

# VARMEBESPARELSER VED LØBENDE BYGNINGSRENOVERING FREM TIL 2050

KIM B WITTCHEN  
SENIORFORSKER, CIV.ING.

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT SBI  
AALBORG UNIVERSITET, KØBENHAVN



**DANISH BUILDING RESEARCH INSTITUTE**  
AALBORG UNIVERSITY COPENHAGEN

## Formålet med analysen

Den nuværende regering har ændret dette til "neutralt mht. brug af fossile brændsler"

1. Danmark vil være frit for at benytte fossile brændsler – i 2035 til bygninger og i 2050 for det samlede energiforbrug) og den eksisterende bygningsmasse skal yde sit bidrag for at vi kan nå dette mål. Det danske energiforbrug til opvarmning af bygninger udgør ca. 35% af Danmarks samlede energiforbrug.
2. Skabe baggrundsinformation for den danske regering for at kunne tage beslutning om en strategi for energieffektiv opgradering af den eksisterende bygningsmasse frem mod 2050.

# Datakilder

## Energimærkningsordningens (EMO) database

- Information om termiske egenskaber og arealer for bygningskomponenter;
- Informationen er indsamlet af EMO-konsulenter i forbindelse med inspektion af bygninger som skal energimærkes.

## Bygnings og boligregisteret (BBR)

- Information om bygningernes hovedkonstruktioner, opvarmet etageareal og bygningernes alder for alle danske bygninger.
- Databasen vedligeholdes af kommunerne, men bygger på indberetninger fra bygningsejerne - er bl.a. baggrund for udskrivning af ejendomsskatter.

# Bygningsmassen er inddelt i tidstypiske byggeperioder

- 1850-1930 ➤ Skift i byggetradition
- 1931-1950 ➤ Hulmuren introduceres
- 1951-1960 ➤ Hulmuren isoleres
- 1961-1972 ➤ De første energikrav i BR61
- 1973-1978 ➤ Strammere energikrav i BR72
- 1979-1998 ➤ Strammere energikrav i BR78
- 1999-2006 ➤ Strammere energikrav i BR98
- 2007-2010 ➤ Strammere energikrav i 2006
- 2011- ➤ Strammere energikrav i BR10

# BR-krav i forbindelse med renovering og udskiftning

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

# Rentabilitet

## § 7.4.1. stk. 1

- Ved ombygning og andre forandringer i bygninger skal rentable energibesparelser i kapitel 7.4.2, stk. 1 og kapitel 8 gennemføres. Bestemmelserne vedrører isolering af ydervægge, gulve, tagkonstruktioner og vinduer m.v. samt ændringer af installationer. Kravet gælder **kun for den bygningsdel eller installation, der er omfattet af ændringen.**
  - Bilag 6 indeholder vejledning i afgrænsning af de arbejder, der er rentable.

## § 7.4.1. stk. 2

- Ved udskiftning af bygningsdele eller installationer skal bestemmelserne i kap 7.4.2, stk. 1 og stk. 3-6, og kap. 8 opfyldes uanset rentabilitet.

## § 7.4.1. stk. 2

- Kirker, fredede bygninger og bygninger, som er en del af et fredet fortidsminde er undtaget fra bestemmelserne.

# Rentabilitet

- Hvis rentabiliteten af arbejdet beregnet som:

$$r = \frac{\textit{levetid}[\text{år}] \cdot \textit{besparelse}[\frac{\text{kr}}{\text{år}}]}{\textit{investering}[\text{kr}]}$$

er mindre end 1,33 er arbejdet ikke rentabelt og ejeren er dermed ikke forpligtet til at gennemføre arbejdet.

Eller med andre ord:

*Hvis investeringen er tilbagebetalt ved en simpel tilbagebetalingstid inden for 75% af foranstaltningens levetid, så er den rentabel og skal gennemføres.*

