



# Arkitektur, energi & klima i helhedsperspektiv

Rob Marsh, Seniorforsker Arkitekt MAA PhD  
SBI Energi & Miljø, Aalborg Universitet







# Eksisterende bygningsmasse

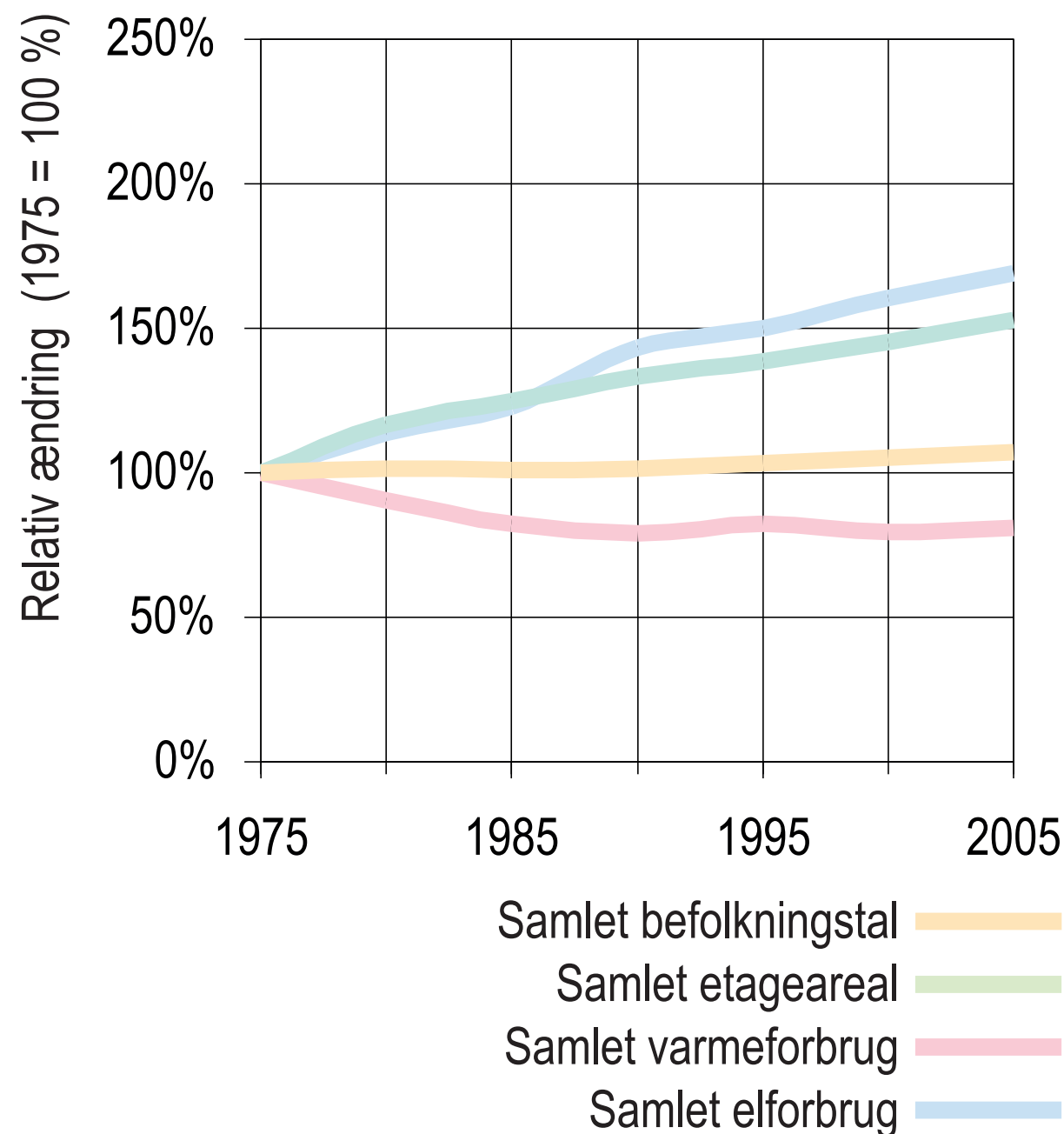
## Samlet boligareal 1975 - 2005:

Lav befolkningsvækst: + 7 %

Voksende etageareal: + 50 %

Faldende varmemeforbrug: - 20 %

Voksende elforbrug: + 70 %



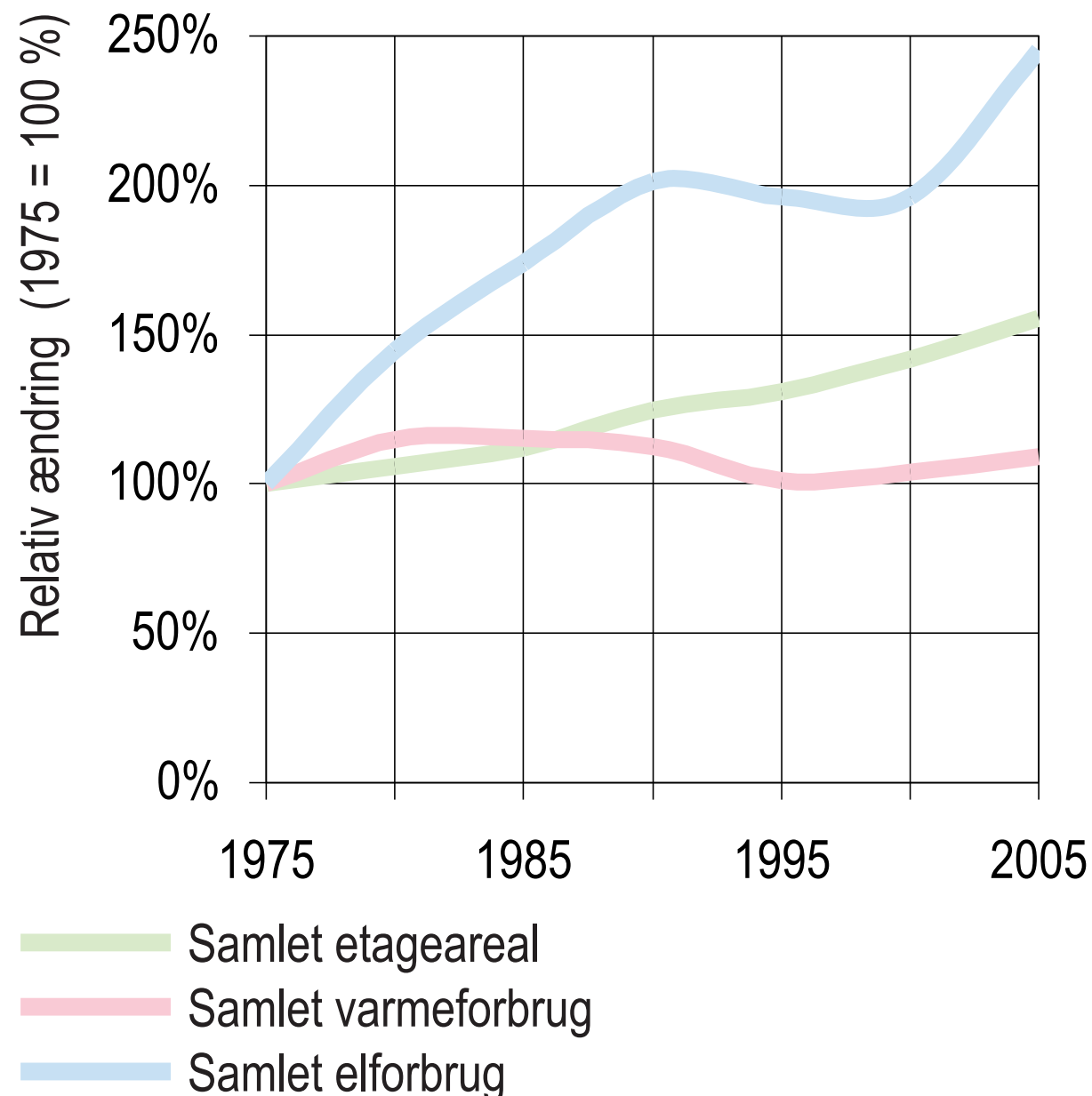
# Eksisterende bygningsmasse

## Samlet kontorareal 1975 - 2005:

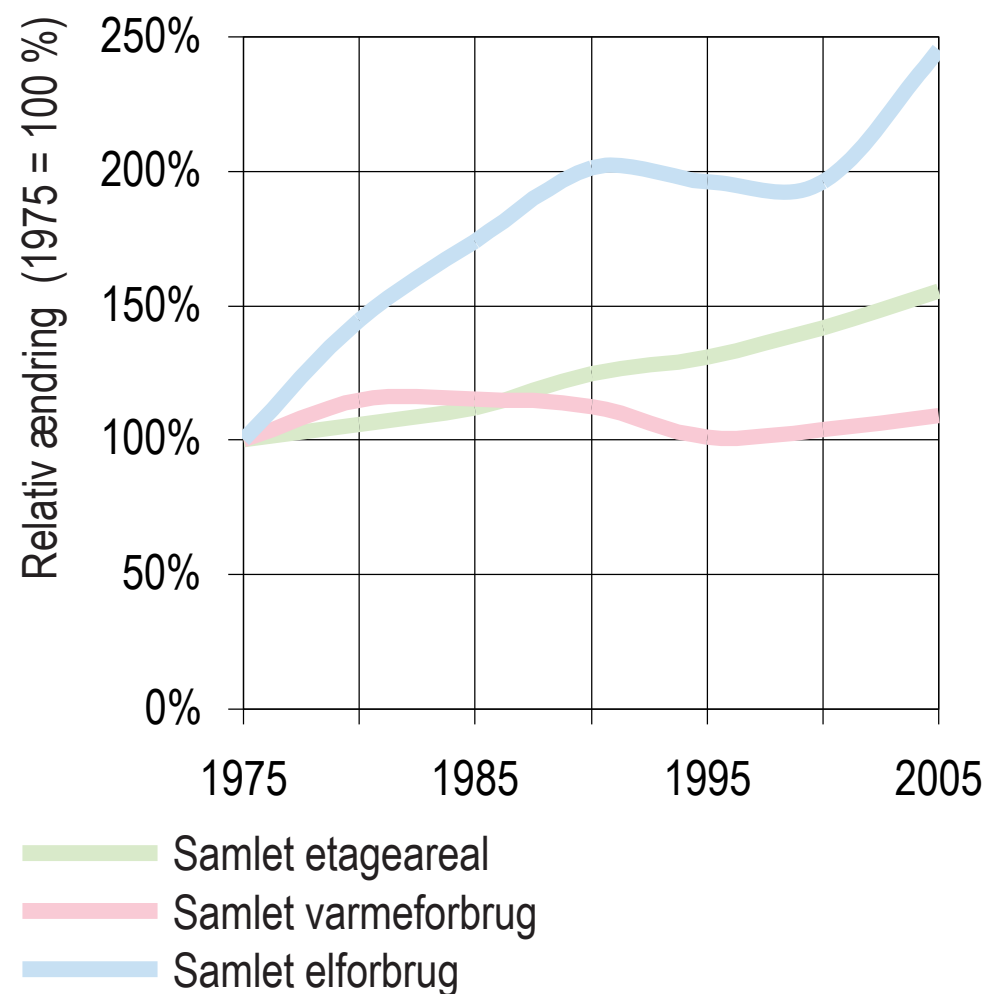
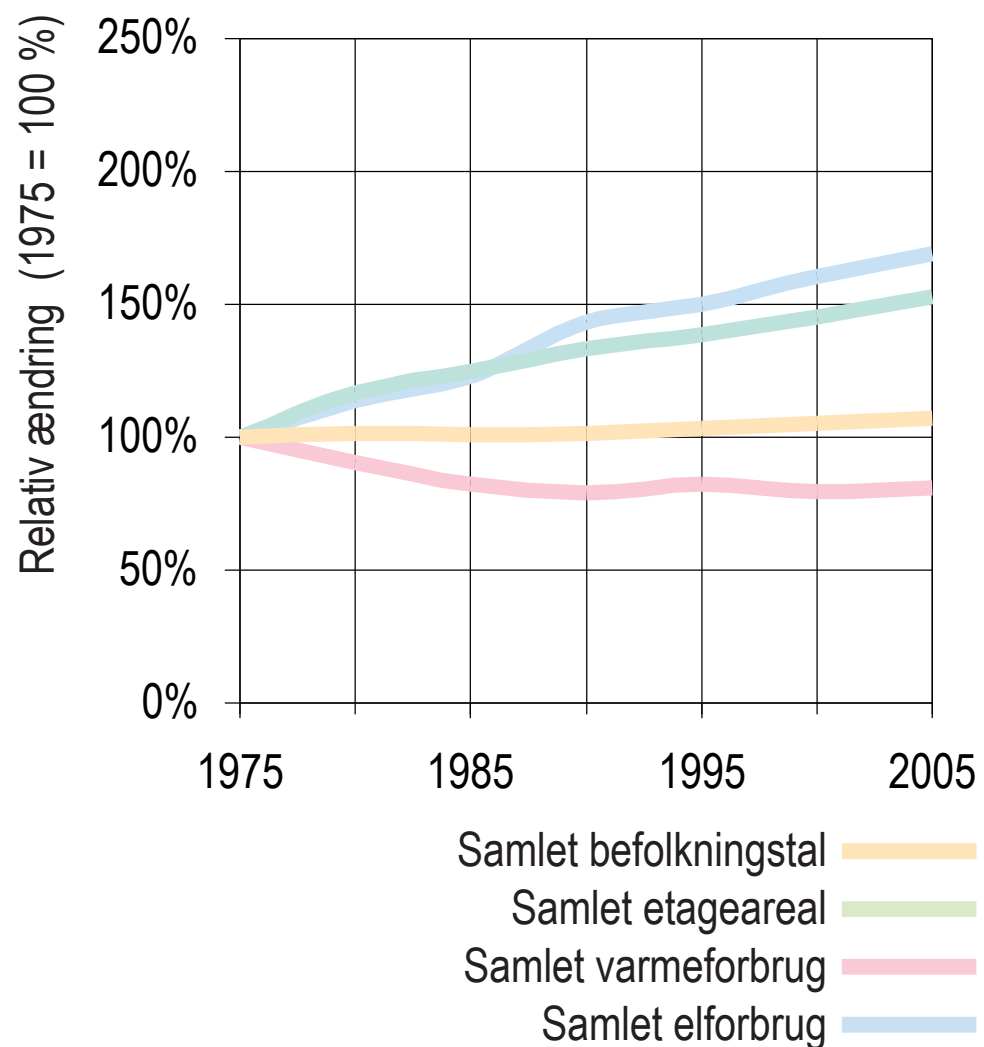
Voksende etageareal: + 55 %

Stabilt varmemeforbrug: + 10 %

Voksende elforbrug: + 160 %



# Eksisterende bygningsmasse





# Eksisterende bygningsmasse

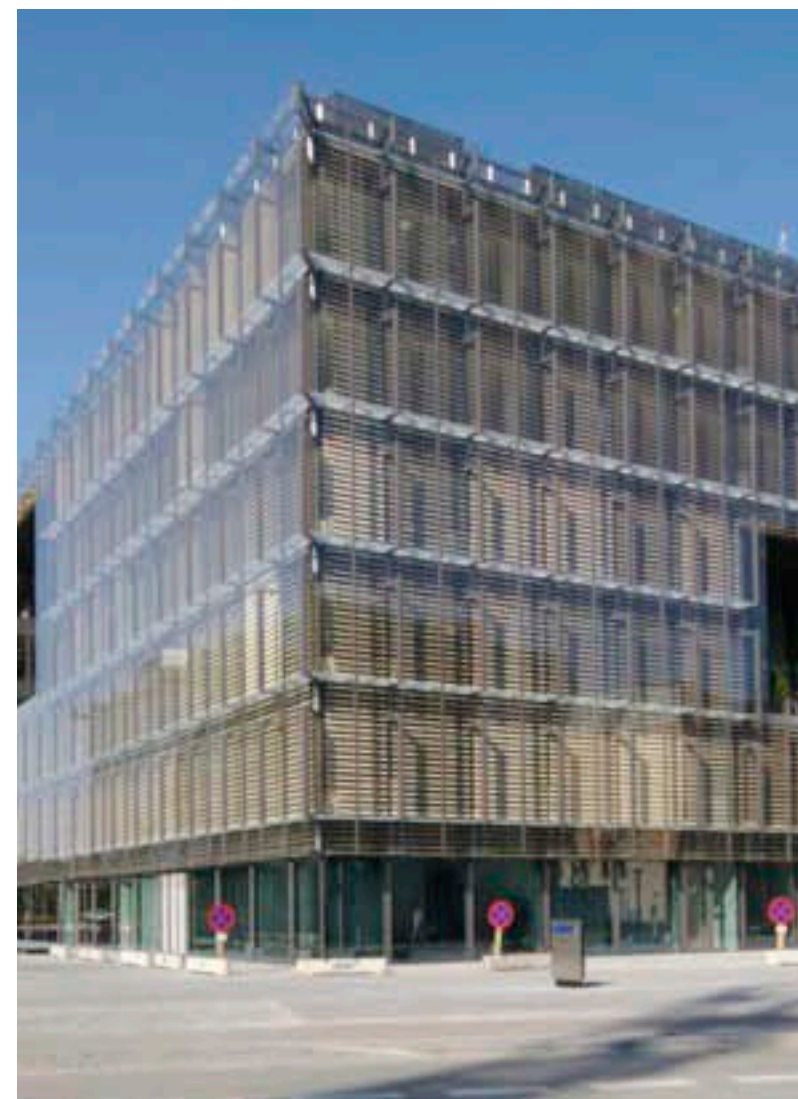
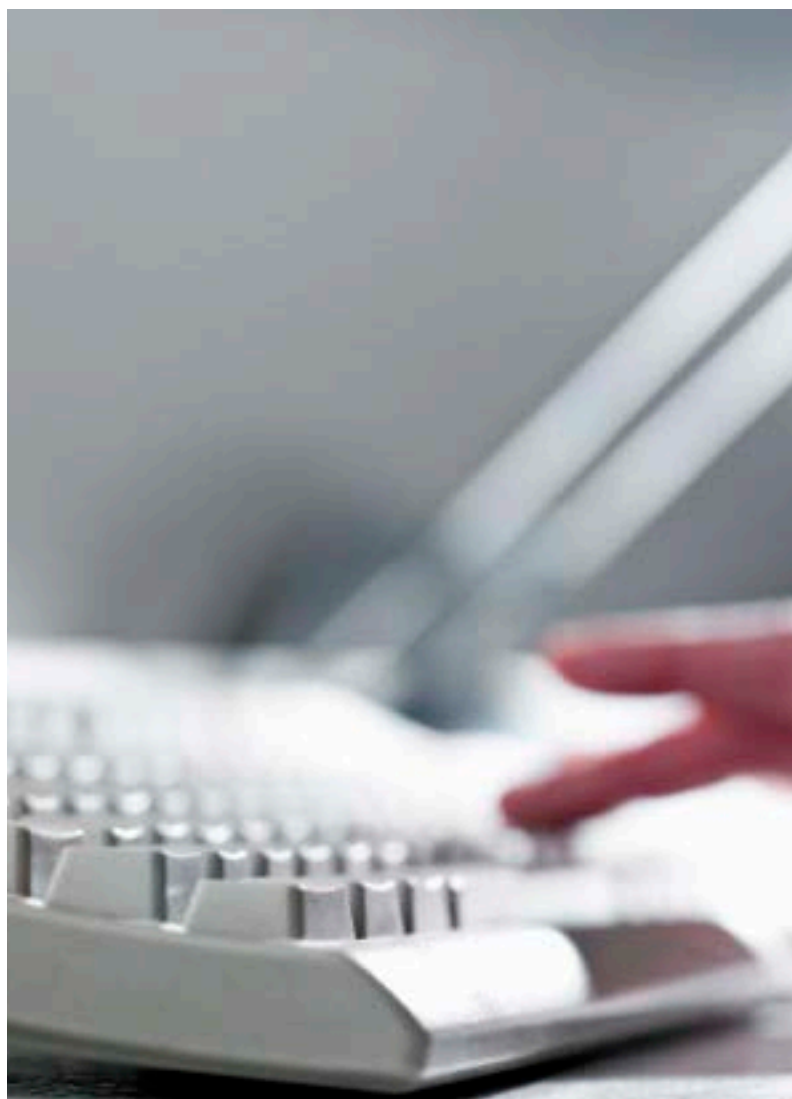


