1	100,7	109,9	102,0	103,7	95,9	76,7	74,7	89,0
300pDT2	102,8	98,1	96,3	95,7	90,8	91,9	77,1	57,1		90,3
300pDT3	109,2	107,1	111,8	102,7	95,8					102,7
400pDT1	121,0	117,0	119,3	116,2	115,7	103,8	102,1	88,9	78,1	100,8
400pDT2	114,9	109,4	108,8	106,6	101,3	88,0	89,5			102,5
400pDT3	125,9	119,3	124,2	131,5	94,5					117,4
Alle	124,3	123,7	125,3	124,0	117,0	113,4	104,6	89,4	78,2	113,2

I tabel 13 er tilsvarende vist den dimensionerende varmeeffekt pr. m<sup>2</sup> etageareal for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder. Her ligger værdierne som forventeligt i rangorden efter isoleringsstandard DT1, DT2 og DT3.

Tabel 13. Dimensionerende varmeeffekt pr. m<sup>2</sup> etageareal for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringstandarder.

Dimensioneringen	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	pS
W/m <sup>2</sup>	-1890	1890-1929	1930-1949	1950-1959	1960-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	2007-2016	Samlet
110DT1	36	37	37	37	40	40	37	32	28	36
110DT2	51	49	48	48	50	48	44			49
110DT3	80	74	69	72	70					75
120DT1	38	39	40	42	45	44	40	34	29	40
120DT2	51	50	52	56	55	51	48			53
120DT3	79	73	74	77						75
130DT1	34	35	37	39	40	42	38	34	29	36
130DT2	46	45	47	48	50	48				48
130DT3	64	63	61	64	57					61
140pDT1	33			34	33	33	34	35	29	33
140pDT2	43	44	43	42	40	39	38			41
140pDT3	51	53	52	52	50	49				52
300pDT1	42	41	43	46	43	43	41	36	35	39
300pDT2	54	52	52	52	50	50	45	40		50
300pDT3	64	63	65	63	59					61
400pDT1	49	48	49	48	49	45	44	41	36	44
400pDT2	58	57	57	56	55	50	51			55
400pDT3	69	67	69	72	61					67
Alle	53	53	54	54	49	46	40	35	32	47

# Energieffektiviseringsscenarier

Der er gennemført beregninger for 7 energieffektiviseringsscenarier, hvor bygningsmassen opnår stigende energieffektivitet i forbindelse med renovering. Scenarierne er opstillet i rækkefølge, så de indeholder de mest kosteffektive tiltag i de første, lavest nummererede scenarier. Tiltag som er inde, bliver ikke taget ud igen i scenarier med højere nummer, men bliver i nogle tilfælde udbygget, fx med mere isolering. Oversigt over scenarierne er vist i tabel 14.

Tabel 14. Oversigt over energieffektiviseringsscenarierne.

Nummer	Scenarie
0	Udgangspunkt uden tiltag
1	Minimum ved basal renovering af bygningsdelene til byggeteknisk acceptabel standard
2	Scenarie 1 + Isolering af tomme hulmure
3	Scenarie 2 + Vinduer med energimærke A
4	Scenarie 3 + Nogen isolering på loft og tag
5	Sædvanlig god praksis for isolering ved renovering
6	Energifokus ved isolering af renoverede bygningsdele
7	Scenarie 6 + efterisolering af loft og tag som er isoleret svarende til scenarie 6

Scenarie 1 svarer til den basale renovering af bygningsdelene, som opfylder mindstekrav til byggeteknik og indeklima under hensyn til risiko for fugtskader og skimmelsvamp. Tiltagene for at opfylde dette afhænger af bygningsdel og konstruktion.

For lette konstruktioner antages det, at der skal være mindst 75 mm isolering i konstruktionen, for at den er byggeteknisk acceptabel, og der undgås komfort-problemer eller fugt og skimmelsvamp indvendigt på konstruktionerne eller på vindafdekninger og undertage. De 75 mm svarer til en opbygning med 25 mm isolering, dampspærre og 50 mm isolering uden på dampspærren. De inderste 25 mm isolering skal sikre, at dampspærren ikke gennembyrdes af eksisterende eller nye søm og skruer i den indvendige beklædning. De yderste 50 mm isolering skal sikre, at dampspærrens indvendige overflade ikke bliver så kold, at der opstår kondens på den under normale forhold.

For tunge ydervægge antages det, at U-værdien helst skal være bedre end 1,0 - 1,5 W/K m<sup>2</sup>, for at der er en vis sikkerhed for, at der ikke bliver komfort- eller kondensproblemer, herunder skimmel bag møbler og i badeværelser. Dette kan klares med 25 mm udvendig isolering på fx 1-stens teglvægge.

For vinduer er det ikke muligt at købe vinduer, som har et energimærke, der er dårligere end B. For vinduer er referencen derfor et vindue med energimærke B.

Det antages også, at 10 pct. af det etageareal, hvor der ikke er mekanisk ventilation, bliver forsynet med mekanisk ventilation med varmegenvinding for at opnå et bedre indeklima.

I tabel 15 er en samlet oversigt over isoleringsniveauerne i de forskellige scenarier. Isoleringstykkelser er for typiske isoleringsprodukter og konstruktioner.

Den forventede gennemførelse af renovering af de enkelte bygningsdele frem til 2050 fremgår af tabel 16 og er den samme for et givent tiltag i alle scenarier, hvor det indgår.

Scenarie 2 er som scenarie 1, dog udvidet med fyldning af tomme hulmure med isolering.

Tabel 15. Oversigt over tiltag i scenarierne. Kun scenariet, hvor der sker nye tiltag i forhold til de tidligere, lavere nummererede scenarier, er medtaget i listen.

Bygningsdel	Scenarie	Tiltag	U-værdi W/K m <sup>2</sup>
<b>Facader</b>			
Hule ydervægge	1	Ingen	-
	2	Fyldes	0,70
Massive ydervægge	1	25 mm hvis dårlig	1,20
	5	125 mm hvis dårlig	0,35
Lette ydervægge	1	75 mm	0,50
	5	100 mm	0,40
Kælderydervægge	1	Ingen	-
	5	100 mm	0,30
<b>Tage</b>			
Loft	1	75 mm	0,45
	4	200 mm	0,20
	5	250 mm	0,15
	6	350 mm	0,10
Fladt tag	1	100 mm	0,45
	4	150 mm	0,25
	5	200 mm	0,20
	6	300 mm	0,15
<b>Vinduer</b>	1	Energimærke B	1,30
	3	Energimærke A	0,90
<b>Gulve</b>			
Terraændæk	1	100 mm (ækvivalent)	0,20
	5	200 mm	0,15
	6	300 mm	0,10
Krybekælderdek	1	75 mm	0,45
	5	150 mm	0,25
	6	200 mm	0,20
Kældergulv	1	100 mm (ækvivalent)	0,20
	5	200 mm	0,15
	6	300 mm	0,10
Terraændæk med varme	1	100 mm (ækvivalent)	0,20
	5	200 mm	0,15
	6	300 mm	0,10
Krybekælderdek med varme	1	75 mm	0,45
	5	150 mm	0,25
	6	200 mm	0,20

Tilsvarende er scenarie 3 som scenarie 2, men med opgradering af vinduerne fra energimærke B til energimærke A. Energimærke A forventes at blive krav fra 2020 jfr. Bygningsreglement 2015.

I scenarie 4 er der oven i scenarie 3 tilføjet noget mere isolering på tagene, som nærmere specificeret i tabel 15. Denne isolering på tagene er typisk lidt mindre, end der sædvanligvis anvendes i dag ved renovering af tage.

Scenarie 5 svarer til god praksis for isoleringsniveau ved renovering af bygningsdelene, under hensyn til bygningsreglementets krav, eksisterende konstruktionshøjder og bygningsreglementets mulighed for at reducere isoleringstykkelserne under hensyn til efterisoleringens rentabilitet. Ved fastlæggelse af isoleringsværdierne er der taget højde for, at de dækker en større variation af konstruktioner herunder at loftisolering fx dækker konstruktioner af typen loft til kip (paralleltag), hvor der er mindre plads til isoleringen end på et loft i et åbent loftrum. Fx antages alle lofter, som ikke har 250 mm isolering, at blive isoleret op til at få i alt 250 mm isolering. Der er i scenariet ikke taget hensyn til, at renoveringer ikke altid udføres efter god praksis med hensyn til isolering.

I scenarie 6 isoleres til større isoleringstykkelser i de konstruktioner, hvor der i henhold til scenarie 5 sker en forøgelse af isoleringstykkelsen. Det betyder fx, at der for lofter, som ikke har 250 mm isolering, antages at ske en isolering til 350 mm, hvor der i scenarie 5 kun blev isoleret til 250 mm. Det betyder også, at der i dette scenarie ikke sker yderligere isolering af lofter, som allerede er isoleret med 250 mm.

Tabel 16. Oversigt over gennemførelsesgrader i pct. frem til 2050.

Bygningsdel	Gennemførelsesgrad	Bemærkninger
<b>Facader</b>		
Hule ydervægge	100	
Massive ydervægge	50	Af vægge dårligere end 1,50 W/K m <sup>2</sup> fx i beton og én-stens tegl uden isolering
Lette ydervægge	100	
Kælderydervægge	30	Af vægge dårligere end 0,70 W/K m <sup>2</sup> fx i beton uden isolering
<b>Tage</b>		
Loft	100	
Fladt tag	100	
<b>Vinduer</b>		
Vinduer	100	
Ovenlys	100	
Yderdøre	100	
Vinduer generelt	100	
<b>Gulve</b>		
Terrændæk	30	Af terrændæk dårligere end 0,30 W/K m <sup>2</sup> , fx 20 cm letklinker (50 mm ækvivalent isolering)
Krybekælderdek	100	
Kældergulv	10	Af kældergulve dårligere end 0,40 W/K m <sup>2</sup> , fx 20 cm letklinker (50 mm ækvivalent isolering)
Terrændæk med varme	30	Af terrændæk dårligere end 0,25 W/K m <sup>2</sup> , fx 30 cm letklinker (75 mm ækvivalent isolering)
Krybekælderdek med varme	100	

I scenarie 7 udvides omfanget af konstruktioner, der efterisoleres, idet alle konstruktioner, som ikke er oppe på slut-isoleringen efterisoleres til slutværdien i scenarie 6. Det betyder fx at lofter som har mellem 250 og 350 mm isolering, efterisoleres til 350 mm.