# Normalt rentable energibesparende foranstaltninger

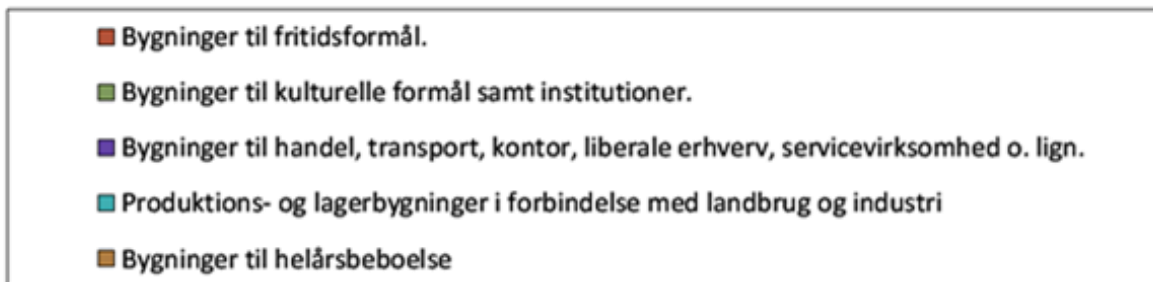
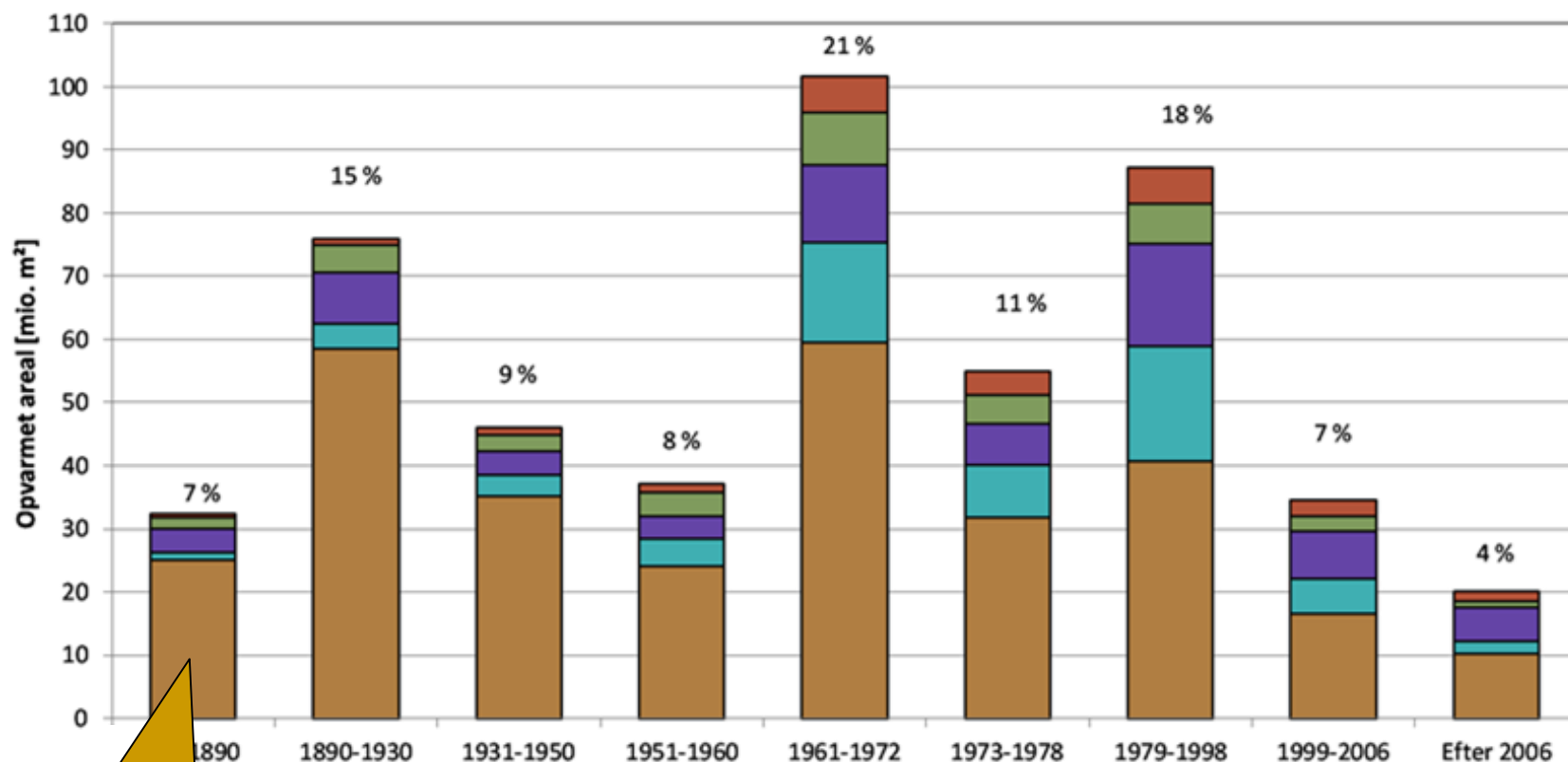
Bygningsdel	Eksisterende isolering før renovering [mm]	Samlet isoleringstykkel efter [mm]
Tilgængeligt loftrum	< 175	300
Skråvæg og loft til kip	< 200	300
Skunkrum	< 175	300
Fladt tag	< 200	250
Let ydervæg	< 150	250
Hulmur	Uisoleret	Hulmursisolering
Massiv ydervæg i tegl	-	200
Ydervægge af porebeton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



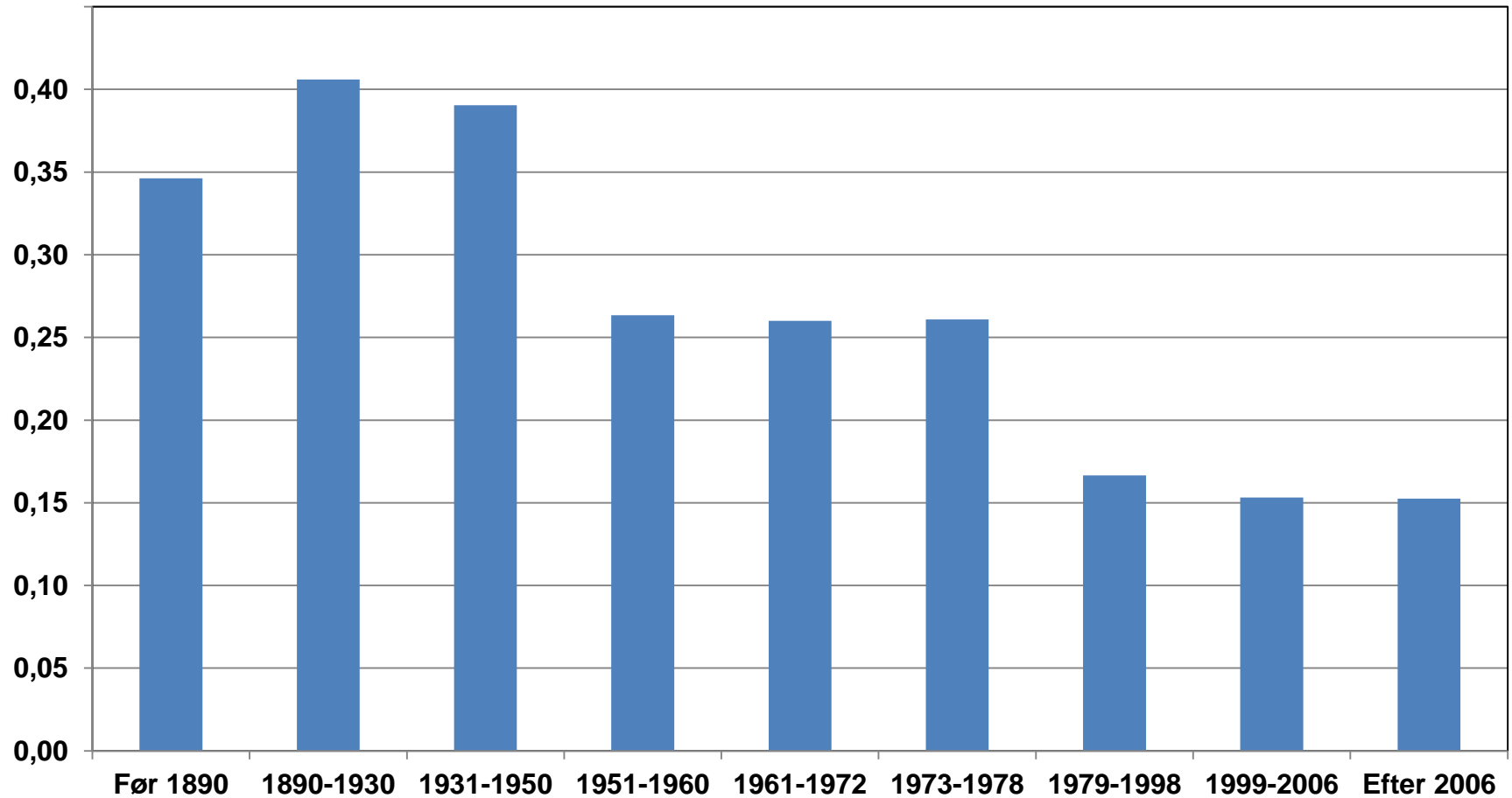
## Overholdelse af BR-krav (tage)