## Faldende/stabilt varmeforbrug:

- Efterisolering af klimaskærm & udskiftning af vinduer
- Nye varmesystemer & skift i varmeforsyning
- Stramninger i energibestemmelser



## Eksisterende bygningsmasse



### **Kraftigt stigende elforbrug:**

- Voksende ejerskab af elapparater
- Vækst i vidensamfundet, IT/multimedie og serviceerhverv
- Nye bygningstyper med stort elforbrug til belysning, ventilation, køling

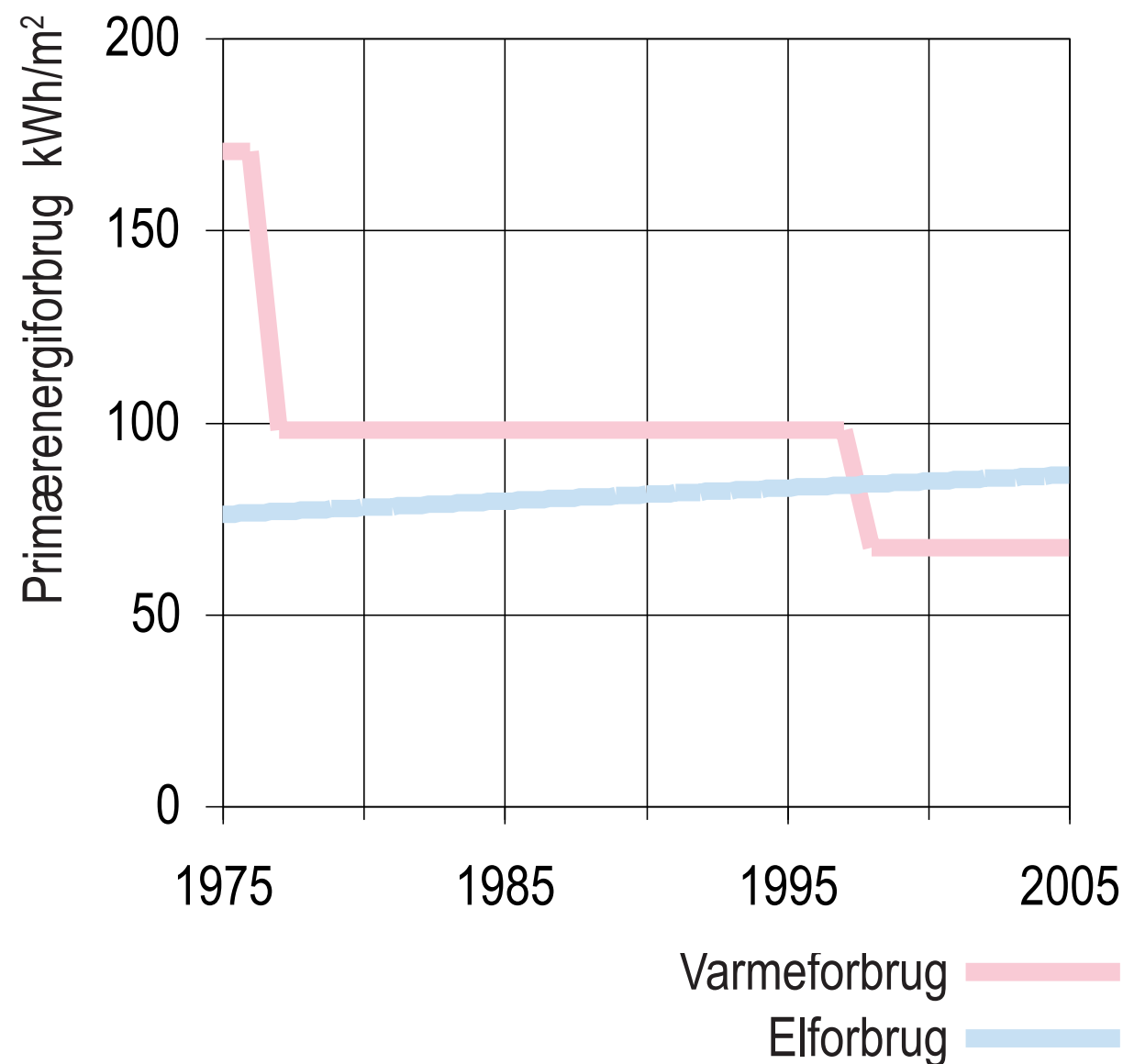


# Tidstypisk nybyggeri

**Nybyggede boliger 1975 - 2005:**

Faldende varmemeforbrug: - 60 %

Voksende elforbrug: + 10 %

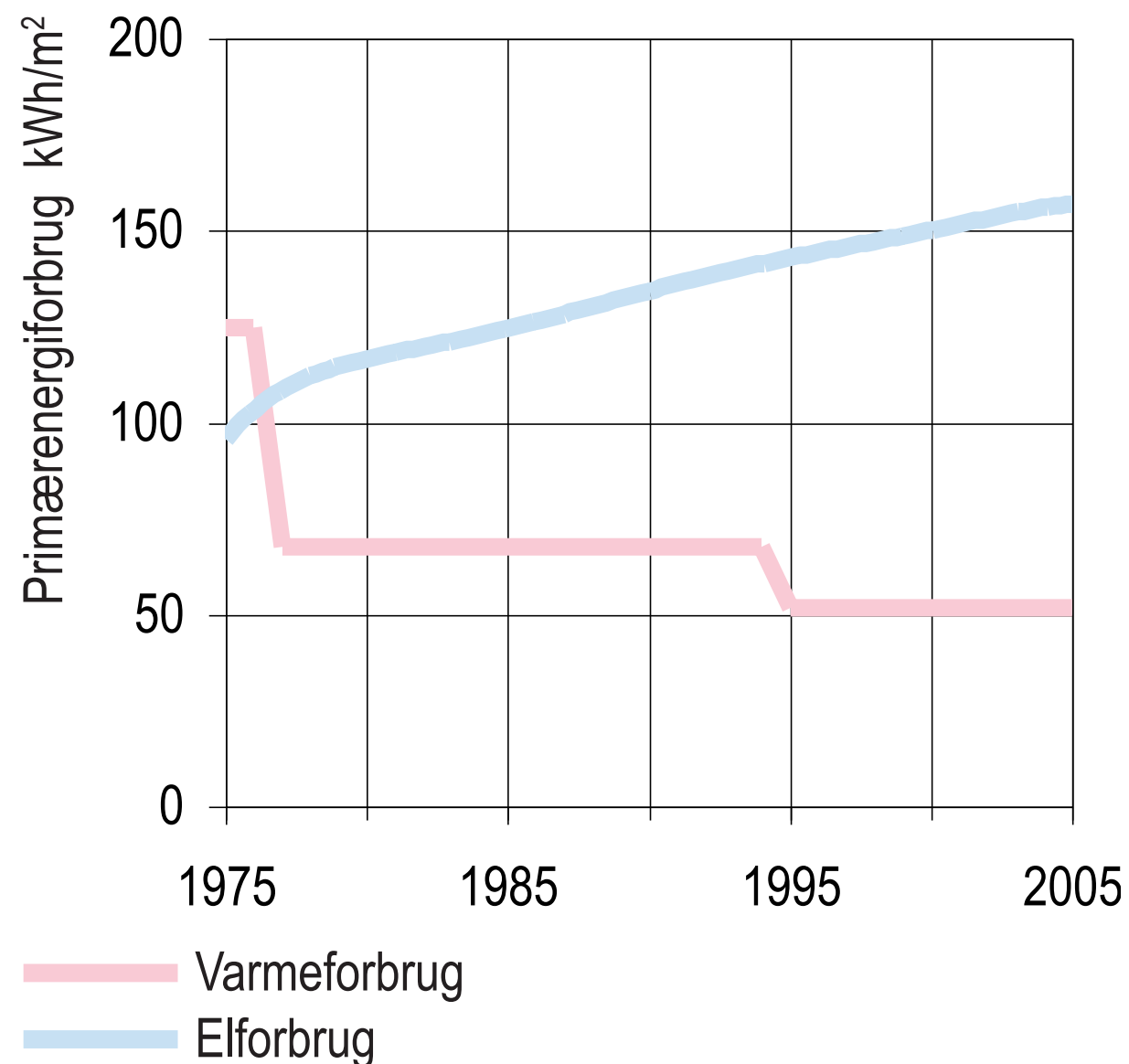


# Tidstypisk nybyggeri

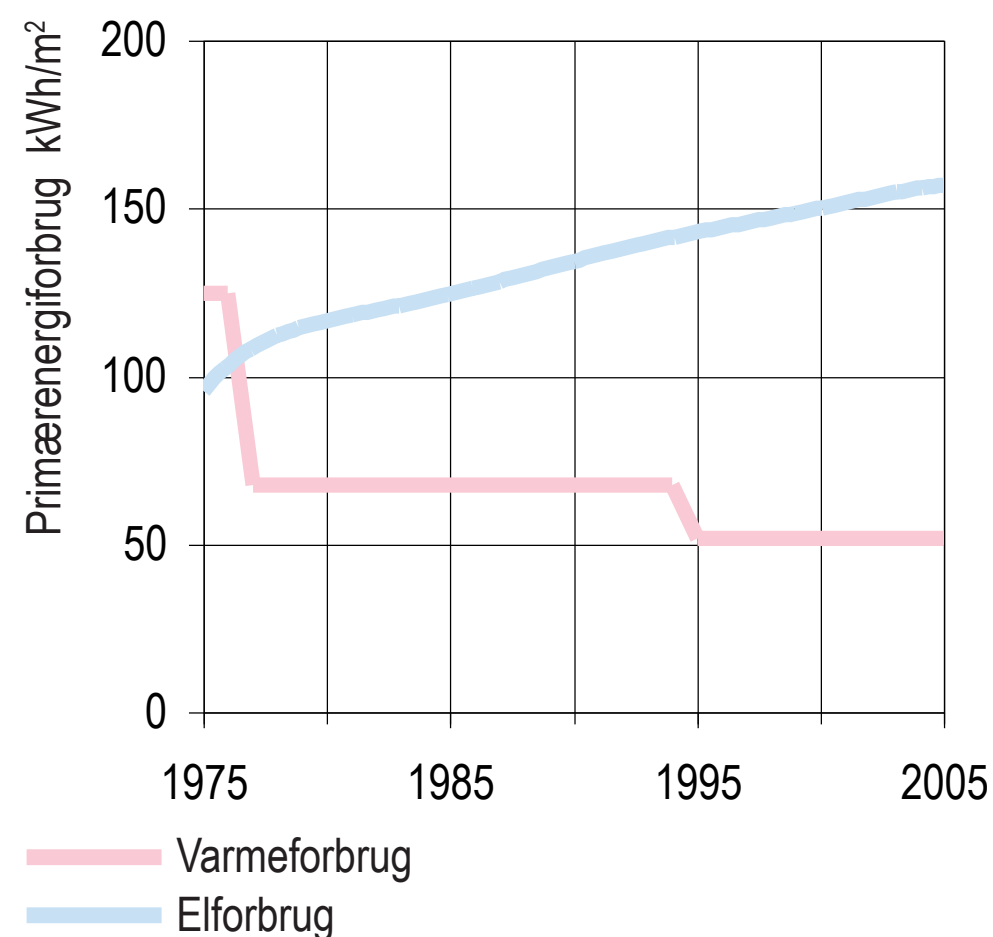
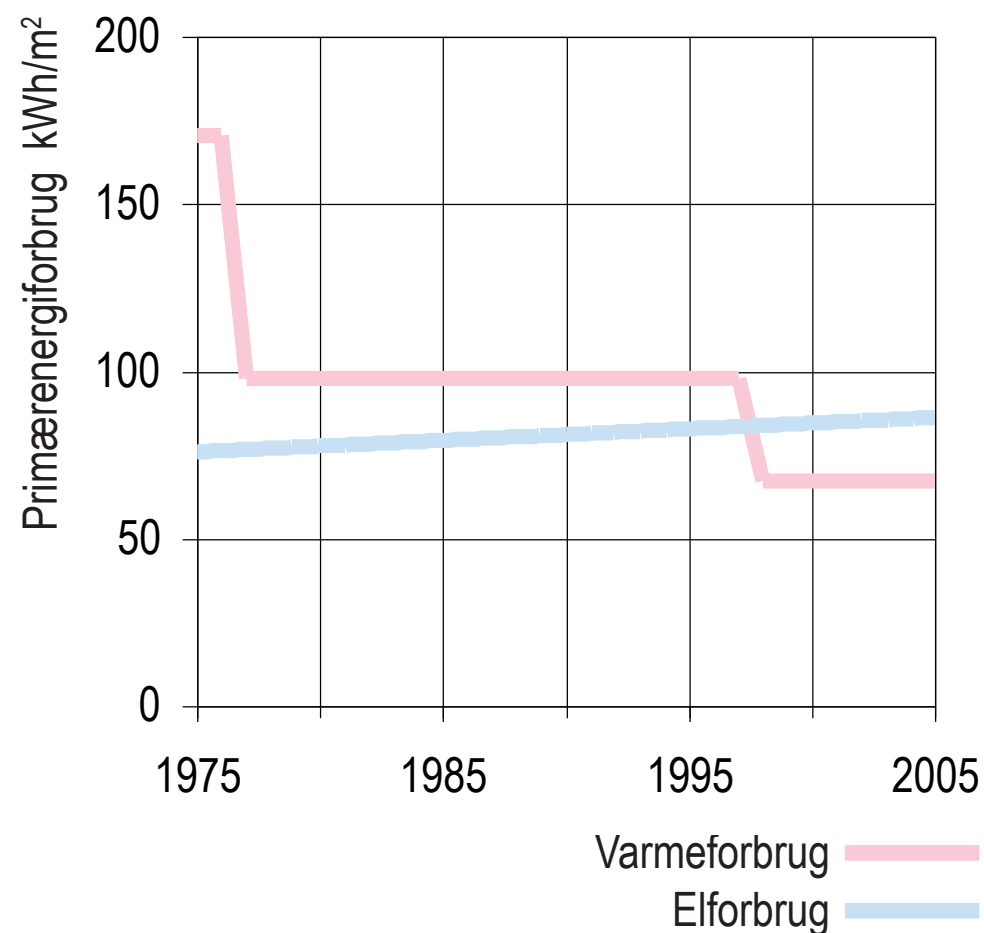
**Nybyggede kontorer 1975 - 2005:**

Faldende varmeforbrug: - 60 %

Voksende elforbrug: + 55 %



# Tidstypisk nybyggeri



## Store forandringer siden 1970'ernes oliekrise:

- Lovgivning med stort fald i bygningers varmeforbrug
- Vidensamfundet med voksende og ureguleret elforbrug



**Nutid**

# Energibestemmelser

## Før 2006:

- Opvarmningsbehov

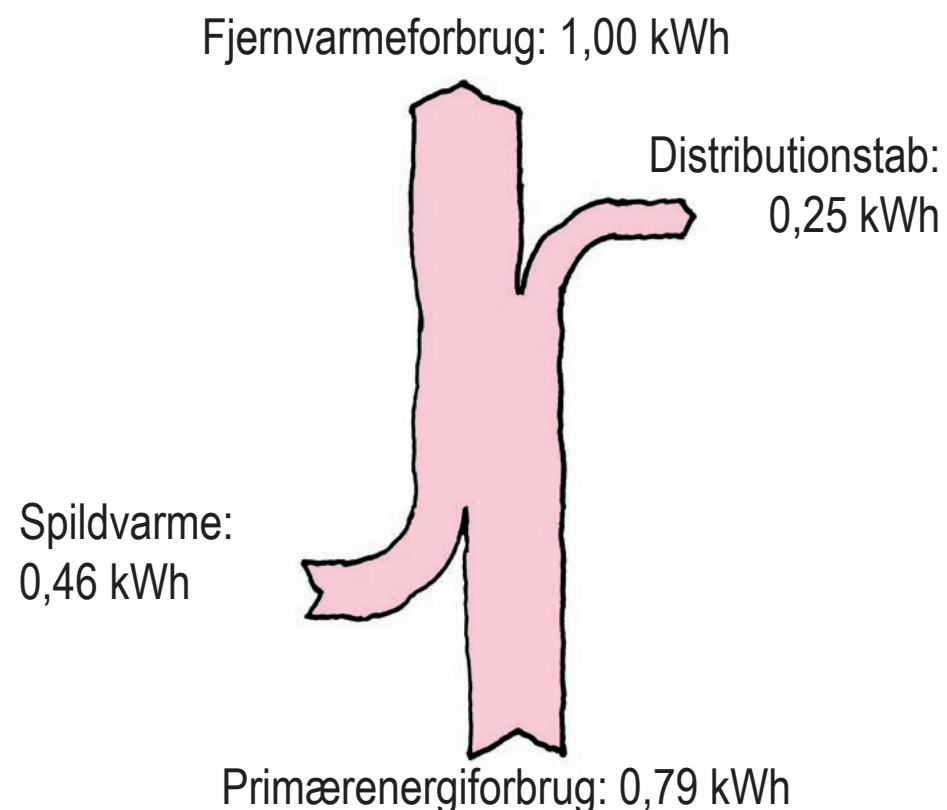
## Efter 2006:

- Opvarmning
- Varmt brugsvand
- Køling/overtemperatur
- Teknik
- Belysning (dog ikke i boliger)
- Vedvarende energiproduktion fra solfanger & solceller
- **Vægtning i forhold til primærenergiforbrug:**