Udgangspunktet er, at renovering udløses af bygningsdelenes tilstand, og ikke af hvor velisolerede de er. Fx antages tage at blive skiftet, når de er utætte eller på vej til at blive det, og vinduer antages udskiftet, når de er møre eller på anden måde nedbrudte.

Gennemførelsesgraderne skal ses i sammenhæng med tiltagene i tabel 15 og levetiderne efter renovering i tabel 34. Fx står der, at gennemførelsesgraden er 100 pct. for hulmure og i tabel 15 står der som tiltag under scenarie 1, at der ingenting sker med hulmure. Det resulterer i, at der ikke sker noget med hulmure under scenarie 1. Det gør der til gengæld under scenarie 2, hvor alle hulmure, der ikke allerede er fyldt med isolering, antages fyldt med isolering inden 2050.

For massive ydervægge er gennemførelsesgraden 50 pct., dog kun for massive ydervægge med en U-værdi, der er dårligere end  $1,50 \text{ W/K m}^2$ , som svarer til massive ydervægge i beton eller 1-stens tegl uden isolering. Det vil således betyde, at kun  $\frac{1}{2}$ -delen af de massive ydervægge, som må forventes at give indeklimaproblemer, antages efterisoleret. Årsagen kan fx være ønske eller krav om bevaring af facaden.

For lette ydervægge er gennemførelsesgraden 100 pct. Det betyder, at i scenarie 1 bliver alle lette ydervægge med en U-værdi dårligere end  $0,50 \text{ W/K m}^2$  (svarende til en isolering på ca. 75 mm) inden 2050, isoleret til en U-værdi på  $0,50 \text{ W/K m}^2$  i forbindelse med renovering af ydervæggene af andre årsager. I scenarie 5 sker i princippet det samme, men der er det bare alle lette ydervægge med en U-værdi dårligere end  $0,40 \text{ W/K m}^2$  (svarende til en isolering på ca. 100 mm), som inden 2050 bliver isoleret til en U-værdi på  $0,40 \text{ W/K m}^2$ . Under hensyn til den eksisterende plads vil det i mange tilfælde være vanskeligt at opnå mere en 100 mm isolering i den eksisterende konstruktion, hvis ikke det allerede er der.

Princippet beskrevet for de tre eksempler ovenfor benyttes for alle bygningsdelene i tabel 15 og tabel 16.

Gennemførelsesgraderne er fastholdt på tværs af scenarierne, da de grundlæggende stammer fra vurdering af behovet for renovering og ikke fra eventuelle ønsker om energibesparelse. Så grundlæggende er det de samme bygningsdele, som renoveres i alle scenarierne. Det er kun graden af energibesparelse som stiger over scenarierne.

Gennemførelsesgraden er sat til 100 pct. for tage og vinduer, fordi deres forventede levetid vil gøre, at de må forventes at skulle renoveres inden 2050. For tage kan der dog være en mindre andel, som først behøver renovering i begyndelsen af 2050'erne.

Gennemførelsesgraden er generelt lav på terrændæk og kældergulve, fordi der skal være en særdeles god årsag til at bryde dem op i forbindelse med renovering, da det er besværligt og dyrt. Det vil derfor typisk kun ske i forbindelse med reparation af rørskader eller etablering af gulvvarme.

# Besparelspotentialer

I tabel 17 er vist reduktionen i varmebehovet ved de forskellige scenarier, og i tabel 18 er vist den relative reduktion i forhold til dagens udgangspunkt. De 33,0 pct. reduktion ved scenarie 5 svarer fx til en reduktion af det gennemsnitlige varmebehov i bygningsmassen fra 113 kWh/år m<sup>2</sup> til 76 kWh/år m<sup>2</sup>.

I udgangspunktet i scenarie 1 er det antaget, at der installeres mekanisk ventilation i 10 pct. af det etageareal, som i dag har naturlig ventilation, for at forbedre indeklimaet. 10 pct.-point større udbredelse af mekanisk ventilation med varmegenvinding reducerer varmebehovet med 1,1 pct.-point eller 0,54 TWh/år. Hvis udbredelsen af mekanisk ventilation på grund af indeklimaet fx i stedet viser sig at komme til at svare til 30 pct. af etagearealet, bliver den samlede reduktion ved scenarie 5 i stedet 35,2 pct. og det gennemsnitlige varmebehov i bygningsmassen reduceres til 73 kWh/år m<sup>2</sup>.

Tabel 17. Reduktion i varmebehovet i TWh/år ved de forskellige scenarier.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	0,58	0,71	0,85	1,01	1,12	1,20	1,21
Parcelhuse	3,46	4,06	5,21	6,12	6,88	7,43	7,56
Række-/kædehuse	0,69	0,74	1,00	1,11	1,27	1,38	1,41
Etageboliger og lign.	1,89	2,18	2,79	3,01	3,22	3,33	3,36
Handel og service	1,43	1,53	2,00	2,24	2,46	2,63	2,67
Institutioner	0,76	0,83	1,07	1,21	1,34	1,43	1,46
Samlet	8,81	10,04	12,92	14,70	16,28	17,40	17,67

Tabel 18. Relativ reduktion i varmebehovet i pct. ved de forskellige scenarier.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	21,0	25,8	30,5	36,2	40,3	43,1	43,5
Parcelhuse	16,9	19,8	25,4	29,9	33,5	36,2	36,9
Række-/kædehuse	17,0	18,2	24,7	27,5	31,3	34,1	34,9
Etageboliger og lign.	18,2	21,0	26,9	29,1	31,1	32,2	32,4
Handel og service	18,5	19,8	25,9	29,0	31,9	34,0	34,6
Institutioner	19,2	20,9	26,9	30,5	33,7	36,0	36,7
Samlet	17,8	20,3	26,2	29,8	33,0	35,2	35,8



I tabel 19 og tabel 20 er tilsvarende vist reduktionen i den dimensionerende varmeeffekt ved de forskellige scenarier og den relative reduktion i forhold til dagens udgangspunkt. Den fremtidige udbredelse af mekanisk ventilation har også betydning for den dimensionerende varmeeffekt. 10 pct.-point større udbredelse af mekanisk ventilation med varmegenvinding reducerer den dimensionerende varmeeffekt med 0,9 pct.-point eller 178 MW.

Tabel 19. Reduktion i dimensionerende varmeeffekt i MW ved de forskellige scenarier.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	213	260	304	359	398	424	428
Parcelhuse	1.240	1.453	1.832	2.139	2.392	2.575	2.617
Række-/kædehuse	239	257	342	380	431	468	478
Etageboliger og lign.	693	791	994	1.068	1.137	1.175	1.183
Handel og service	495	528	681	761	834	887	901
Institutioner	266	289	366	413	456	486	494
Samlet	3.147	3.577	4.519	5.120	5.648	6.015	6.101

Tabel 20. Relativ reduktion i dimensionerende varmeeffekt i pct. ved de forskellige scenarier.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	19,1	23,3	27,3	32,2	35,7	38,0	38,4
Parcelhuse	15,5	18,1	22,9	26,7	29,8	32,1	32,7
Række-/kædehuse	15,6	16,7	22,3	24,8	28,1	30,6	31,2
Etageboliger og lign.	17,2	19,6	24,6	26,4	28,1	29,1	29,3
Handel og service	12,8	13,6	17,6	19,7	21,6	22,9	23,3
Institutioner	13,5	14,7	18,6	21,0	23,2	24,7	25,1
Samlet	15,3	17,4	22,0	24,9	27,5	29,3	29,7

## Scenarie 5

I dette afsnit er resultaterne for scenarie 5 vist i flere detaljer, som et eksempel på de beregninger der er gennemført. Det er valgt at vise mere detaljerede resultater netop for scenarie 5, fordi scenarie 5 svarer til opfyldelse af dagens krav i bygningsreglementet (både BR15 og BR18) og derfor kan betragtes som en slags reference.

I tabel 21 er vist det beregnede varmebehov pr. m<sup>2</sup> etageareal for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder efter renoveringen.

Tabel 21. Beregnet varmebehov pr. m<sup>2</sup> etageareal for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder efter renovering. Scenarie 5.

Renoveret	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	pS
kWh/m <sup>2</sup>	-1890	1890-1929	1930-1949	1950-1959	1960-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	2007-2016	Samlet
110DT1	78,5	79,5	80,5	81,6	84,6	82,6	76,7	71,7	60,0	76,9
110DT2	82,0	76,9	75,1	76,2	78,2	72,7	68,1			78,0
110DT3	75,7	65,7	60,1	63,0	61,8					68,3
120DT1	80,9	83,6	88,2	92,6	94,7	90,7	84,5	76,5	64,9	84,6
120DT2	82,6	82,3	87,6	93,7	87,1	80,2	78,7			85,7
120DT3	79,7	72,2	74,8	79,9						74,8
130DT1	71,5	74,2	80,8	83,2	81,6	82,2	80,3	76,2	65,0	77,6
130DT2	72,7	72,3	76,7	74,4	73,6	69,5				73,0
130DT3	65,8	63,3	65,1	60,2	50,0					60,3
140pDT1	79,0			77,4	72,7	73,5	80,8	86,3	70,1	78,4
140pDT2	86,0	86,1	85,2	75,5	66,0	63,9	70,4			74,2
140pDT3	82,4	82,2	80,0	76,0	63,4	58,8				78,8
300pDT1	76,4	76,1	76,5	77,6	74,7	77,0	71,2	59,5	60,6	67,7
300pDT2	73,3	68,5	62,3	59,4	54,8	56,5	48,1	36,4		57,3
300pDT3	64,0	58,6	53,1	46,2	39,5					52,9
400pDT1	94,1	89,4	87,7	86,9	83,7	75,2	74,8	67,1	59,3	74,4
400pDT2	83,9	75,7	71,4	66,4	60,4	51,5	53,4			64,7
400pDT3	75,6	67,9	60,3	58,2	41,6					62,3
Alle	79,0	77,6	79,0	78,1	76,4	76,7	76,2	70,4	62,9	75,8

I tabel 22 er tilsvarende vist reduktionen i varmebehovet efter renoveringen.