- Det tyder på, at der i forbindelse med 10-20 % af de gennemførte tagrenoveringer i parcelhuse ikke gennemføres den krævede efterisolering.
  - Blandt årsagerne til den manglende efterlevelse af reglerne nævner de udførende fx rentabilitet, tekniske muligheder, plads og som den mindst omfattende årsag, direkte krav fra bygningsejerne.
- For kommunale bygninger hævdes at årsagen til manglende efterisolering alene skal findes i en rentabilitetsvurdering. Ofte vil effekten af tidligere gennemført efterisolering have bragt bygningen et stykke på vej mod dagens energikrav og dermed bliver varmebesparelsen ved en yderligere forøgelse af isoleringstykkelsen ikke rentabel.
- *Det er med andre ord vigtigt ikke at lave en utilstrækkelig løsning i dag, som stiller sig i vejen for en bedre løsning i morgen!*

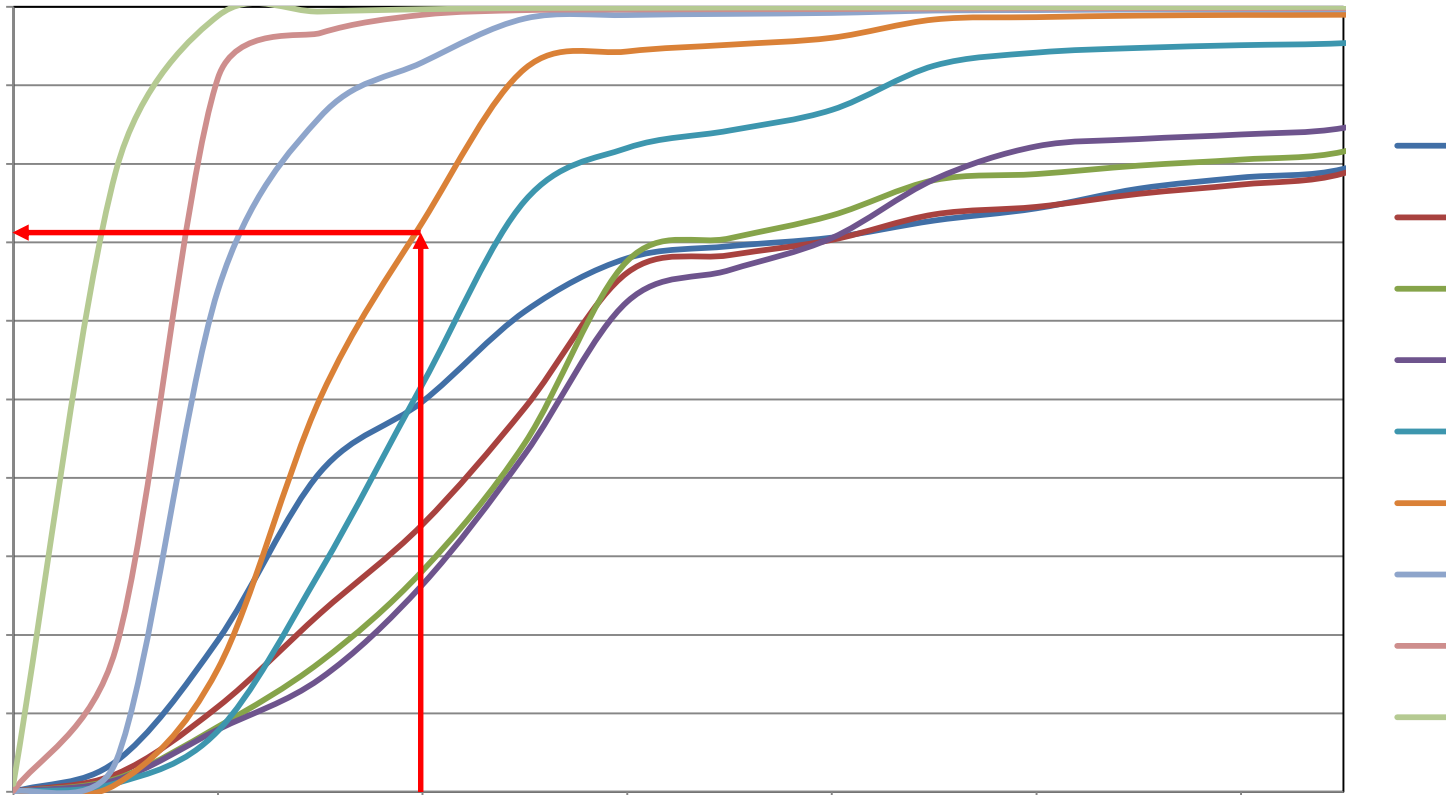
# Opvarmet etageareal i Danmark (BBR)