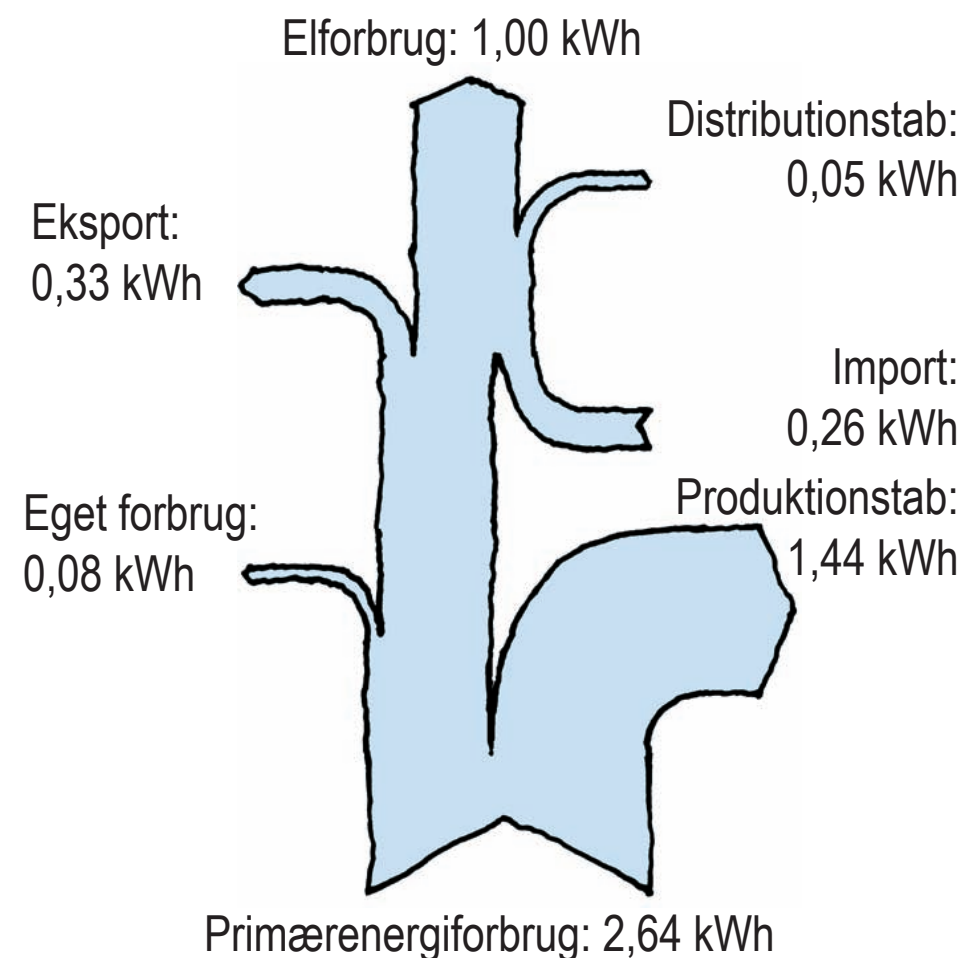
**Fjernvarme/olie/gas: 1,0**

**Elektricitet: 2,5**

# Primærenergifaktorer



**Energibestemmelser : 1,00**  
**Primærenergiforbrug: 1,00**  
**CO<sub>2</sub>-udslip: 1,00**



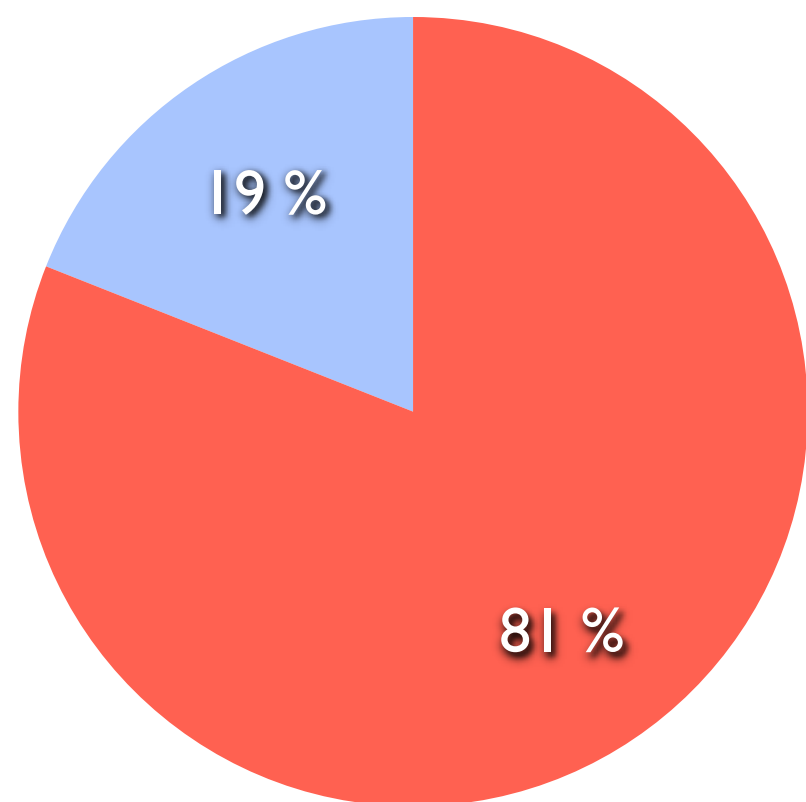
**Energibestemmelser: 2,50**  
**Primærenergiforbrug: 3,30**  
**CO<sub>2</sub>-udslip: 4,20**