Tabel 22. Reduktion i varmebehov ved renoveringen for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder. Scenarie 5.

Besparelse	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	pS
%	-1890	1890-1929	1930-1949	1950-1959	1960-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	2007-2016	Samlet
110DT1	25,6	25,2	24,7	24,3	26,8	28,3	28,2	21,2	20,8	25,3
110DT2	36,3	36,8	36,6	36,2	36,5	37,6	34,8			36,6
110DT3	57,9	59,8	59,4	59,7	58,1					59,1
120DT1	26,2	25,2	24,2	23,7	27,1	28,2	26,2	19,9	18,1	25,5
120DT2	35,2	34,4	32,0	32,4	35,2	35,3	32,5			34,2
120DT3	55,0	54,9	53,0	51,9						53,9
130DT1	28,4	26,8	24,7	27,2	28,5	31,7	27,2	20,1	18,7	25,8
130DT2	36,4	35,7	34,0	36,5	38,6	38,6				36,9
130DT3	51,6	53,0	48,7	54,0	53,6					51,8
140pDT1	24,0			27,1	27,9	27,2	24,9	18,9	20,1	23,6
140pDT2	25,0	25,7	25,3	30,1	33,9	35,1	28,3			29,9
140pDT3	32,1	34,5	35,5	36,3	43,0	46,0				35,6
300pDT1	23,5	21,6	24,0	29,4	26,8	25,8	25,7	22,3	18,8	23,9
300pDT2	28,7	30,2	35,3	37,9	39,6	38,5	37,7	36,2		36,6
300pDT3	41,4	45,3	52,5	55,0	58,8					48,5
400pDT1	22,2	23,6	26,5	25,2	27,7	27,6	26,8	24,6	24,1	26,2
400pDT2	26,9	30,8	34,4	37,7	40,3	41,5	40,4			36,9
400pDT3	39,9	43,1	51,4	55,8	56,0					46,9
Alle	36,4	37,3	37,0	37,0	34,7	32,3	27,2	21,2	19,5	33,0

I tabel 23 er vist den dimensionerende varmeeffekt pr. m<sup>2</sup> etageareal for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder efter renoveringen. Det ses, at den dimensionerende varmeeffekt er reduceret betydeligt i DT3 bygningerne.

Tabel 23. Dimensionerende varmeeffekt pr. m<sup>2</sup> etageareal for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder efter renovering. Scenarie 5.

Dimensioneringen	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	pS
W/m <sup>2</sup>	-1890	1890-1929	1930-1949	1950-1959	1960-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	2007-2016	Samlet
110DT1	28	28	28	29	30	30	28	26	23	27
110DT2	35	33	33	33	34	33	31			34
110DT3	41	37	35	37	37					38
120DT1	28	29	31	33	34	33	30	28	25	30
120DT2	35	35	37	40	38	36	35			37
120DT3	42	40	42	44						41
130DT1	25	26	28	30	29	30	28	28	24	28
130DT2	32	31	33	33	33	32				33
130DT3	37	36	38	37	34					36
140pDT1	25			25	24	24	25	28	24	25
140pDT2	33	33	33	30	28	27	28			30
140pDT3	37	37	36	36	32	31				36
300pDT1	35	35	35	36	34	35	33	30	31	32
300pDT2	44	42	40	40	38	38	35	33		38
300pDT3	47	45	44	43	39					44
400pDT1	41	39	39	39	38	35	35	34	32	35
400pDT2	47	45	44	42	41	37	38			42
400pDT3	51	49	47	46	42					47
Alle	37	37	37	38	35	33	31	29	27	34

# Investeringsbehov

Beregningen af investeringerne i energieffektivisering i forbindelse med renovering af bygningerne er baseret på separat notat til Energistyrelsen om 'Enhedspriser til beregning af omkostninger ved varmebesparelser' udarbejdet af Niras, marts 2017.

I tabel 24 er oversigt over implementeringen af enhedspriser i beregningerne vist for scenarie 5. De anvendte enhedspriser er et gennemsnit for forskellige bygningstyper og konstruktionsdetaljer. Basisinvesteringen svarer til den basale renovering af bygningsdelene i scenarie 1, som gør, at den renoverede bygning netop opfylder mindstekrav til byggeteknik og indeklima under hensyn til risiko for fugtskader og skimmelsvamp. Basisinvesteringen er opgjort for de konkrete bygningsdele og er eksklusive byggeplads, stilladser og lignende. Eventuel genopretning af basiskonstruktionen fx opretning af bærende konstruktioner eller udskiftning af defekt isolering er heller ikke medtaget i investeringen.

Energiinvesteringen er det der bliver gjort ekstra ved bygningsdelene med det primære formål at opnå varmebesparelser. Dette vil dog også medføre en forbedring af komforten i bygningen, som ikke indregnet i opgørelserne. Energiinvesteringen antages tilnærmet at være lineær proportional med isoleringstykkelsen. Der tages udgangspunkt i den eksisterende isolering i konstruktionerne.

Tabel 24. Basisinvestering og energiinvestering i kr./m<sup>2</sup>-bygningdel ekskl. moms. Scenarie 5.

Bygningsdel	Basis	Energi
<b>Facader</b>		
Hule ydervægge	0	175
Massive ydervægge	1.350	470
Lette ydervægge	1.100	50
Kælderydervægge	2.200	300
<b>Tage</b>		
Loft	1.200	125
Fladt tag	1.000	75
<b>Vinduer</b>		
Vinduer	4.500	100
Ovenlys	4.500	100
Yderdøre	4.500	100
Vinduer generelt	4.500	100
<b>Gulve</b>		
Terrændæk	1.700	100
Krybekælder	175	75
Kældergulv	1.700	100
Terrændæk med varme	2.700	75
Krybekælder med varme	175	75

I tabel 25 er vist basisinvesteringen frem til 2050 i mio. kr. for at gennemføre den basale renovering af bygningsdele med energimæssig betydning.

Tabel 25. Basisinvesteringen i mio. kr. for at gennemføre den basale renovering af bygningsdele med energimæssig betydning.

	Mio. kr.
Stuehuse	40.755
Parcelhuse	323.972
Række-/kædehuse	70.048
Etageboliger og lign.	115.830
Handel og service	114.328
Institutioner	61.672
Samlet	726.605

I tabel 26 er vist basisinvesteringen i mio. kr. fordeling på bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandard. I tabel 27 er det samme opgjort pr. m<sup>2</sup> etageareal.

Tabel 26. Basisinvestering i mio. kr. fordelt på bygningstype, byggeperiode og isoleringsstandard.

Basis invest.	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	pS
Mkr.	-1890	1890-1929	1930-1949	1950-1959	1960-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	2007-2016	Samlet
110DT1	3.340,4	3.723,2	844,0	206,4	432,5	651,2	1.611,5	787,9	1.140,1	12.737,2
110DT2	5.467,1	7.577,7	2.215,3	764,3	1.155,3	591,0	153,0	25,3	0,0	17.949,1
110DT3	3.732,3	4.573,3	1.200,6	411,8	133,1	4,6	13,3	0,0	0,0	10.069,0
120DT1	6.103,8	8.515,6	3.381,7	2.606,9	29.036,6	28.946,6	33.059,7	14.443,9	13.004,6	139.099,3
120DT2	9.356,5	24.579,6	18.140,9	15.740,9	58.516,1	19.628,7	2.588,2	84,1	72,6	148.707,6
120DT3	4.314,2	13.525,6	9.104,2	5.700,9	3.301,0	159,1	40,8	3,6	15,8	36.165,2
130DT1	612,5	641,1	229,4	453,9	3.272,8	3.764,9	22.879,9	8.018,2	5.458,5	45.331,2
130DT2	1.152,6	1.830,8	1.719,5	2.954,3	5.780,2	3.734,3	905,6	39,3	1,2	18.117,8
130DT3	922,1	1.729,5	1.281,7	1.130,1	1.172,9	262,9	76,8	5,4	17,1	6.598,5
140pDT1	429,3	1.130,9	714,0	1.051,3	4.026,4	2.349,7	9.543,1	6.059,7	5.912,3	31.216,6
140pDT2	2.202,6	5.858,4	3.700,7	3.650,9	13.320,5	4.253,2	1.968,3	248,8	81,0	35.284,5
140pDT3	4.738,9	18.495,9	14.120,9	6.145,9	5.093,7	670,1	49,7	1,8	12,0	49.328,9
300pDT1	698,8	1.344,2	1.027,1	797,2	6.354,0	4.139,7	20.905,4	11.119,3	11.981,3	58.367,2
300pDT2	2.213,4	4.394,8	2.028,4	2.903,7	12.898,0	6.938,8	5.315,6	1.089,8	484,9	38.267,4
300pDT3	3.202,7	5.517,8	2.682,0	1.904,5	2.884,5	593,1	344,4	111,5	452,9	17.693,4
400pDT1	317,0	702,3	680,3	926,3	4.318,7	3.336,6	9.332,4	3.849,9	2.893,0	26.356,7
400pDT2	1.820,3	3.206,2	2.207,2	4.376,4	10.392,6	3.639,7	1.226,1	195,0	38,2	27.101,8
400pDT3	1.479,9	2.699,5	1.350,2	1.005,5	1.244,9	377,6	53,0	1,7	0,9	8.213,3
Alle	52.104,5	110.046,7	66.628,1	52.731,3	163.333,9	84.042,1	110.066,9	46.084,9	41.566,4	726.604,7

Tabel 27. Basisinvestering i kr./m<sup>2</sup> etageareal for at gennemføre den basale renovering af bygningsdele med energimæssig betydning i de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder.