# Middel U-værdi for ydervægge i enfamiliehuse, jf registreringer i EMO



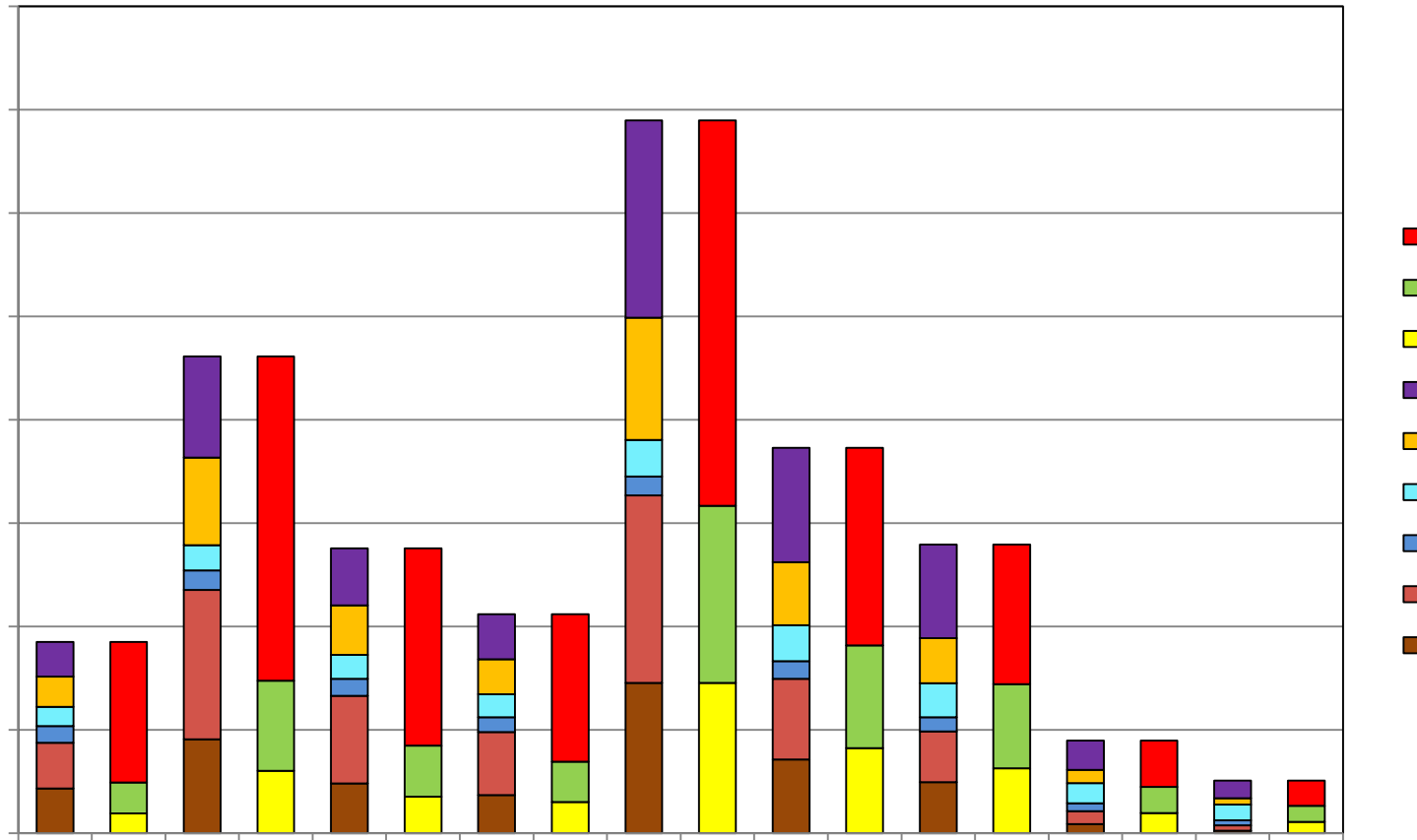
# Fordeling af U-værdier for ydervægge i enfamiliehuse



## Fortsat udvikling som hidtil (BAU)

- Der regnes med 80% overholdelse af kravene i BR ved renovering af komponenter på grund af tekniske problemer og ejernes manglende kendskab til (ønske om at følge) reglerne
- Bygningskomponenter udskiftes i den takt der kan tilskrives deres anslåede levetid
- Kun de bygningskomponenter der har en U-værdi over hvad der kan antages at give anledning til en rantabel opgradering bliver forbedrede
- Der opnås kun energibesparelser første gang en bygningskomponent udskiftes/renoveres
  - Undtaget er vinduer som er genstand for løbende forbedringer hen over perioden frem til 2050

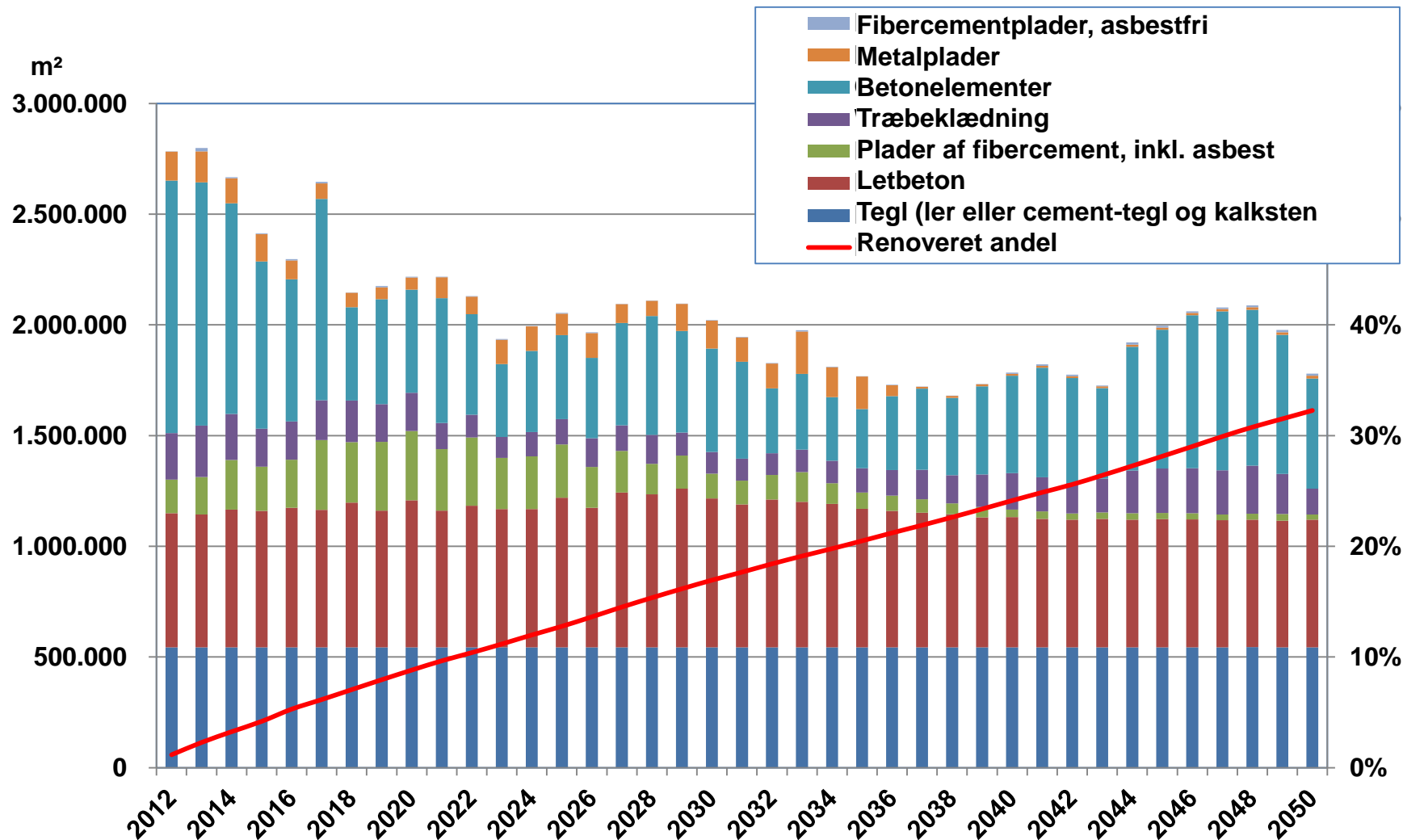
# Varmebalance for Danske bygninger, eksempel en-familieboliger