Basis invest.	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	pS
kr/m <sup>2</sup>	-1890	1890-1929	1930-1949	1950-1959	1960-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	2007-2016	Samlet
110DT1	1.739	1.703	1.692	1.725	1.896	1.913	1.822	1.750	1.554	1.730
110DT2	1.920	1.836	1.793	1.834	2.037	2.069	1.976			1.876
110DT3	2.102	1.962	1.870	1.933	2.124					2.001
120DT1	1.731	1.674	1.668	1.814	2.087	2.116	1.973	1.935	1.566	1.927
120DT2	1.907	1.791	1.809	2.000	2.290	2.308	2.175			2.069
120DT3	2.119	1.896	1.901	2.102						1.993
130DT1	1.577	1.557	1.599	1.851	1.839	1.927	1.836	1.949	1.622	1.823
130DT2	1.750	1.698	1.790	2.055	2.193	2.226				2.028
130DT3	1.914	1.832	1.869	2.112	2.373					1.978
140pDT1	1.118			1.253	1.273	1.256	1.253	1.390	1.241	1.268
140pDT2	1.157	1.168	1.172	1.253	1.357	1.406	1.311			1.280
140pDT3	1.188	1.195	1.201	1.287	1.413	1.485				1.230
300pDT1	1.159	1.175	1.270	1.298	1.416	1.402	1.285	1.241	1.227	1.280
300pDT2	1.293	1.267	1.338	1.448	1.540	1.612	1.427	1.491		1.464
300pDT3	1.359	1.315	1.411	1.513	1.554					1.399
400pDT1	1.257	1.364	1.503	1.647	1.692	1.543	1.586	1.572	1.241	1.536
400pDT2	1.406	1.430	1.575	1.787	1.815	1.773	1.791			1.695
400pDT3	1.455	1.493	1.628	1.881	1.851					1.606
Alle	1.626	1.531	1.533	1.704	1.880	1.908	1.622	1.590	1.379	1.665

I tabel 28 er vist energiinvesteringen i mio. kr. i relation til forbedring af bygningens energieffektivitet. For fx scenarie 5 svarer energiinvesteringen til ca. 1,2 mia. kr. pr. år i perioden frem til 2050.

Tabel 28. Energiinvesteringsbehov i mio. kr. ved de forskellige scenarier i relation til reduktion af varmebehovet ift. den basale renovering af bygningsdelene.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	0	294	641	1.366	2.919	4.610	5.170
Parcelhuse	0	1.337	4.320	8.692	19.880	31.886	37.725
Række-/kædehuse	0	106	782	1.334	3.879	6.300	7.645
Etageboliger og lign.	0	647	2.243	3.159	5.685	8.139	9.252
Handel og service	0	210	1.420	2.199	5.198	8.755	10.313
Institutioner	0	146	755	1.279	3.070	5.041	6.075
Samlet	0	2.739	10.162	18.028	40.631	64.731	76.179

I tabel 29 er vist den relative forøgelse af investeringen ved de forskellige energiscenarier

Tabel 29. Relativ forøgelse i investeringsbehov i pct. ved de forskellige scenarier i relation til reduktion af varmebehovet ift. den basale renovering af bygningsdelene.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	0,0	0,7	1,6	3,4	7,2	11,3	12,7
Parcelhuse	0,0	0,4	1,3	2,7	6,1	9,8	11,6
Række-/kædehuse	0,0	0,2	1,1	1,9	5,5	9,0	10,9
Etageboliger og lign.	0,0	0,6	1,9	2,7	4,9	7,0	8,0
Handel og service	0,0	0,2	1,2	1,9	4,5	7,7	9,0
Institutioner	0,0	0,2	1,2	2,1	5,0	8,2	9,9
Samlet	0,0	0,4	1,4	2,5	5,6	8,9	10,5

I tabel 30 er energiinvesteringsbehovet sat i forhold til den årlige varmebesparelse ved de forskellige energiscenarier med scenarie 1 som reference for både energiinvesteringsbehovet og den årlige varmebesparelse.

Tabel 30. Energiinvesteringsbehov i kr. pr. kWh/år varmebesparelse ved de forskellige scenarier.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	2,23	2,43	3,24	5,45	7,53	8,28
Parcelhuse	-	2,24	2,47	3,27	5,82	8,03	9,20
Række-/kædehuse	-	2,21	2,50	3,13	6,69	9,07	10,53
Etageboliger og lign.	-	2,24	2,48	2,81	4,27	5,63	6,29
Handel og service	-	2,17	2,50	2,71	5,03	7,32	8,33
Institutioner	-	2,14	2,47	2,85	5,30	7,54	8,74
Samlet	-	2,23	2,47	3,06	5,44	7,54	8,60

## Scenarie 5

I dette afsnit er resultaterne for scenarie 5 vist i flere detaljer.

I tabel 31 er vist det samlede investeringsbehov for at gennemføre den energimæssige forbedring af bygningsdelene fordelt på bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandard

I

tabel 32 er tilsvarende vist investeringsbehov i kr./m<sup>2</sup> etageareal for at gennemføre den energimæssige forbedring af bygningsdelene for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder

I tabel 33 er energiinvesteringsbehovet sat i forhold til den årlige varmebesparelse med scenarie 1 som reference for både energiinvesteringsbehovet og den årlige varmebesparelse.

Tabel 31. Samlet investeringsbehov i mio. kr. for at gennemføre den energimæssige forbedring af bygningsdelene fordelt på bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandard. Scenarie 5.

Energi invest.	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	pS
Mkr.	-1890	1890-1929	1930-1949	1950-1959	1960-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	2007-2016	Samlet
110DT1	182,3	204,0	46,0	10,7	23,2	35,9	95,1	29,3	26,5	652,9
110DT2	402,9	549,9	157,9	52,5	78,6	38,1	9,8	1,6	0,0	1.291,3
110DT3	362,2	444,9	114,0	39,8	12,9	0,5	0,9	0,0	0,0	975,2
120DT1	345,3	455,0	170,2	125,8	1518,4	1603,0	1814,8	386,4	248,4	6.667,4
120DT2	681,3	1702,3	1172,7	1029,9	3731,2	1233,4	166,5	3,9	3,6	9.724,7
120DT3	424,6	1332,5	869,6	544,0	300,0	12,7	3,5	0,4	1,0	3.488,2
130DT1	32,7	33,1	11,3	20,7	152,3	190,0	1414,7	291,2	121,0	2.267,1
130DT2	77,7	123,9	105,9	187,6	328,3	205,9	58,6	1,4	0,0	1.089,3
130DT3	76,0	149,7	106,7	89,2	79,9	14,5	5,2	0,4	0,6	522,2
140pDT1	16,1	43,8	34,0	41,6	137,8	79,0	451,6	159,3	140,3	1.103,6
140pDT2	98,4	273,3	168,3	172,1	558,7	176,7	101,8	7,3	2,3	1.558,8
140pDT3	250,9	1089,7	920,6	409,5	310,2	37,6	3,5	0,1	0,2	3.022,3
300pDT1	30,3	56,8	43,0	36,7	269,0	188,6	866,3	344,4	352,7	2.187,8
300pDT2	109,6	222,1	102,7	150,5	649,9	362,7	264,8	43,9	18,3	1.924,3
300pDT3	187,1	350,3	180,7	122,7	170,6	33,4	21,9	3,6	15,5	1.085,8
400pDT1	16,7	33,8	31,6	38,1	180,7	130,1	436,1	117,7	64,3	1.049,1
400pDT2	105,1	179,3	117,3	249,1	555,1	188,0	68,9	7,2	1,5	1.471,6
400pDT3	96,6	175,0	97,1	81,1	75,5	19,8	3,8	0,1	0,0	549,0
Alle	3.495,8	7.419,4	4.449,5	3.401,5	9.132,1	4.550,0	5.787,9	1.398,1	996,2	40.630,5

Tabel 32. Investeringsbehov i kr./m<sup>2</sup> etageareal for at gennemføre den energimæssige forbedring af bygningsdelene for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder. Scenarie 5.

Energi invest.	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	pS
kr/m <sup>2</sup>	-1890	1890-1929	1930-1949	1950-1959	1960-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	2007-2016	Samlet
110DT1	95	93	92	89	102	105	108	65	36	89
110DT2	141	133	128	126	139	133	127			135
110DT3	204	191	178	187	206					194
120DT1	98	89	84	88	109	117	108	52	30	92
120DT2	139	124	117	131	146	145	140			135
120DT3	209	187	182	201						192
130DT1	84	80	79	84	86	97	114	71	36	91
130DT2	118	115	110	130	125	123				122
130DT3	158	159	156	167	162					157
140pDT1	42			50	44	42	59	37	29	45
140pDT2	52	55	53	59	57	58	68			57
140pDT3	63	70	78	86	86	83				75
300pDT1	50	50	53	60	60	64	53	38	36	48
300pDT2	64	64	68	75	78	84	71	60		74
300pDT3	79	83	95	98	92					86
400pDT1	66	66	70	68	71	60	74	48	28	61
400pDT2	81	80	84	102	97	92	101			92
400pDT3	95	97	117	152	112					107
Alle	109	103	102	110	105	103	85	48	33	93



Tabel 33. Energiinvesteringsbehov i kr. pr. kWh/år varmebesparelse for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder. Scenarie 5 med scenarie 1 som reference.

Energi	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	pS
kr/(kWh/år)	-1890	1890-1929	1930-1949	1950-1959	1960-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	2007-2016	Samlet
110DT1	7,53	7,37	7,14	7,18	7,15	7,03	9,06	6,36	3,97	7,26
110DT2	5,93	5,58	5,51	5,53	5,89	6,02	7,87			5,72
110DT3	4,89	4,26	4,11	4,00	4,16					4,44
120DT1	7,58	6,82	6,24	6,35	6,98	7,37	8,98	5,41	3,57	7,11
120DT2	6,06	5,53	5,64	5,67	6,11	6,54	7,79			5,96
120DT3	4,94	4,06	3,96	4,03						4,13
130DT1	6,81	6,54	6,18	5,45	5,92	5,91	9,86	6,99	4,20	7,89
130DT2	5,94	5,70	5,82	6,31	5,48	5,72				5,86
130DT3	5,35	4,73	4,75	4,52	5,15					4,91
140pDT1	4,96			5,11	4,46	4,46	7,08	3,94	3,22	4,91
140pDT2	4,99	4,86	4,72	4,61	4,47	4,62	6,91			4,74
140pDT3	4,25	3,90	3,89	3,77	3,75	4,26				3,89
300pDT1	6,15	5,74	5,38	5,49	5,18	5,82	6,38	4,56	4,64	5,45
300pDT2	5,73	5,37	4,99	4,56	4,74	5,06	5,99	6,15		5,10
300pDT3	4,72	4,18	3,96	3,85	4,16					4,26
400pDT1	6,27	6,04	5,20	5,94	5,36	5,21	7,37	4,83	3,45	5,78
400pDT2	6,58	5,60	5,44	5,35	5,10	5,24	6,87			5,40
400pDT3	4,60	4,61	4,11	4,01	4,42					4,39
Alle	5,57	4,80	4,61	4,79	5,54	6,21	8,02	5,20	4,00	5,44

# Annuiseret investering

Den annuiserede investering i varmebesparelserne pr. sparet kWh varme er bestemt i det følgende for at gøre det nemmere at sammenligne med de tilsvarende energiforsyningsomkostninger. Den annuiserede investering bestemmes ved at dividere investeringen med nuværdifaktoren og den årlige varmebesparelse.