# Model for energibehov pr. opvarmet m<sup>2</sup> i forskellige bygningstyper i 2013

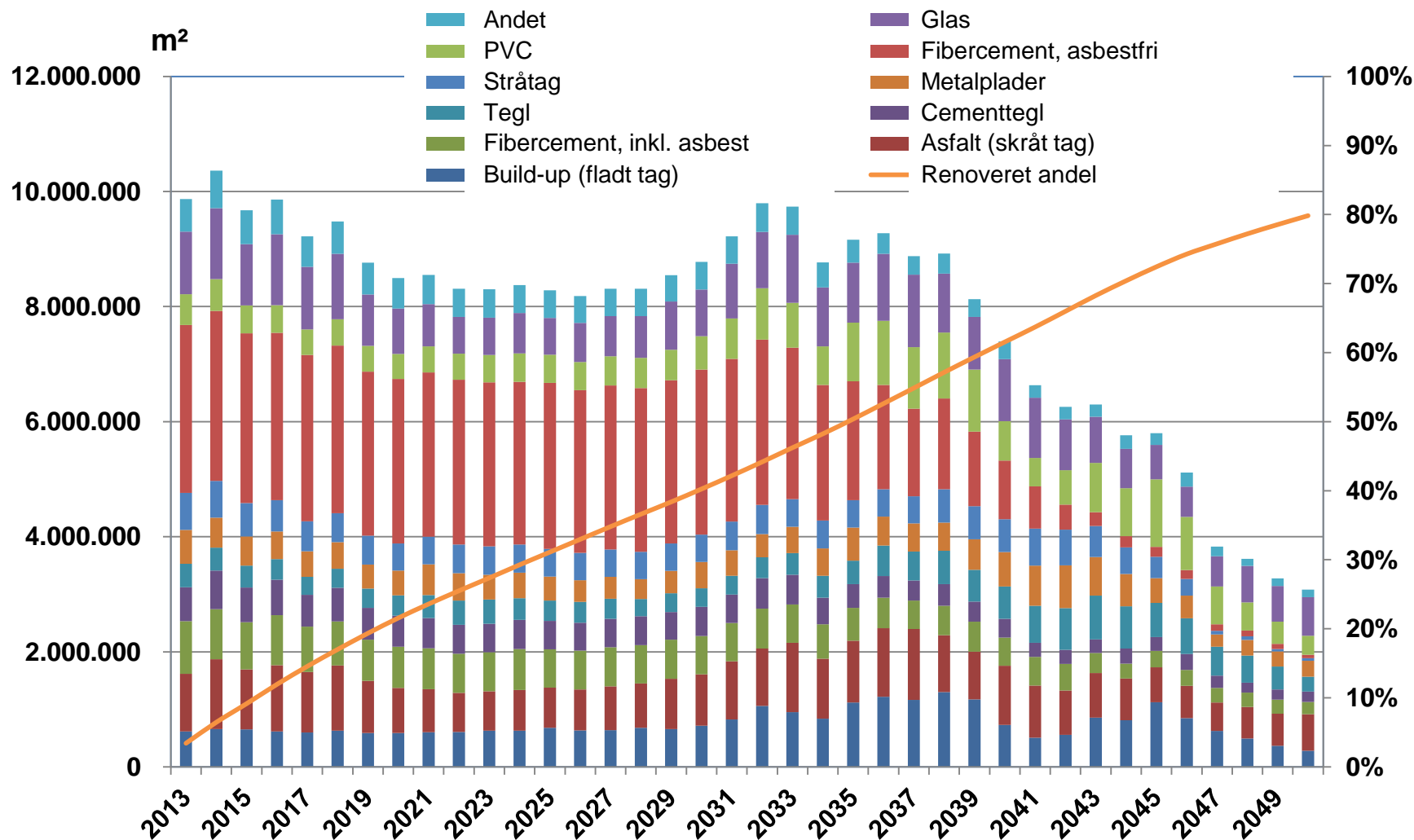
kWh/m <sup>2</sup> pr år	Før 1890	1890-1930	1931-1950	1951-1960	1961-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	Efter 2006
Stuehuse	184,3	171,4	161,8	151,2	136,2	116,9	100,3	81,0	66,6
Parcelhuse	170,3	164,7	164,1	154,9	134,3	119,8	105,4	83,9	67,3
Række/kædehuse	158,2	157,7	149,3	142,8	119,9	112,6	96,8	81,5	66,4
Etageboliger	151,1	153,9	157,0	148,0	132,3	121,0	108,5	84,0	60,7
Kollegier	137,9	149,2	136,4	145,7	130,6	139,1	131,7	84,0	58,2
Døgninstitutioner	164,1	161,9	152,3	140,2	143,2	136,9	116,0	94,1	63,3
Andre boliger	161,1	165,7	158,4	161,4	135,8	132,7	101,0	80,4	66,6
Handel/service	129,8	125,2	129,0	126,7	117,5	120,0	103,3	89,6	82,8
Hotel og service	172,0	166,5	152,4	160,9	157,2	172,0	141,8	122,6	121,1
Andre handel/serv.	82,7	119,0	123,6	107,4	125,7	139,9	116,6	102,7	96,0
Kulturbygninger	166,0	156,1	156,5	139,2	125,8	118,4	131,2	105,1	96,6
Uddannelse	126,2	136,3	141,0	133,8	135,1	145,6	115,1	100,0	86,2
Hospitaler	195,3	178,4	173,2	177,3	153,8	156,5	149,6	138,6	129,7
Daginstitutioner	170,7	181,7	173,8	171,6	172,8	166,1	143,5	133,9	115,9
Andre institutioner	177,9	175,8	178,2	201,7	179,1	169,1	139,4	135,3	117,6
Sommerhuse	205,8	162,5	150,0	176,7	154,6	126,6	134,8	90,8	73,1
Feriebygninger	139,6	150,5	172,4	112,1	137,9	122,1	125,4	68,9	35,9
Sport faciliteter	198,1	206,8	187,8	173,4	165,3	163,1	155,0	138,3	119,3
Andre rekreative b.	163,4	132,0	149,7	154,7	129,8	129,0	115,0	98,6	76,8