Nuværdien er fastlagt i henhold til Energistyrelsens vejledning om Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner fra maj 2017. Der er anvendt en diskonteringsrente på 4,0 % p.a. i henhold til Opdateret tillægsblad om kalkulationsrente, levetid og reference til Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet udgivet af Energistyrelsen i juni 2013.

Investeringerne er opgjort over de renoverede bygningsdeles levetid uden afgifter og moms.

I tabel 34 er vist de forventede levetider for bygningsdelene efter renoveringen og den tilhørende nuværdifaktor bestemt med 4,0 pct. p.a. realrente.

Tabel 34. Levetid af bygningsdel efter renovering samt nuværdifaktor ved 4,0 pct. p.a. realrente. Begge opgjort i år.

Bygningsdel	Levetid	NPV-faktor
<b>Facader</b>		
Hule ydervægge	60	22,6
Massive ydervægge	60	22,6
Lette ydervægge	40	19,8
Kælderydervægge	60	22,6
<b>Tage</b>		
Loft	40	19,8
Fladt tag	40	19,8
<b>Vinduer</b>		
Vinduer	30	17,3
Ovenlys	30	17,3
Yderdøre	30	17,3
Vinduer generelt	30	17,3
<b>Gulve</b>		
Terrændæk	60	22,6
Krybekælder	60	22,6
Kældergulv	60	22,6
Terrændæk med varme	60	22,6
Krybekælder med varme	60	22,6

I tabel 35 er vist den annuiserede investering i varmebesparelser opgjort i kr./kWh. Investeringen er opgjort samlet for scenarierne med scenarie 1 som reference. Scenarie 1 er valgt som reference, fordi det svarer til den basale renovering af bygningsdelene, som opfylder mindstekrav til byggeteknik og indeklima under hensyn til risiko for fugtskader og skimmelsvamp.

I tabel 36 er på tilsvarende vis opgjort den marginale annuiserede investering. Ved opgørelse af den marginale annuiserede investering i kr./kWh er der anvendt mer-investeringer og mer-besparelser beregnet fra scenarie til scenarie. Marginalinvesteringen for fx scenarie 5 er således beregnet ud fra den ekstra investering i varmebesparelser i scenarie 5 i forhold til i scenarie 4 og de dertil knyttede varmebesparelser.

Det ses, at de marginale annuiserede investeringer i varmebesparelser, opgjort i kr./kWh for de sidste scenarier, er en del højere end de samlede annuiserede investeringer for de samme scenarier.

Tabel 35. Annuiseret investering i varmebesparelser opgjort i kr./kWh. Samlet investering for scenarier.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	0,10	0,13	0,17	0,27	0,38	0,41
Parcelhuse	-	0,10	0,13	0,17	0,29	0,40	0,46
Række-/kædehuse	-	0,10	0,14	0,17	0,34	0,46	0,53
Etageboliger og lign.	-	0,10	0,13	0,15	0,22	0,29	0,32
Handel og service	-	0,10	0,14	0,15	0,26	0,37	0,42
Institutioner	-	0,09	0,14	0,15	0,27	0,38	0,44
Samlet	-	0,10	0,13	0,16	0,28	0,38	0,43

Tabel 36. Annuiseret investering i varmebesparelser opgjort i kr./kWh. Marginal investering for scenarier.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	0,10	0,15	0,23	0,67	1,10	2,27
Parcelhuse	-	0,10	0,15	0,24	0,73	1,08	2,24
Række-/kædehuse	-	0,10	0,15	0,25	0,82	1,05	2,19
Etageboliger og lign.	-	0,10	0,15	0,21	0,60	1,07	2,17
Handel og service	-	0,10	0,15	0,16	0,66	1,09	1,87
Institutioner	-	0,09	0,15	0,19	0,67	1,09	1,99
Samlet	-	0,10	0,15	0,22	0,70	1,08	2,15

## Scenarie 5

I dette afsnit er resultaterne for scenarie 5 vist i flere detaljer.

I tabel 37 er vist den samlede annuiserede investering i varmebesparelser opgjort i kr./kWh for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder med scenarie 1 som reference.

I tabel 38 er tilsvarende vist den marginale annuiserede investering i varmebesparelser opgjort i kr./kWh for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder.

Tabel 37. Annuieret investering i varmebesparelser opgjort i kr./kWh for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder. Samlet investering for scenarie 5.

Energi kr/kWh	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	pS
	-1890	1890-1929	1930-1949	1950-1959	1960-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	2007-2016	Samlet
110DT1	0,39	0,38	0,37	0,37	0,37	0,36	0,47	0,33	0,22	0,37
110DT2	0,30	0,28	0,28	0,28	0,30	0,31	0,40			0,29
110DT3	0,24	0,21	0,20	0,19	0,20					0,22
120DT1	0,39	0,35	0,32	0,33	0,36	0,38	0,46	0,29	0,20	0,37
120DT2	0,30	0,28	0,28	0,29	0,31	0,33	0,40			0,30
120DT3	0,24	0,20	0,19	0,20						0,20
130DT1	0,35	0,34	0,32	0,28	0,31	0,31	0,51	0,37	0,23	0,41
130DT2	0,30	0,29	0,29	0,32	0,28	0,29				0,30
130DT3	0,26	0,23	0,23	0,22	0,26					0,24
140pDT1	0,26			0,27	0,24	0,24	0,37	0,22	0,18	0,26
140pDT2	0,26	0,25	0,25	0,24	0,23	0,24	0,36			0,25
140pDT3	0,22	0,20	0,19	0,19	0,19	0,21				0,19
300pDT1	0,32	0,30	0,28	0,28	0,27	0,30	0,33	0,24	0,25	0,28
300pDT2	0,29	0,27	0,25	0,23	0,24	0,25	0,30	0,32		0,26
300pDT3	0,23	0,21	0,19	0,19	0,21					0,21
400pDT1	0,32	0,31	0,26	0,30	0,28	0,27	0,38	0,26	0,19	0,30
400pDT2	0,33	0,28	0,27	0,27	0,26	0,27	0,35			0,27
400pDT3	0,23	0,23	0,20	0,19	0,22					0,22
Alle	0,28	0,24	0,23	0,24	0,28	0,32	0,41	0,28	0,22	0,28

Tabel 38. Annuieret investering i varmebesparelser opgjort i kr./kWh for de forskellige bygningstyper, byggeperioder og isoleringsstandarder. Marginal investering for scenarie 5.

Energi kr/kWh	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	pS
	-1890	1890-1929	1930-1949	1950-1959	1960-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	2007-2016	Samlet
110DT1	0,91	0,91	0,92	0,93	0,89	0,83	1,07	1,17	1,03	0,94
110DT2	0,65	0,68	0,72	0,67	0,72	0,70	0,85			0,68
110DT3	0,46	0,54	0,61	0,61	0,59					0,51
120DT1	0,89	0,87	0,84	0,83	0,85	0,88	1,10	1,17	1,13	0,95
120DT2	0,63	0,63	0,60	0,62	0,71	0,76	0,89			0,67
120DT3	0,44	0,51	0,52	0,53						0,51
130DT1	0,88	0,81	0,79	0,78	0,73	0,72	1,11	1,19	1,08	1,04
130DT2	0,55	0,57	0,55	0,66	0,60	0,64				0,62
130DT3	0,46	0,47	0,52	0,58	0,66					0,53
140pDT1	0,90			0,82	0,76	0,64	1,09	1,08	0,99	0,94
140pDT2	0,66	0,64	0,62	0,71	0,59	0,56	0,85			0,63
140pDT3	0,47	0,48	0,49	0,61	0,48	0,42				0,49
300pDT1	0,90	0,71	0,81	0,58	0,67	0,66	0,85	0,79	0,86	0,78
300pDT2	0,72	0,64	0,62	0,59	0,61	0,62	0,75	0,77		0,64
300pDT3	0,50	0,49	0,45	0,48	0,49					0,50
400pDT1	0,68	0,69	0,65	0,78	0,66	0,68	0,93	0,99	0,80	0,81
400pDT2	0,69	0,62	0,64	0,64	0,61	0,61	0,78			0,63
400pDT3	0,55	0,56	0,54	0,50	0,55					0,55
Alle	0,60	0,59	0,57	0,61	0,69	0,74	1,01	1,03	0,95	0,70

# Privatøkonomiske beregningsforudsætninger

Ved beregning af privatøkonomien er der anvendt forudsætninger og antagelser som angivet i det følgende. Alle priser er 2017-priser. Energipriserne i de privatøkonomiske opgørelser er inkl. afgifter, svarende til den energipris, som private forbrugere, erhverv og offentlige institutioner mv. betaler for energi til rumopvarmning. Priserne er opgjort uden moms.

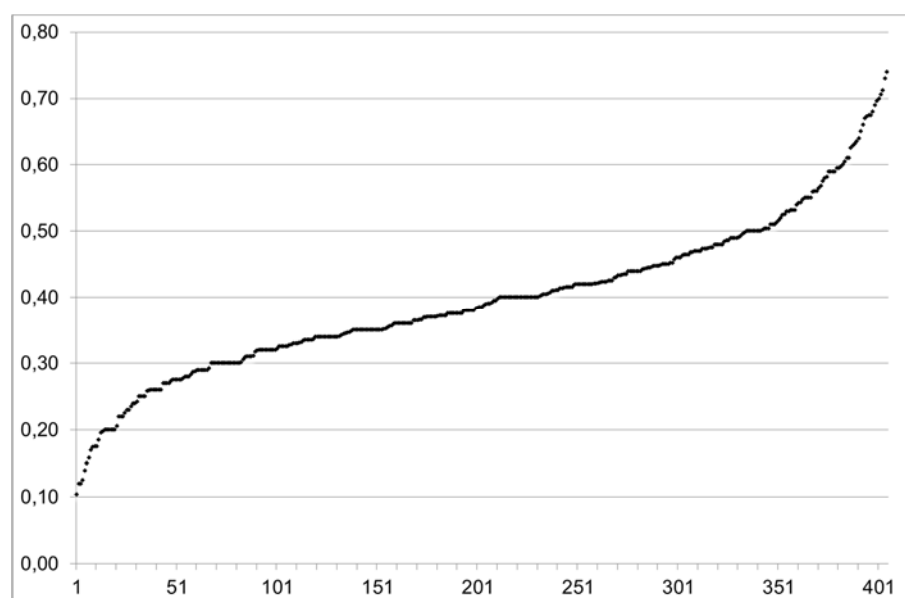
Der er taget udgangspunkt i dagens energipriser og lånebetingelser.

## Energipriser

I tabel 39 er vist de anvendte energipriser i kr./kWh eksklusive moms. Priserne er baseret på Energitilsynets statistik for 1. kvartal 2017. For el er anvendt prisen til rumopvarmning, som har en lavere afgift end andet elforbrug i boliger mv. For varmepumper er antaget en gennemsnitlig COP på 3,00.

Tabel 39. Privatøkonomisk energipris i 2017 i kr./kWh ekskl. moms og indregnet energiprisstigning i % p.a..

Brændsel	Energipris 2017	Prisstigning
	kr./kWh	% p.a.
Naturgas	0,52	1,6
Fjernvarme	0,40	1,1
El (elvarme)	1,20	1,1
El (varmepumpe)	0,40	1,1



Figur 3 Fjernvarmepris i kr./kWh ekskl. moms for de danske fjernvarmeværker. Direkte variabel forbrugsafhængig andel.

Der er stor forskel på fjernvarmeprisen for de forskellige forsyningsselskaber. I figur 3 er vist den direkte variable forbrugsafhængige fjernvarmepris i kr./kWh eksklusive moms for de godt 400 forsyningsselskaber i Energitilsynets

nets statistik. Den gennemsnitlige direkte variable forbrugsafhængige fjernvarmepris er 0,37 kr./kWh ekskl. moms. I dette er kun inkluderet den direkte variable udgift i afregningen. Af den samlede udgift til fjernvarmen udgør den direkte variable udgift ca. 2/3. Resten er forskellige former for abonnement og bidrag. En del fjernvarmeselskaber har dog en afregningssystematik, hvor dele af bidraget eller abonnementet afhænger af effektbehovet eller de foregående års varmeforbrug. Derved bliver dele af det, der normalt opfattes som en fast udgift til fjernvarmen, faktisk en variabel udgift, som afhænger af effektbehovet eller tidligere års forbrug.

For naturgas udgør afgifterne ca. 1/2-delen af den samlede pris eksklusive moms. For fjernvarme udgør afgifterne ca. 0,10 kr./kWh og for el til opvarmning er det ca. 0,40 kr./kWh eksklusive PSO-afgiften. Ved bestemmelse af prisstigningen i de privatøkonomiske priser er det antaget, at afgifterne fastholdes, og det kun er selve energiprisen, som stiger. Prisstigningen på energi er opgjort eksklusive inflation og i 2017 priser.

Prisstigningen i % p.a. er bestemt ud fra data i 'Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner', Energistyrelsen, maj 2017. Disse data er igen baseret på fremskrivningen af energiforsyningen frem mod 2030 i 'Energistyrelsens Basisfremskrivning 2017' fra marts 2017. De anvendte prisstigninger tager således ikke højde for den nødvendige omstilling af energiforsyningen efter 2030 op mod slutmålet i 2050 om fossilfri energiforsyning, herunder udbygning af den nødvendige kapacitet til at dække spidslaster, forstærkning af transmissionssystemet og udvikling af løsninger til effektudjævning. Disse udfordringer vil formodentlig gøre, at der ved fastlæggelse af forbrugerprisen på energi fremover vil blive større fokus på effektspidserne, som igen hænger sammen med den dimensionerende varmeeffekt. Men da viden om den fremtidige udvikling mangler, er det ikke muligt at inddrage dette i beregningerne. Det har derfor været nødvendigt at basere beregningerne alene på en forventet stigning i kWh-priserne.

Da netto prisstigning på energi er positiv for de relevante forsyningsformer, vil økonomien i at investere i varmebesparelser blive gunstigere over årene. Men da renovering af bygninger normalt er drevet af andre forhold end ønsket om varmebesparelser, giver det ikke mening at spekulere i systematisk at udsætte renoveringerne.

## Lånerente og opgørelsesperiode

Ved bestemmelse af privatøkonomien er der anvendt en realrente på 1,0 % p.a. Denne er fastsat under hensyn til den faktiske rente og inflationen de senere år samt muligheden for at fradrage renteudgifter. For boliger er økonomien opgjort over 30 år, mens den for andre bygninger er opgjort over 20 år i overensstemmelse med de løbetider for belåning, der er sædvanlige for de pågældende bygningstyper.

Lånerente, opgørelsesperiode og restværdi er i øvrigt bestemt som fastlagt i EU-kommissionens DELEGATED REGULATION (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 om beregning af Cost-Optimal Levels og den supplerende guideline. Restværdien er opgjort i henhold til EU-reguleringen ved lineær afskrivning og anvendelse af realrenten på 1,0 % p.a. Med denne rente bliver diskonteringsfaktoren for 20 år 0,820 og diskonteringsfaktoren for 30 år 0,742. En renoveret bygningsdel med en restlevetid på 40 år efter renoveringen vil således i boliger efter de 30 års opgørelsesperiode blive indregnet med en diskonteret restværdi på:  $0,742 \cdot (40 \text{ år} - 30 \text{ år}) / 40 \text{ år} = 0,19$  af initialinvesteringen.

## Varmeforsyning

Varmeforsyningsmulighederne har også betydning for privatøkonomien.

Nedenfor er opgjort den nuværende varmforsyning til den eksisterende bygningsmasse i henhold til BBR. Varmeforsyning skal her forstås meget overordnet, altså om det er fx fjernvarme, naturgas, olie, individuelle varmepumper eller andet, som fx kunne være brændeovne eller direkte elvarme.

Kendskab eller forventning til den fremtidige varmforsyning er nødvendig for at kunne vurdere privatøkonomien ved varmebesparelser i bygningerne.

Den mulige fremtidige varmforsyning til eksisterende bygninger vil i nogen udstrækning være betinget af den eksisterende varmforsyning, muligheden for omlægning og de betingelser, der i øvrigt er omkring bygningerne fx om det er åbent land eller bymæssig bebyggelse.

I tabel 40 er vist den eksisterende varmforsyning til bygningerne, opgjort som andel af bygninger med henholdsvis fjernvarme, naturgas, olie, varmepumpe eller andet. I tabel 41 er det samme opgjort i forhold til etagearealet af bygninger med de forskellige varmforsyninger.

Stuehusene er i dag primært opvarmet med olie eller andet, fx brænde, træpiller og flis. Der er dog allerede ca. 10 pct. af stuehusene, som har varmepumper.

Parcelhusene er for ca. 44 pct. vedkommende forsynet med fjernvarme, 39 pct. har naturgas eller olie og 13 pct. har anden opvarmning. I parcelhusene er der bare 4 pct., som har varmepumper.

Række- og kædehusene er for ca. 66 pct. vedkommende forsynet med fjernvarme og 22 pct. har naturgas. De resterende 12 pct. har anden varmforsyning, herunder 4 pct. med olie og 1 pct. med varmepumpe.

Tabel 40. Andel af antal bygninger med forskellig type varmforsyning.

	Stuehuse	Parcelhuse	Række-/kædehuse	Etageboliger og lign.	Handel og service	Institutioner
Fjernvarme	1,8	44,0	65,7	77,2	35,8	46,4
Naturgas	2,6	24,0	21,4	9,3	12,6	15,3
Olie	45,8	14,9	3,7	6,5	12,8	10,2
Varmepumpe	10,0	3,6	0,9	0,7	1,1	1,1
Andet	39,8	13,5	8,2	6,4	37,7	27,0

Tabel 41. Andel af etageareal med forskellig type varmforsyning.

	Stuehuse	Parcelhuse	Række-/kædehuse	Etageboliger og lign.	Handel og service	Institutioner
Fjernvarme	1,9	43,4	67,1	88,1	55,6	70,9
Naturgas	2,7	24,2	20,7	6,7	18,6	15,6
Olie	44,1	14,8	3,9	3,2	8,8	6,3
Varmepumpe	10,8	4,2	1,1	0,3	0,5	0,6
Andet	40,6	13,4	7,2	1,8	16,4	6,6

77 pct. af etageboligerne og 88 pct. af etageboligarearealet er opvarmet med fjernvarme. Når der er væsentlig forskel på de to andele, skyldes det, at kategorien også omfatter tofamiliehuse og andre mindre beboelsesbygninger



med vandret lejlighedsskel, som er mindre end traditionelle etageejendomme. Disse ligger oftest i områder med almindelige parcelhuse og derfor har den samme varmforsyning som disse. Større etageejendomme er således i meget stor udstrækning tilsluttet fjernvarme. Til gengæld er varmepumper meget sjældne.

For handel og service samt institutioner er det hhv. 36 og 46 pct. af bygninger, som er opvarmet med fjernvarme, mens det er hhv. 56 og 71 pct. af etagearealet. Også her er det primært de større ejendomme, som er tilsluttet fjernvarme. Resten af bygningerne er opvarmet med naturgas, olie eller andet, herunder ca. 1 pct. med varmepumper.

Det må forventes, at varmforsyningen på sigt primært vil komme til at bestå af fjernvarme og individuelle varmepumper, hvor fjernvarme vil dominere i byerne og individuelle varmepumper vil dominere ude på landet. I forstæder og mindre byer vil der formodentlig kunne være enten fjernvarme eller individuelle varmepumper, afhængigt af hvad der allerede er i dag, og hvordan forsyningen udvikler sig.