# Renovering af ydervægge

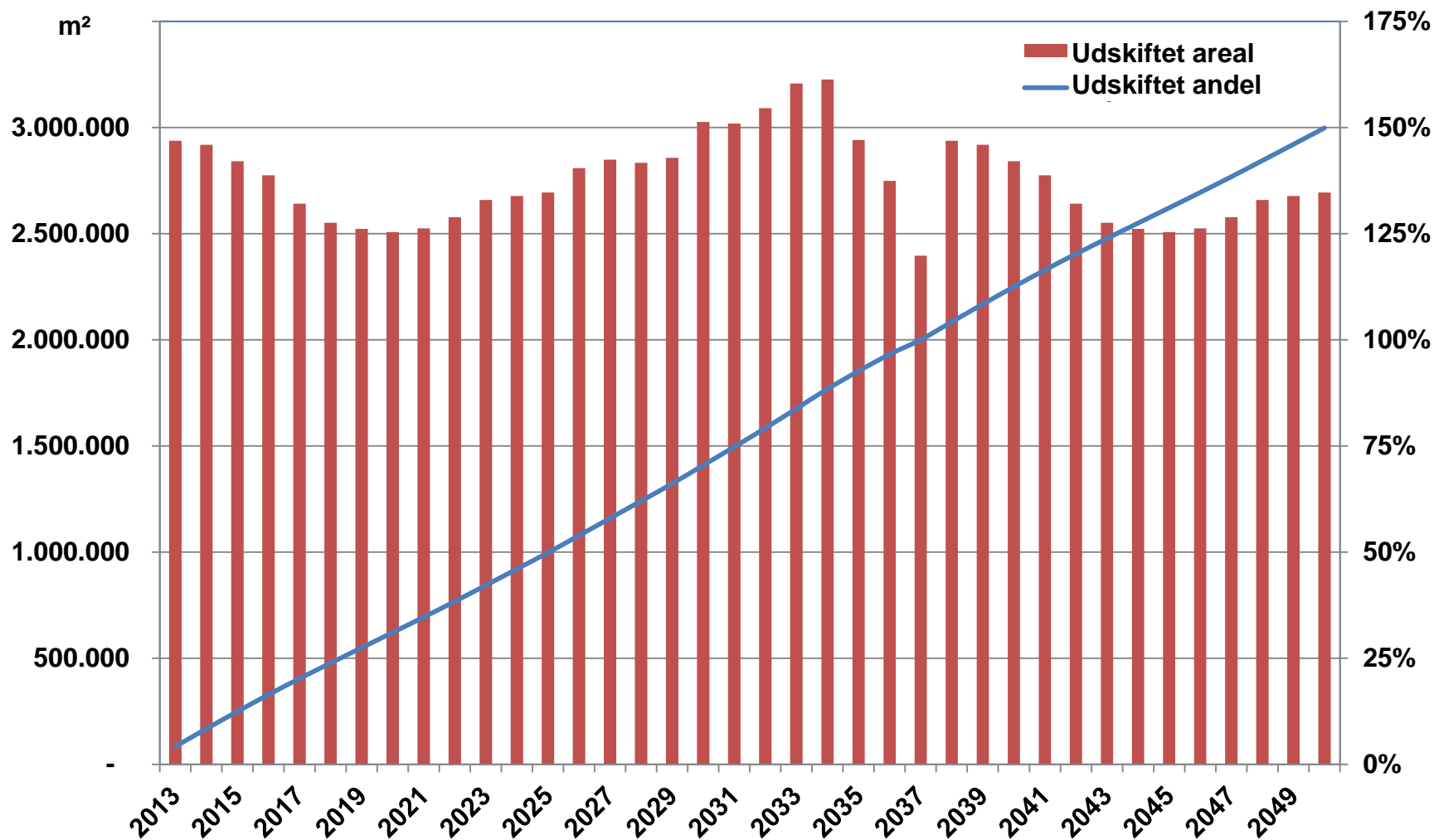




# Udskiftning af tagbeklædning



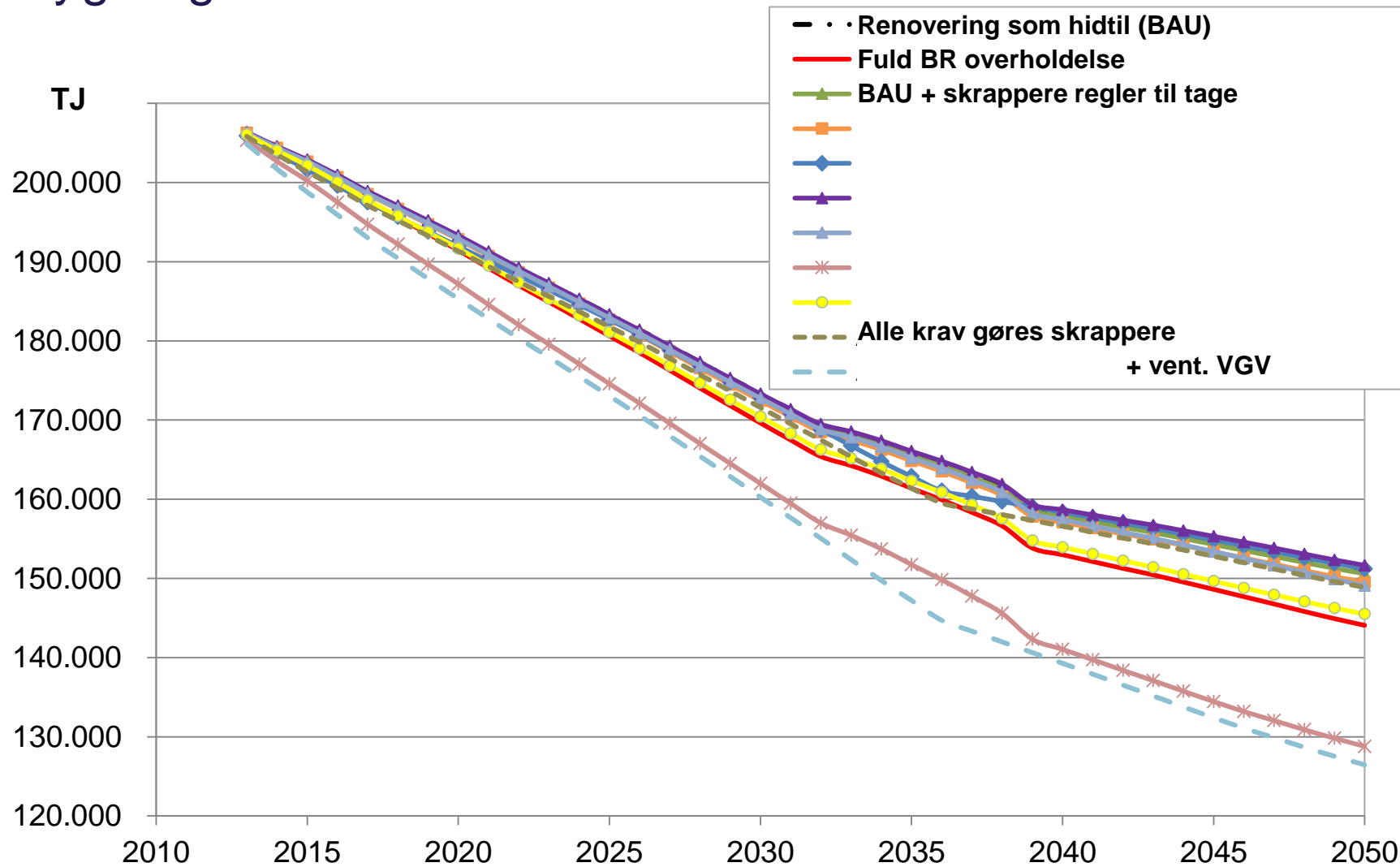
# Udskiftning af vinduer



# Model for energibehov pr. opvarmet m<sup>2</sup> i forskellige bygningstyper i 2050 v. BAU

kWh/m <sup>2</sup> pr år	Før 1890	1890-1930	1931-1950	1951-1960	1961-1972	1973-1978	1979-1998	1999-2006	Efter 2006
Stuehuse	132,4	122,1	113,8	106,2	99,2	86,5	77,4	64,6	57,4
Parcelhuse	123,3	113,3	111,4	105,0	94,7	87,8	81,0	70,3	58,8
Række/kædehuse	113,3	108,5	102,2	97,8	84,6	79,5	74,3	67,3	57,6
Etageboliger	101,9	101,6	103,4	101,3	94,8	88,2	86,3	70,5	48,9
Kollegier	99,4	104,2	95,7	97,3	97,6	103,2	99,5	72,4	48,9
Døgninstitutioner	120,9	118,6	113,3	109,2	113,7	111,6	95,5	79,4	55,8
Andre boliger	108,3	113,0	108,7	112,8	101,8	98,1	73,5	68,3	55,0
Handel/service	85,6	84,8	86,4	89,6	86,0	93,3	83,3	77,0	75,1
Hotel og service	131,5	127,4	115,1	124,5	124,2	138,2	122,5	111,8	112,1
Andre handel/serv.	68,7	95,3	95,2	81,5	95,8	105,2	93,9	86,7	83,8
Kulturbygninger	117,0	109,7	112,6	102,8	95,2	93,6	108,1	92,0	89,1
Uddannelse	87,3	94,4	102,4	96,3	101,5	117,9	95,0	86,7	78,6
Hospitaler	140,9	134,8	132,3	132,2	124,4	133,7	132,5	128,2	122,5
Daginstitutioner	124,0	135,1	130,2	133,5	134,3	133,4	121,0	118,6	110,7
Andre institutioner	127,2	129,7	133,7	151,7	139,4	133,9	119,0	120,6	108,4
Sommerhuse	118,3	99,9	92,8	92,7	94,3	79,0	79,5	62,7	57,7
Feriebygninger	97,0	109,2	122,0	81,1	90,7	80,6	82,7	56,4	29,4
Sport faciliteter	150,6	157,6	143,1	139,3	141,2	144,6	140,6	126,5	114,6
Andre rekreative b.	118,9	86,9	99,2	99,4	94,1	89,1	85,9	81,2	68,2

# Udvikling i energiforbruget i Danske bygninger



# Oversigt over resultater fra forskellige scenarier

Scenarie		Energi behov i 2050	Besparelser vs 2011	Besparelser vs A0	Investeringer vs A0	Totale invest.	Pris/besp.
		TJ/år	%	%-point	mio. kr.	mio. kr.	Kr. kWh pr år.
Status 2011		206.178	-	-	-	-	-
A0	Udvikling som nu (BAU)	148.978	27.7%	-	0	102.472	6,45
A1	Fuld BR overholdelse	141.446	31.4%	3.7%	23.290	125.762	6,99
A2	90 % BR overholdelse	145.212	29.6%	1.8%	12.227	144.699	6,77
A3	Længere levetid af tage	156.072	24.3%	-3.4%	-1.281	101.191	7,27
A4	Alle tage udskiftet inden 2050	145.943	29.2%	1.5%	115.821	218.293	13,05
A5	Hurtig indfasning af A vinduer	148.978	27.7%	0.0%	9.955	112.426	7,08
B1	Skrappere regler for tage + A2	144.075	30.1%	2.4%	29.691	132.163	7,66
B2	Skrappere regler for ydervægge + A2	143.445	30.4%	2.7%	33.985	136.457	7,83
B3	Skrappere komponentkrav + A2	142.308	31.0%	3.2%	39.220	141.692	7,99
B4	Ekstra skrappe regler for tage + A2	143.318	30.5%	2.7%	41.117	143.589	8,22
B5	Ekstra skrappe regler for ydervægge + A2	141.839	31.2%	3.5%	44.273	146.745	8,21
B6	A+ vinduer kræves + A2	140.067	32.1%	4.3%	20.605	123.077	6,70
B7	Automatik og øget effektivitet + A2	141.683	31.3%	3.5%	22.870	125.342	7,00
B8	Skrappere komponentkrav = B4+B5+B6	134.799	34.6%	6.9%	57.086	159.558	8,05
B9	Skrappere komp. og A+ vin. = B1+B2+B6	137.163	33.5%	5.7%	35.372	137.844	7,19
B10	Automatik og forøget effektivitet + B9	133.695	35.2%	7.4%	46.014	148.486	7,37
C1	BMV med VGV + B10	109.342	47.0%	19.2%	113.450	215.922	8,03

# Varmeisolering af bygningsdele (BR2015)

## Enkeltforanstaltninger

	U-værdi W/m <sup>2</sup> K
Ydervægge	0,20 → 0,15
Skillevægge og etageadskillelser	0,40
Terrændæk mv. m./u. gulvvarme	0,12 → 0,10
Loft- og tagkonstruktioner	0,15
Yderdøre, porte, forsatsvinduer	1,65 → 1,40



# Vinduer

## BR2010

- Energitilskuddet gennem vinduet i opvarmningssæsonen må ikke være mindre end  $-33 \text{ kWh/m}^2$  pr. år
- Energitilskuddet gennem tagvinduet i opvarmningssæsonen ikke være mindre end  $-10 \text{ kWh/m}^2$  pr. år

## BR2015

- Energitilskuddet gennem vinduet i opvarmningssæsonen må ikke være mindre end  $-17 \text{ kWh/m}^2$  pr. år
- Energitilskuddet gennem **ovenlysvinduer** i opvarmningssæsonen må ikke være mindre end  $0 \text{ kWh/m}^2$  pr. år





STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

# POTENTIELLE VARMEBESPARELSER VED LØBENDE BYGNINGSRENOVERING FREM TIL 2050

SBI 2014:01



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

# Rapport

[www.sbi.dk](http://www.sbi.dk)