# Privatøkonomi

I dette afsnit er opgjort privatøkonomien ved investering i varmebesparelser i den eksisterende bygningsmasse. Privatøkonomi dækker her også økonomien for erhvervsvirksomheder og offentlige institutioner. Økonomien er opgjort med anvendelse af forudsætningerne i forrige afsnit.

Økonomien er opgjort henholdsvis som:

- nu-værdien af investeringen,
- returnering af investeringen,
- marginal returnering af investeringen.

## Nu-værdi

Den samlede nu-værdi ved investeringen i varmebesparelsen ved renovering af en bygningsdel er opgjort ved at:

- diskontere de fremtidige varmebesparelser tilbage til investeringstidspunktet med nu-værdimetoden,
- tillægge restværdien ved afslutning af opgørelsesperioden diskonteret tilbage til investeringstidspunktet,
- fratrække selve investeringen i forbedringen af bygningsdelen.

En positiv nu-værdi er udtryk for at investeringen giver overskud alt inklusive, herunder også eventuelle lån eller forrentning.

Den samlede nu-værdi af investeringen i varmebesparelserne er opgjort med scenarie 1 som reference, da scenarie 1 svarer til den basale renovering af bygningsdelene, som opfylder mindstekrav til byggeteknik og indeklima under hensyn til risiko for fugtskader og skimmelsvamp.

I tabel 42 er den samlede nu-værdi vist for bygninger opvarmet med naturgas. Nu-værdien er positiv for alle scenarier og bygningstyper. Nu-værdien falder dog lidt fra scenarie 5 til scenarie 6 og efterfølgende noget mere fra scenarie 6 til scenarie 7. Dette er et udtryk for, at det samlede overskud bliver mindre. Vedrørende optimering af overskuddet, se senere under marginal økonomi. For fx parcelhusene og scenarie 5 svarer det til en nuværdi på 261 kr./m<sup>2</sup> etageareal.

Tabel 42. Samlet nu-værdi af investeringen i varmebesparelser i Mkr. Naturgas. Dagens priser.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	2.069	3.992	6.110	6.851	6.815	6.573
Parcelhuse	-	9.397	26.229	38.180	42.349	42.234	39.732
Række-/kædehuse	-	755	4.628	6.110	6.709	6.742	6.179
Etageboliger og lign.	-	4.550	13.489	16.503	18.099	18.076	17.613
Handel og service	-	978	5.320	7.559	8.335	8.073	7.621
Institutioner	-	688	2.882	4.154	4.593	4.446	4.127
Samlet	-	18.437	56.541	78.617	86.935	86.386	81.845

I tabel 43 er den samlede nu-værdi vist for bygninger opvarmet med fjernvarme eller individuel varmepumpe. Opvarmning med fjernvarme og med in-

dividuelle varmepumper er vist sammen, da de har samme varmepris i udgangspunktet. Også her er nu-værdien positiv for alle scenarier og bygningstyper. Nu-værdien af investeringen er generelt lidt lavere end i de naturgas-opvarmede bygninger på grund af den lavere varmepris. Det ses også, at der her er større forskel på scenarie 5 og scenarie 6.

Tabel 43. Samlet nu-værdi af investeringen i varmebesparelser i Mkr. Fjernvarme eller individuel varmepumpe. Dagens priser.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	1.417	2.683	4.018	4.196	3.779	3.475
Parcelhuse	-	6.436	17.535	25.000	25.412	22.549	19.395
Række-/kædehuse	-	517	3.075	3.998	3.834	3.296	2.579
Etageboliger og lign.	-	3.116	9.008	10.934	11.501	10.907	10.316
Handel og service	-	687	3.616	5.125	5.235	4.485	3.906
Institutioner	-	484	1.965	2.808	2.856	2.439	2.041
Samlet	-	12.657	37.882	51.883	53.034	47.456	41.713

I tabel 44 er vist den samlede nu-værdi for bygninger opvarmet med fjernvarme eller individuel varmepumpe, hvis det på sigt forudsættes at renoveringsarbejderne udføres mere effektivt og investeringsbehovet derved reduceres med 10 pct. Dette ses at forøge nu-værdien lidt for alle scenarier og bygningstyper. For fx scenarie 5 er det samlet 3.141 Mkr. som nu-værdien forøges.

Tabel 44. Samlet nu-værdi af investeringen i varmebesparelser i Mkr. Fjernvarme eller individuel varmepumpe. 10 pct. bedre kosteffektivitet.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	1.435	2.736	4.130	4.428	4.147	3.889
Parcelhuse	-	6.520	17.918	25.739	27.033	25.131	22.453
Række-/kædehuse	-	524	3.149	4.117	4.157	3.813	3.206
Etageboliger og lign.	-	3.157	9.208	11.209	11.972	11.578	11.077
Handel og service	-	697	3.714	5.268	5.547	5.004	4.516
Institutioner	-	491	2.015	2.890	3.038	2.736	2.399
Samlet	-	12.823	38.741	53.353	56.175	52.408	47.540

I tabel 45 er vist den samlede nu-værdi for bygninger opvarmet med individuel varmepumpe, hvis el-afgiften reduceres med 0,15 kr./kWh til 0,25 kr./kWh og varmen dermed bliver 0,05 kr./kWh billigere under hensyn til varmepumpens forventede COP på 3,00. Dette ses at forrykke maksimumspunktet for nu-værdien til mellem scenarie 4 og 5. Værdierne for etageboliger, handel og service samt institutioner er medtaget for fuldstændighedens skyld, da størstedelen af disse må forventes opvarmet med fjernvarme.

Tabel 45. Samlet nu-værdi af investeringen i varmebesparelser i Mkr. Individuel varmepumpe. Reduceret elafgift.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	1.217	2.281	3.375	3.380	2.846	2.523
Parcelhuse	-	5.526	14.866	20.952	20.211	16.503	13.149
Række-/kædehuse	-	444	2.597	3.349	2.951	2.238	1.474
Etageboliger og lign.	-	2.676	7.631	9.224	9.475	8.705	8.075
Handel og service	-	590	3.042	4.305	4.191	3.277	2.655
Institutioner	-	415	1.655	2.355	2.271	1.763	1.339
Samlet	-	10.868	32.073	43.560	42.479	35.333	29.215

## Samlet returnering af investering

Den samlede privatøkonomiske returnering af investeringen i varmebesparelserne er opgjort i det følgende. Returneringsfaktoren er et udtryk for, hvor god investeringen er. Scenarie 1 er igen anvendt som reference, da scenarie 1 svarer til den basale renovering af bygningsdelene, som opfylder mindstekrav til byggeteknik og indeklima under hensyn til risiko for fugtskader og skimmelsvamp. En returneringsfaktor på 1,00 betyder, at investeringen netop bliver tilbagebetalt over opgørelsesperioden på 30 år for boliger og 20 år for andre bygninger under hensyn til værdien af varmebesparelserne, renteudgifter og en mindre restværdi diskonteret til investeringstidspunktet, svarende til det der er med i nu-værdien. Er faktoren større end 1,00, er der overskud på investeringen. Er faktoren mindre end 1,00 betyder det, at investeringen kun bliver delvist tilbagebetalt.

I tabel 46 er den samlede returnering af investeringen vist for bygninger opvarmet med naturgas. Forudsætningerne svarer til dem, der er anvendt i tabel 42 ved beregning af den samlede nu-værdi. Den samlede returnering af investeringen er størst for de første scenarier, men falder over scenarierne. Den er dog tydeligt større end 1,00 for alle scenarier og bygningstyper.

Tabel 46. Returnering af investering i varmebesparelser. Naturgas. Dagens priser. Samlet økonomi.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	8,05	7,23	5,47	3,35	2,48	2,27
Parcelhuse	-	8,03	7,07	5,39	3,13	2,32	2,05
Række-/kædehuse	-	8,12	6,92	5,58	2,73	2,07	1,81
Etageboliger og lign.	-	8,03	7,01	6,22	4,18	3,22	2,90
Handel og service	-	5,67	4,75	4,44	2,60	1,92	1,74
Institutioner	-	5,72	4,82	4,25	2,50	1,88	1,68
Samlet	-	7,73	6,56	5,36	3,14	2,33	2,07

I tabel 47 er den samlede returnering af investeringen vist for bygninger opvarmet med fjernvarme eller individuel varmepumpe. Det ses, at returneringsfaktoren for investeringen i varmebesparelserne er lidt lavere for bygninger opvarmet med fjernvarme eller individuelle varmepumper, end den er for bygninger opvarmet med naturgas. Den er dog tydeligt større end 1,00 for alle scenarier og bygningstyper, med en mindste værdi på 1,34 for række-/kædehuse og institutioner i scenarie 7.

Tabel 47. Returnering af investering i varmebesparelser. Fjernvarme eller individuel varmepumpe. Dagens priser. Samlet økonomi.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	5,83	5,18	3,94	2,44	1,82	1,67
Parcelhuse	-	5,81	5,06	3,88	2,28	1,71	1,51
Række-/kædehuse	-	5,88	4,93	4,00	1,99	1,52	1,34
Etageboliger og lign.	-	5,81	5,02	4,46	3,02	2,34	2,12
Handel og service	-	4,28	3,55	3,33	2,01	1,51	1,38
Institutioner	-	4,32	3,60	3,20	1,93	1,48	1,34
Samlet	-	5,62	4,73	3,88	2,31	1,73	1,55

I tabel 48 er vist den samlede returnering af investeringen for bygninger opvarmet med fjernvarme eller individuel varmepumpe, hvis renoveringsarbejderne udføres mere effektivt og investeringsbehovet dermed reduceres med 10 pct. Dette ses at forøge returneringsfaktoren lidt for alle scenarier og bygningstyper, således at mindste værdien øges til 1,44 for institutioner i scenarie 7.

Tabel 48. Returnering af investering i varmebesparelser. Fjernvarme eller individuel varmepumpe. 10 pct. bedre kosteffektivitet. Samlet økonomi.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	6,43	5,74	4,36	2,69	2,00	1,84
Parcelhuse	-	6,42	5,61	4,29	2,51	1,88	1,66
Række-/kædehuse	-	6,49	5,47	4,43	2,19	1,67	1,47
Etageboliger og lign.	-	6,42	5,56	4,94	3,34	2,58	2,33
Handel og service	-	4,69	3,91	3,66	2,19	1,64	1,49
Institutioner	-	4,74	3,97	3,51	2,10	1,60	1,44
Samlet	-	6,20	5,24	4,29	2,54	1,90	1,69

I tabel 49 er vist den samlede returnering af investeringen i varmebesparelser for bygninger opvarmet med individuel varmepumpe, hvis el-afgiften reduceres med 0,15 kr./kWh til 0,25 kr./kWh og varmen dermed bliver 0,05 kr./kWh billigere under hensyn til varmepumpens forventede COP på 3,00. Forudsætningerne svarer til dem, der er anvendt i tabel 45 ved beregning af den samlede nu-værdi. Det ses, at den samlede returnering af investeringen stadig er større end 1,00 for alle scenarier og bygningstyper, men at mindste værdi er faldet til 1,19 for række-/kædehuse i scenarie 7. Værdierne for etageboliger, handel og service samt institutioner er mest medtaget for fuldstændighedens skyld, da størstedelen af disse forventes opvarmet med fjernvarme.

Tabel 49. Returnering af investering i varmebesparelser. Individuel varmepumpe. Reduceret elafgift. Samlet økonomi.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	5,15	4,56	3,47	2,16	1,62	1,49
Parcelhuse	-	5,13	4,44	3,41	2,02	1,52	1,35
Række-/kædehuse	-	5,19	4,32	3,51	1,76	1,36	1,19
Etageboliger og lign.	-	5,13	4,40	3,92	2,67	2,07	1,87
Handel og service	-	3,81	3,14	2,96	1,81	1,37	1,26
Institutioner	-	3,85	3,19	2,84	1,74	1,35	1,22
Samlet	-	4,97	4,16	3,42	2,05	1,55	1,38

## Marginal returnering af investering

I dette afsnit er opgjort den marginale privatøkonomi returnering af investeringen i varmebesparelser i den eksisterende bygningsmasse. Ved opgørelsen er der anvendt returneringsfaktoren for investeringen, men her beregnet fra scenarie til scenarie. Marginaløkonomien for fx scenarie 5 er således beregnet ud fra den ekstra investering i varmebesparelser i scenarie 5 i forhold til i scenarie 4 og de dertil knyttede varmebesparelser og den økonomi, som følger med dem. Forudsætningerne svarer i øvrigt til dem, der er anvendt i det forrige afsnit ved beregning af den samlede returnering af investeringen i varmebesparelser.

I tabel 50 er den marginale returnering af investeringen vist for bygninger opvarmet med naturgas. Den marginale returnering af investeringen er størst for de første scenarier, men falder over scenarierne, således at den er ca. 1,00 for scenarie 6, lidt afhængig af bygningstype.

Tabel 50. Returnering af investering i varmebesparelser. Naturgas. Dagens priser. Marginal økonomi for scenariet.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	8,05	6,53	3,92	1,48	0,98	0,57
Parcelhuse	-	8,03	6,64	3,73	1,37	0,99	0,57
Række-/kædehuse	-	8,12	6,73	3,69	1,24	1,01	0,58
Etageboliger og lign.	-	8,03	6,60	4,29	1,63	0,99	0,58
Handel og service	-	5,67	4,59	3,88	1,26	0,93	0,71
Institutioner	-	5,72	4,60	3,43	1,24	0,93	0,69
Samlet	-	7,73	6,13	3,81	1,37	0,98	0,60

I tabel 51 er den marginale returnering af investeringen vist for bygninger opvarmet med fjernvarme eller individuel varmepumpe. Det ses, at returneringsfaktoren for investeringen i varmebesparelserne er lidt lavere for bygninger opvarmet med fjernvarme eller individuelle varmepumper, end den er for bygninger opvarmet med naturgas. I bygninger opvarmet med fjernvarme eller individuel varmepumpe er returneringsfaktoren ca. 1,05 for scenarie 5, lidt afhængig af bygningstype, mens den er ca. 0,77 for scenarie 6.

Tabel 51. Returnering af investering i varmebesparelser. Fjernvarme eller individuel varmepumpe. Dagens priser. Marginal økonomi for scenariet.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	5,83	4,64	2,84	1,11	0,75	0,46
Parcelhuse	-	5,81	4,72	2,71	1,04	0,76	0,46
Række-/kædehuse	-	5,88	4,78	2,68	0,94	0,78	0,47
Etageboliger og lign.	-	5,81	4,69	3,10	1,22	0,76	0,47
Handel og service	-	4,28	3,42	2,94	1,04	0,79	0,63
Institutioner	-	4,32	3,43	2,61	1,03	0,79	0,62
Samlet	-	5,62	4,40	2,78	1,05	0,77	0,50

I tabel 52 er vist den marginale returnering af investeringen for bygninger opvarmet med fjernvarme eller individuel varmepumpe, hvis renoveringsarbejderne udføres mere effektivt og investeringsbehovet dermed reduceres med 10 pct. Det ses, at den marginale returneringsfaktor derved bliver ca. 1,14 for scenarie 5 og ca. 0,83 for scenarie 6.

Tabel 52. Returnering af investering i varmebesparelser. Fjernvarme eller individuel varmepumpe. 10 pct. bedre kosteffektivitet. Marginal økonomi for scenariet.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	6,43	5,16	3,14	1,21	0,82	0,49
Parcelhuse	-	6,42	5,24	2,99	1,13	0,82	0,49
Række-/kædehuse	-	6,49	5,31	2,95	1,02	0,84	0,50
Etageboliger og lign.	-	6,42	5,21	3,43	1,34	0,82	0,50
Handel og service	-	4,69	3,77	3,22	1,10	0,83	0,65
Institutioner	-	4,74	3,78	2,85	1,09	0,83	0,64
Samlet	-	6,20	4,88	3,06	1,14	0,83	0,53

I tabel 53 er vist den samlede returnering af investeringen i varmebesparelser for bygninger opvarmet med individuel varmepumpe, hvis el-afgiften reduceres med 0,15 kr./kWh til 0,25 kr./kWh og varmen dermed bliver 0,05 kr./kWh billigere under hensyn til varmepumpens forventede COP på 3,00. Derved falder den marginale returneringsfaktor til ca. 0,95 for scenarie 5. Værdierne for etageboliger, handel og service samt institutioner er mest medtaget for fuldstændighedens skyld, da størstedelen af disse forventes opvarmet med fjernvarme.

Tabel 53. Returnering af investering i varmebesparelser. Individuel varmepumpe. Reduceret elafgift. Marginal økonomi for scenariet.

Scenarie	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	-	5,15	4,06	2,51	1,00	0,68	0,42
Parcelhuse	-	5,13	4,13	2,39	0,93	0,69	0,43
Række-/kædehuse	-	5,19	4,18	2,36	0,84	0,71	0,43
Etageboliger og lign.	-	5,13	4,11	2,74	1,10	0,69	0,43
Handel og service	-	3,81	3,03	2,62	0,96	0,74	0,60
Institutioner	-	3,85	3,04	2,33	0,95	0,74	0,59
Samlet	-	4,97	3,86	2,46	0,95	0,70	0,47

# Referencer

Potentielle varmebesparelse ved løbende bygningsrenovering frem til 2050, SBI 2013:08. Wittchen, Kim B.; Kragh, Jesper & Aggerholm, Søren. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. København, 2014.

Bygnings- og boligregisteret, BBR. [www.bbr.dk](http://www.bbr.dk). (2017)

Energimærkning af bygninger. [www.ens.dk](http://www.ens.dk). (2017)

Energistatistik 2015. Energistyrelsen, 2016.

Bygningsreglement 2015, BR 15. Trafik-, bygge- og boligstyrelsen, 1. juli 2017. [www.bygningsreglementet.dk](http://www.bygningsreglementet.dk). (2017)

Enhedspriser til beregning af omkostninger ved varmebesparelser. Niras. Notat til Energistyrelsen, 29. marts 2017.

Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet. Energistyrelsen, april 2005.

Opdateret tillægsblad om kalkulationsrente, levetid og reference til Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet. Energistyrelsen, juni 2013.

Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner. Energistyrelsen, maj 2017.

Basisfremskrivning 2017. Energistyrelsen, marts 2017.

COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements.

NOTICES FROM EUROPEAN UNION INSTITUTIONS, BODIES, OFFICES AND AGENCIES EUROPEAN COMMISSION. Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements (2012/C 115/01).





Denne rapport er bestilt af Energistyrelsen, som har ønsket at få beregnet potentialet for varmebesparelser i den eksisterende bygningsmasse og de hermed forbundne investeringer samt disses rentabilitet for bygningsejerne.

I lyset af den danske regerings målsætning om en fossilfri energiforsyning i 2050 er det vigtigt at være opmærksom på potentialet for varmebesparelser. Opvarmning af bygninger tegner sig for op mod en tredjedel af det samlede danske energiforbrug, og derfor kan varmebesparelser være en nøgelfaktor til reduktion af den nødvendige kapacitet af fremtidens vedvarende energiforsynings-system.

Rapportens beregninger viser bl.a., at hvis den samlede danske bygningsmasse i forbindelse med nødvendig renovering også bliver energieffektiviseret til et niveau svarende til kravene i det gældende bygningsreglement (BR15 og BR18), ville det nedbringe varmemeforbruget med en tredjedel. Den samlede investering i energieffektiviseringen ville være ca. 40 mia. kroner, og investeringen ville være særdeles rentabel for bygningsejerne, idet de over en 30-årig periode ville få deres investeringer tilbage mellem to og tre gange, varierende med hvilken energikilde den enkelte bygningsejer anvender til rumopvarmning.

Rapporten konkluderer intet om, hvilket niveau af varmebesparelser der vil være samfundsøkonomisk optimalt. For at kunne svare på dette vil det være nødvendigt også at foretage økonomiske analyser af det fremtidige energiforsyningssystem.

Rapporten ledsages af et regneark i Microsoft Excel-format med resultaterne af beregningerne af varmebesparelser og investeringsbehov for de syv forskellige scenarier, som indgår i rapporten.