- Elbesparelser 3-4 gange mere effektive end varmebesparelser

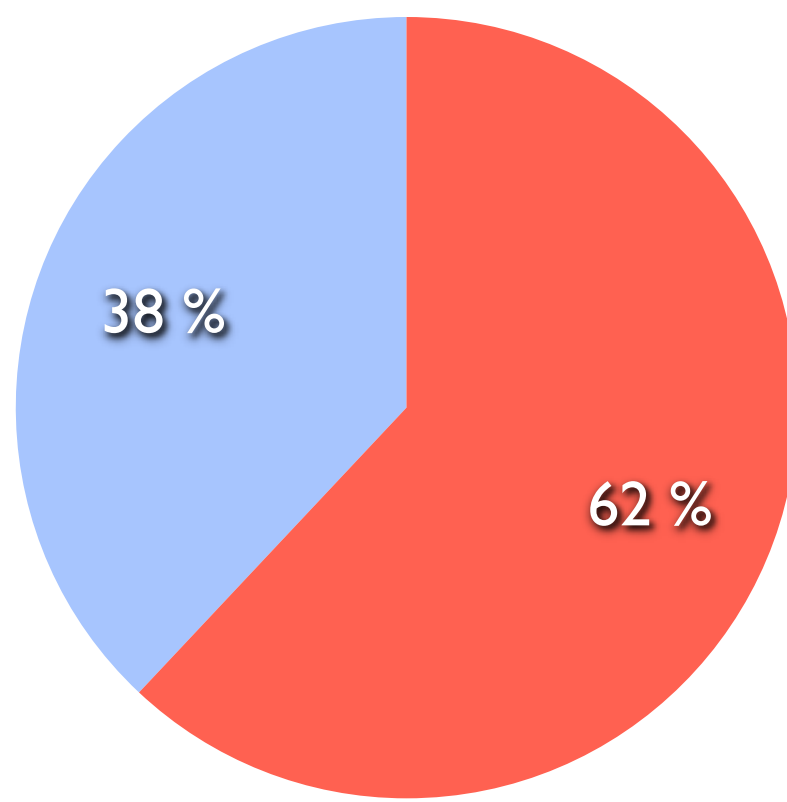


# Primærenergifaktorer: Eksisterende boligmasse

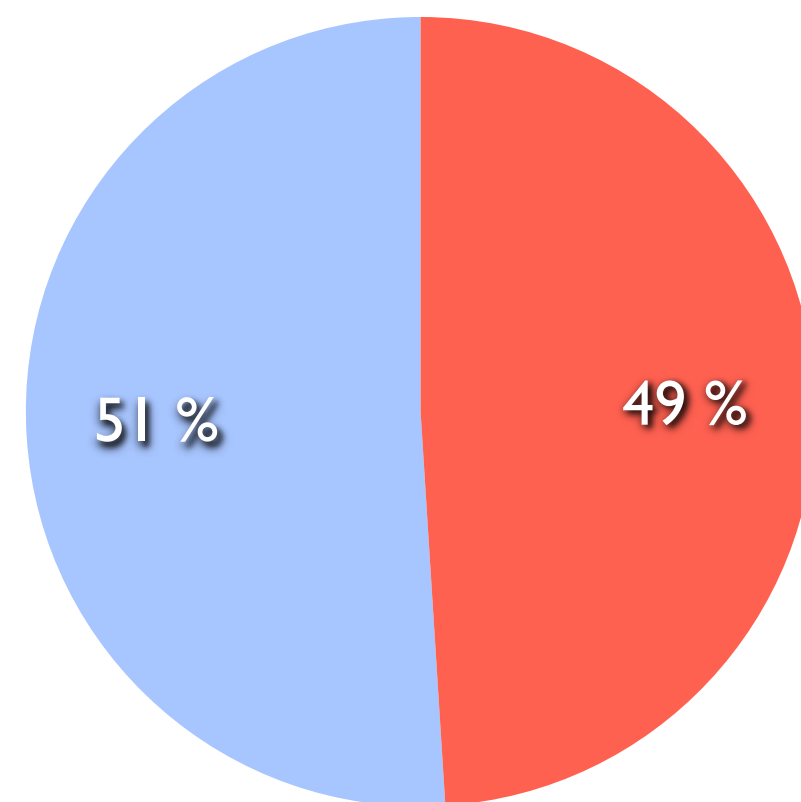
● Varmeforbrug      ● Elforbrug



Målt energiforbrug



Primærenergiforbrug



CO<sub>2</sub>-udslip

# Samlet primærenergiforbrug

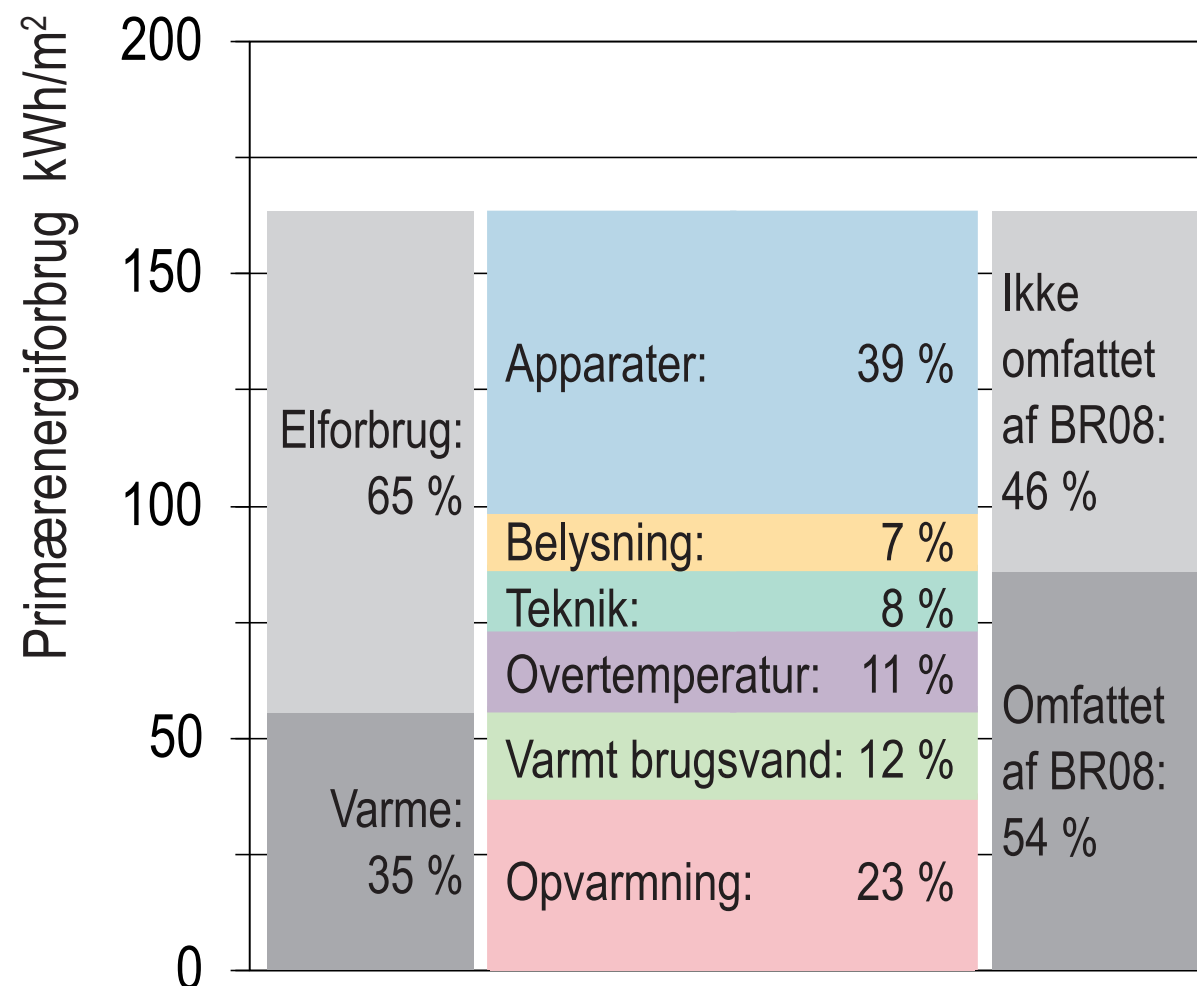
## Nye boliger:

Samlet primærenergiforbrug består af:

- Elforbrug: 65 %
- Varmeforbrug: 35 %

Af det samlede primærenergiforbrug:

- Ikke omfattet af BR08: 45 %
- Omfattet af BR08: 55 %



# Samlet primærenergiforbrug

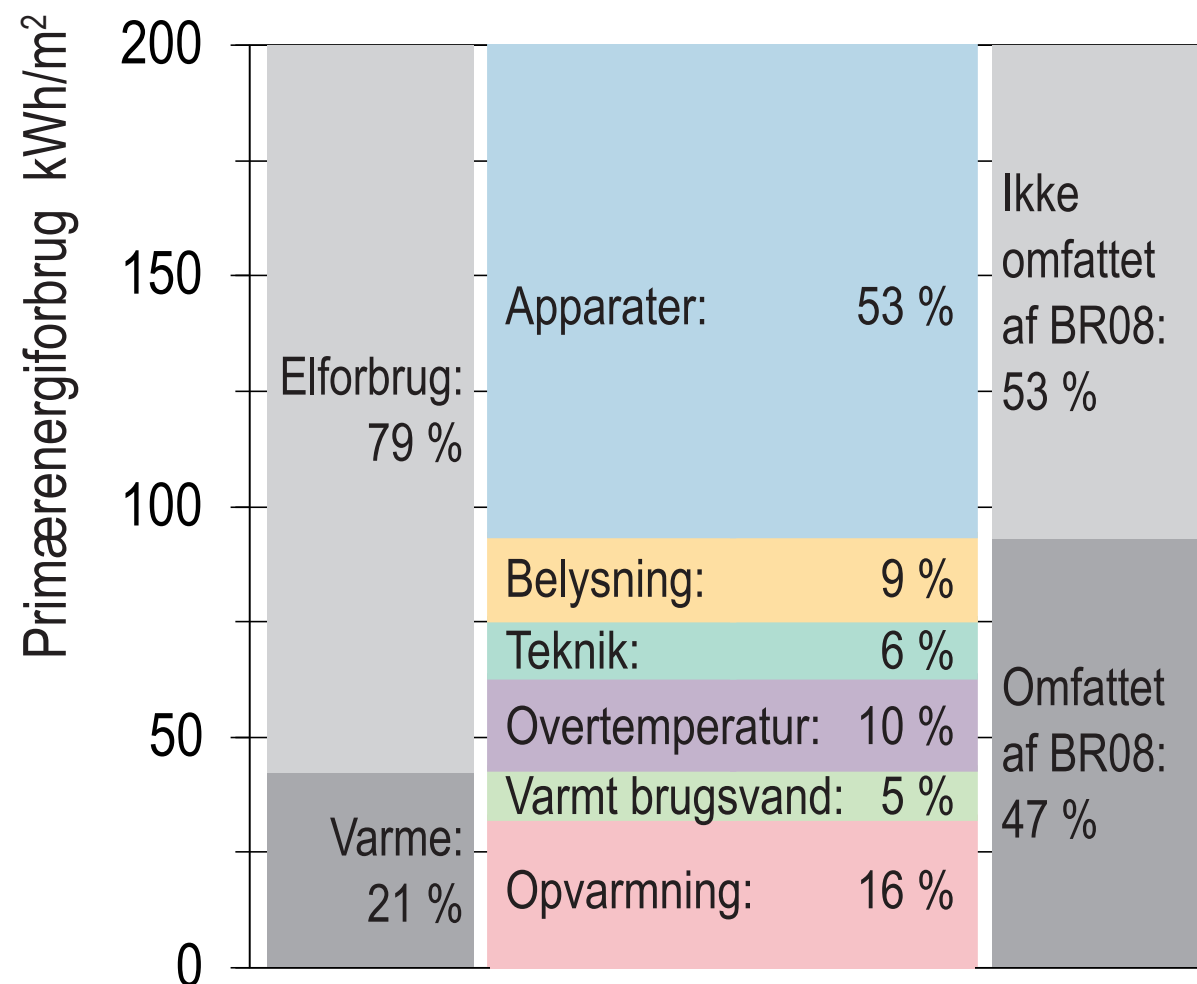
## Nye kontorer:

Samlet primærenergiforbrug består af:

- Elforbrug: 80 %
- Varmeforbrug: 20 %

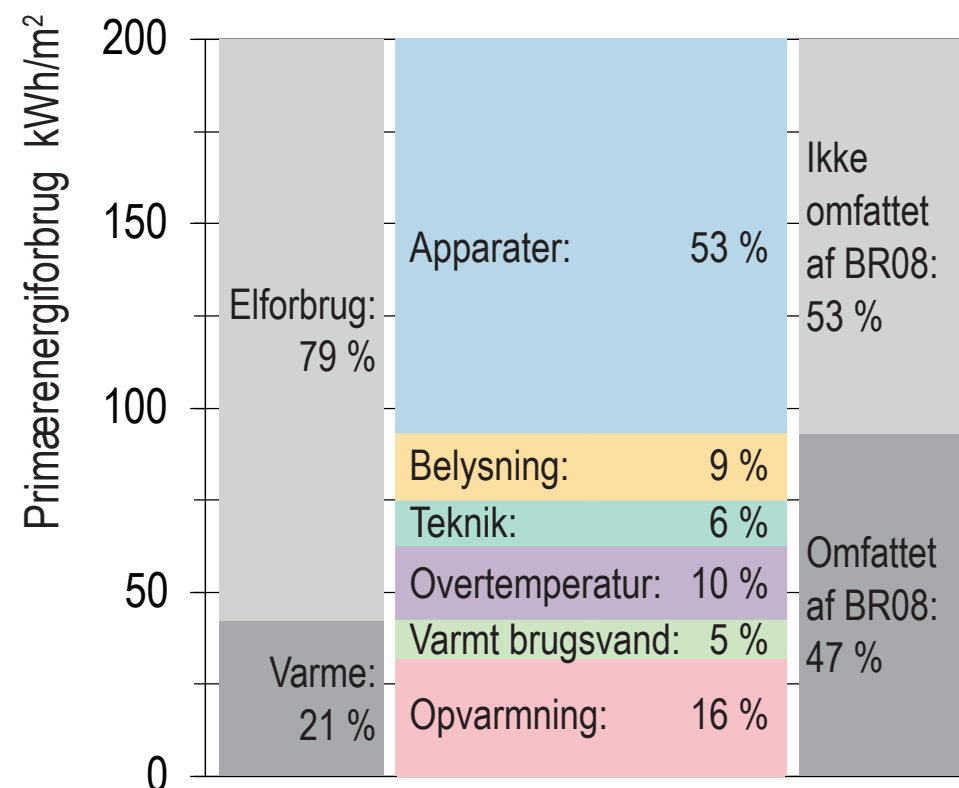
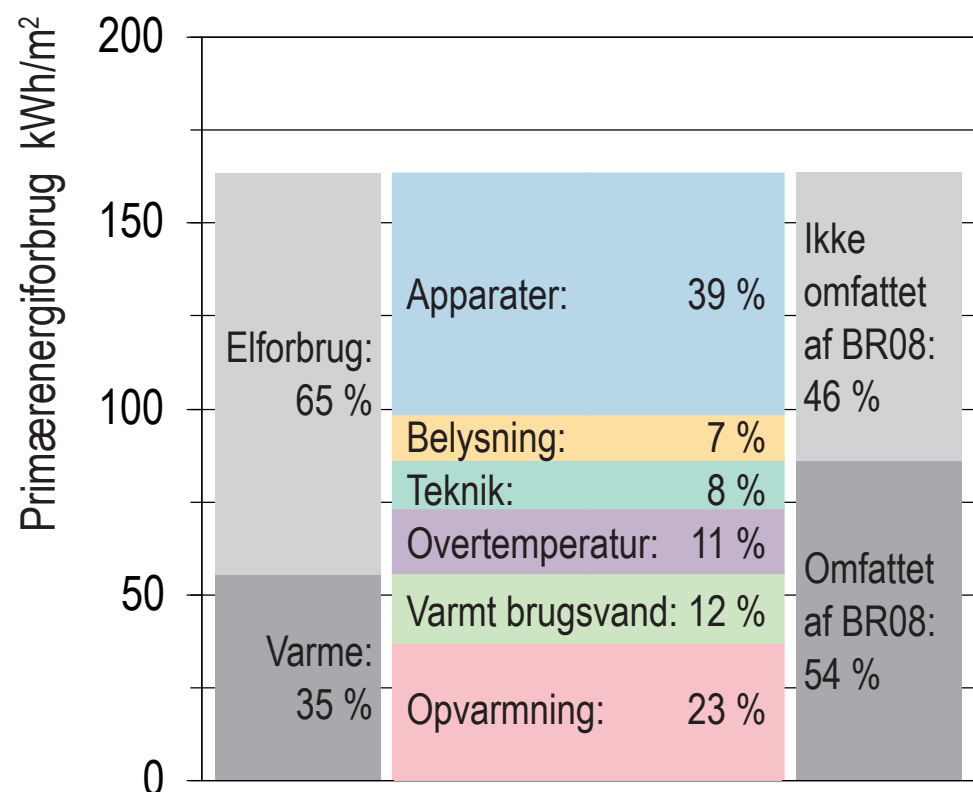
Af det samlede primærenergiforbrug:

- Ikke omfattet af BR08: 55 %
- Omfattet af BR08: 45 %





# Samlet primærenergiforbrug



## Paradigmeskifte i nye bygningers energiforbrug:

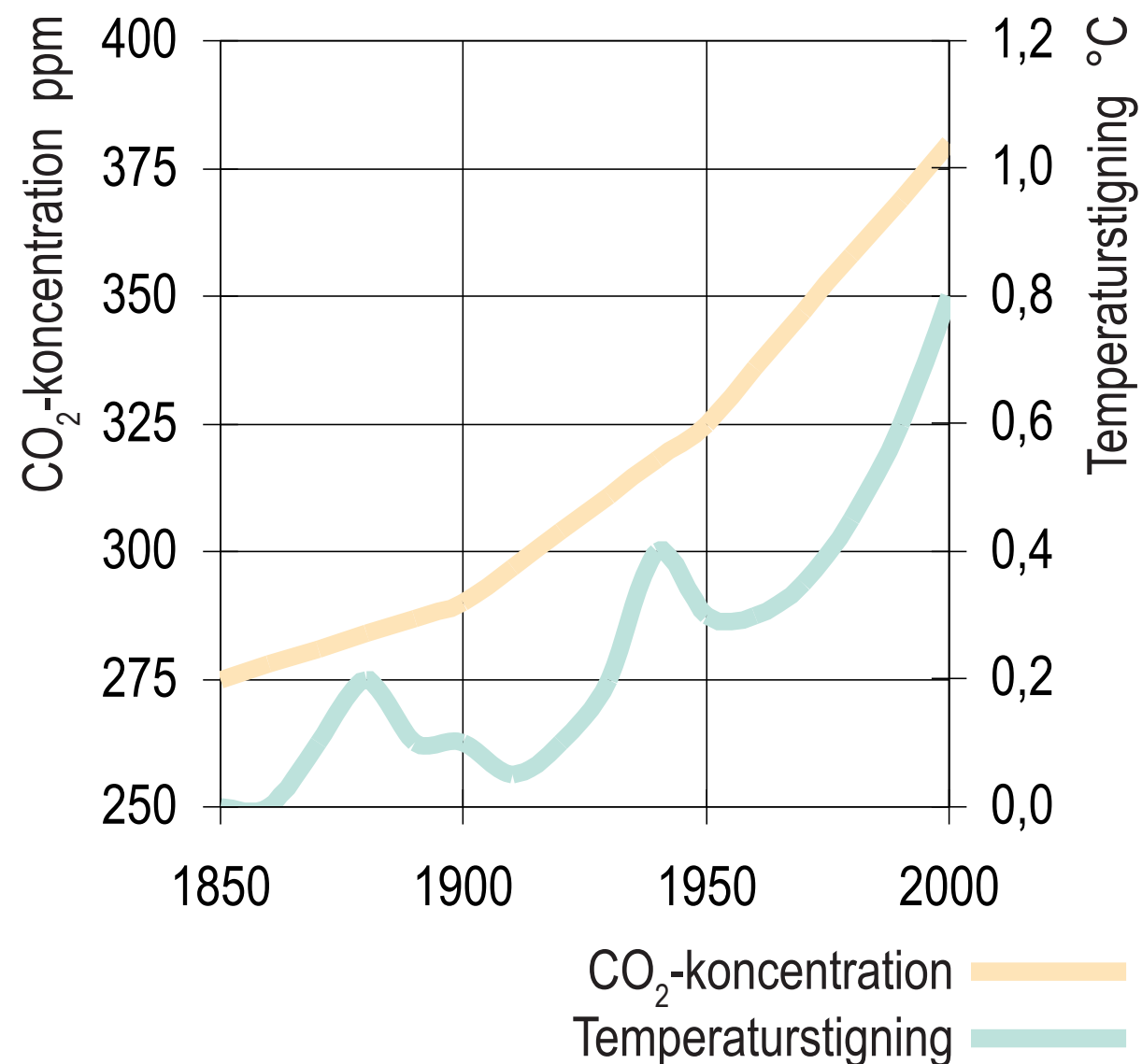
- Fokus er flyttet fra varme til el
- Størstedelen af forbrug er ikke omfattet af bestemmelserne
- Kræver bredt spektrum af løsninger som spiller sammen

# Fremtid

# Klimaændringer i Danmark

DMI's prognose:

- Stigninger på 3 °C for vinter- og sommertemperaturer frem til 2085



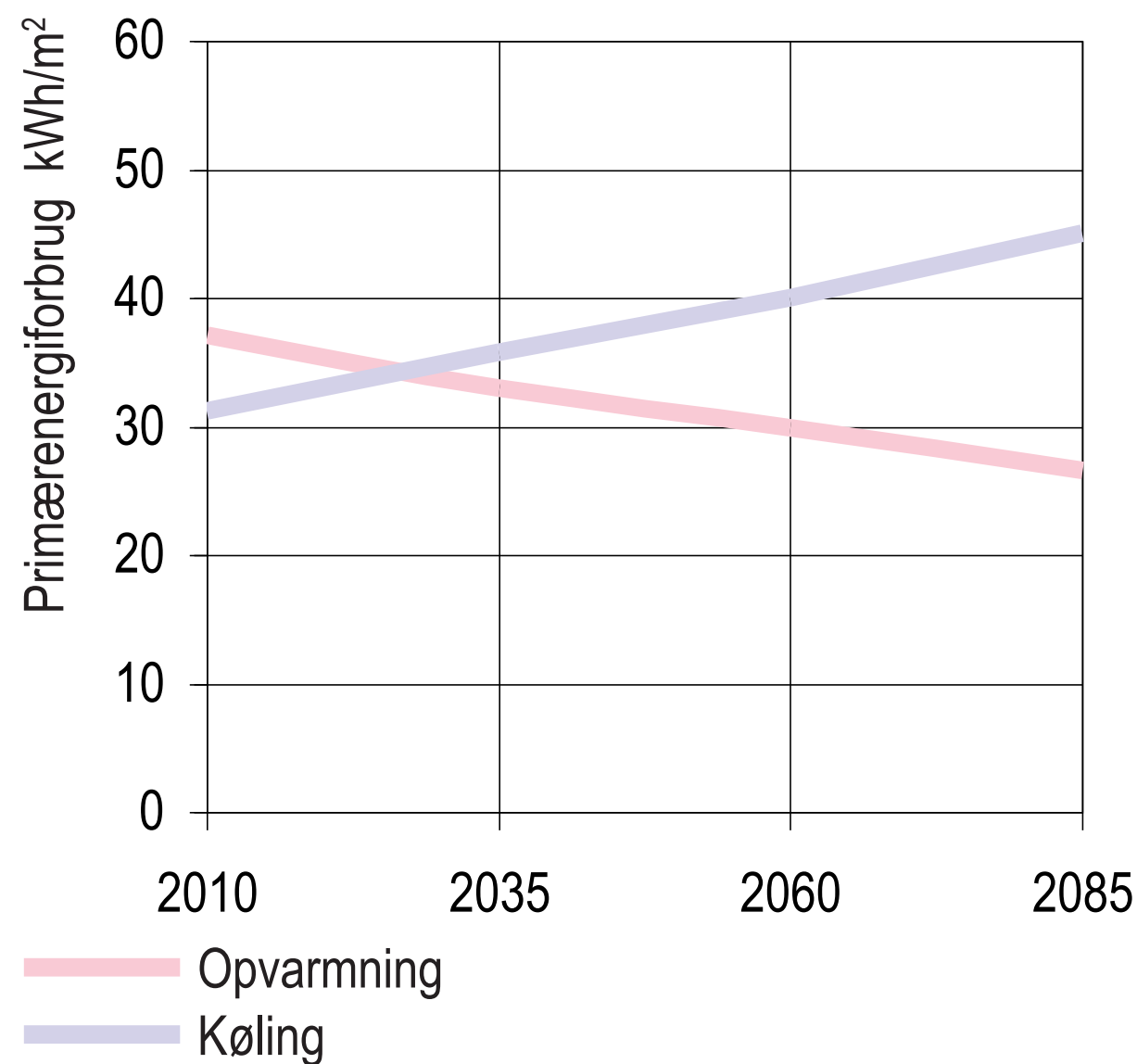


# Klimaændringer og energiforbrug

## Nye boliger 2010 - 2085:

Opvarmning falder: - 30 %

Køling vokser: + 40 %

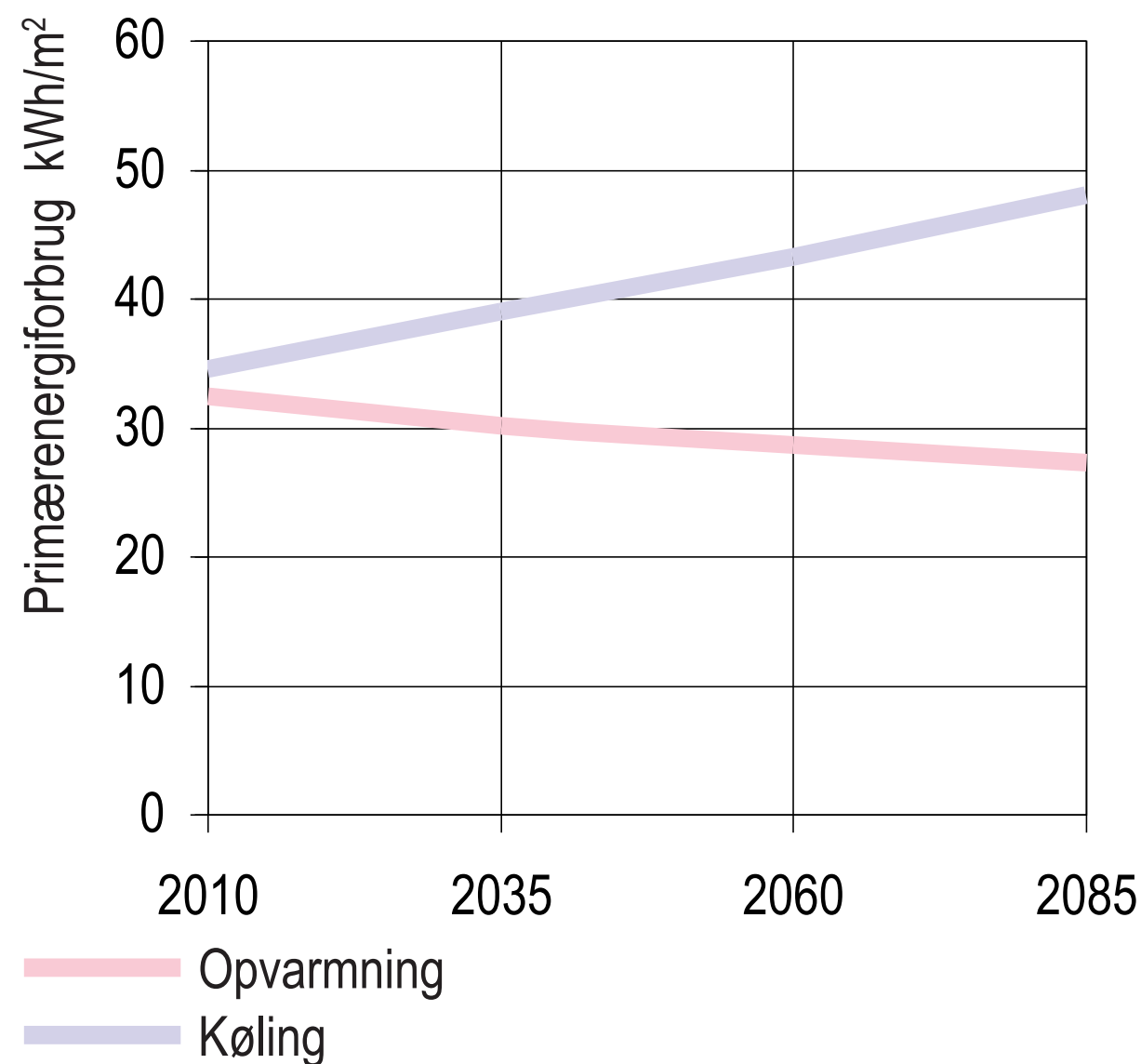


# Klimaændringer og energiforbrug

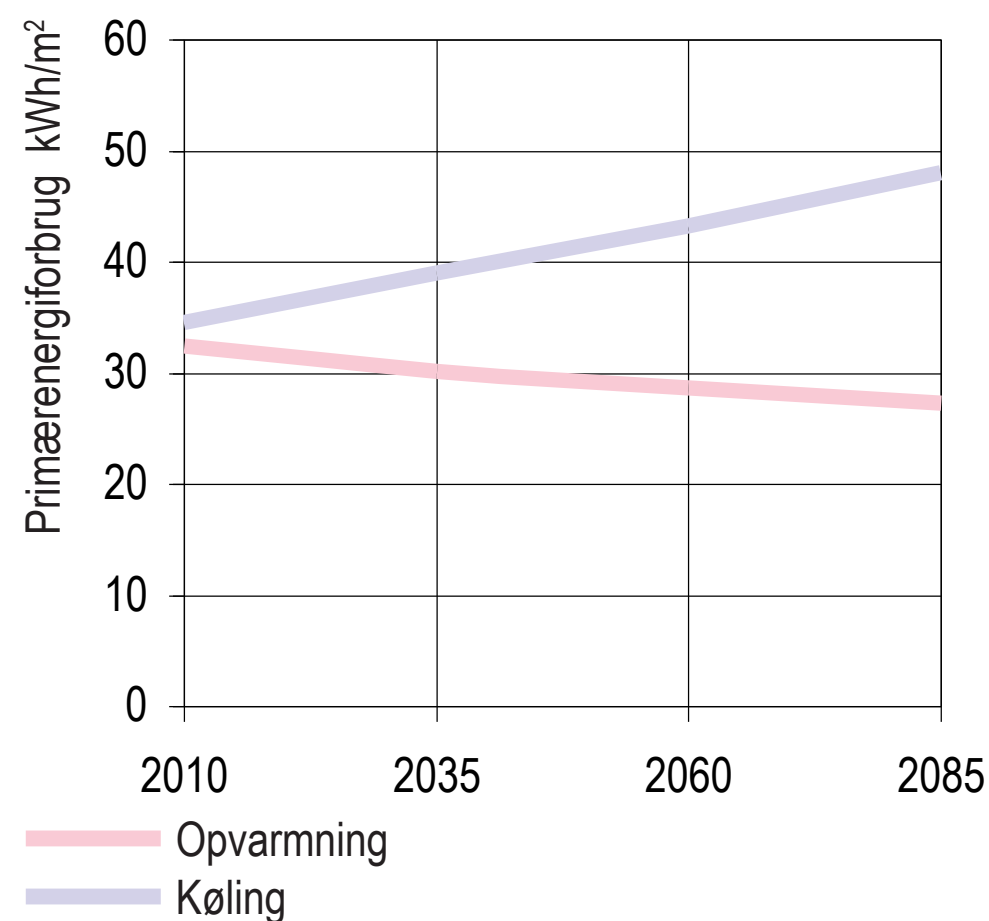
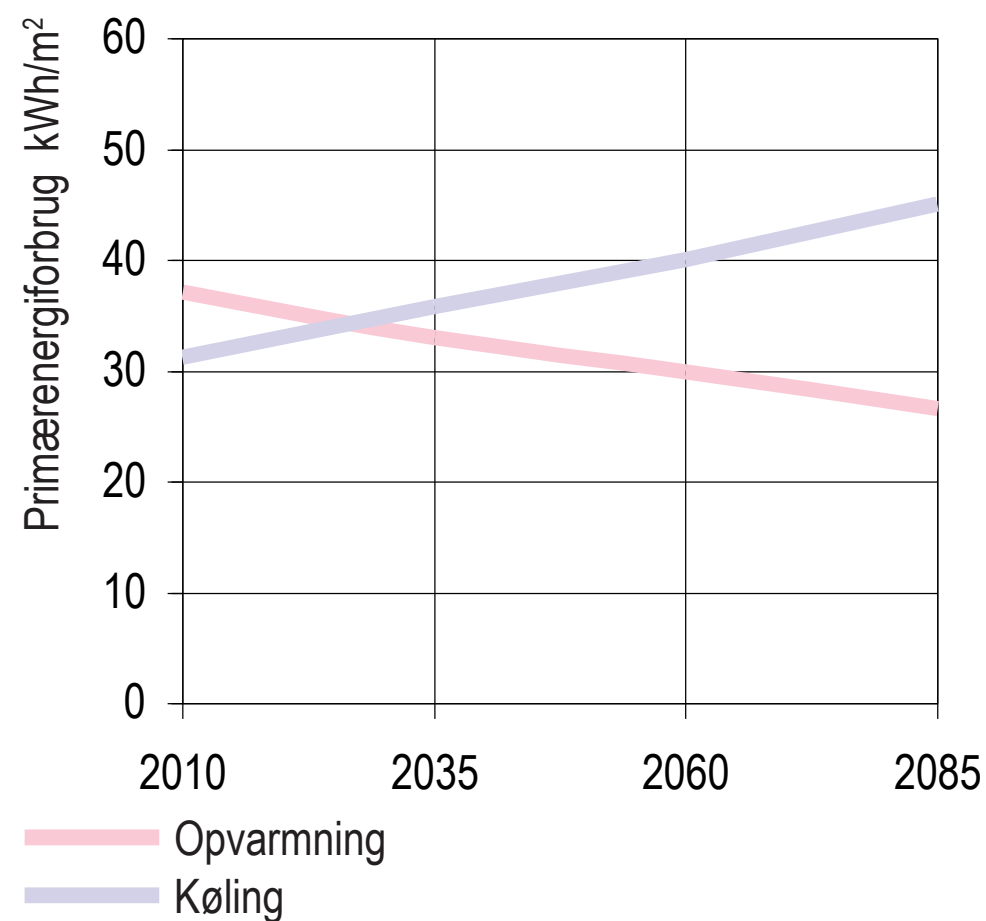
**Nye kontorer 2010 - 2085:**

Opvarmning falder: - 15 %

Køling vokser: + 40 %



# Klimaændringer og energiforbrug

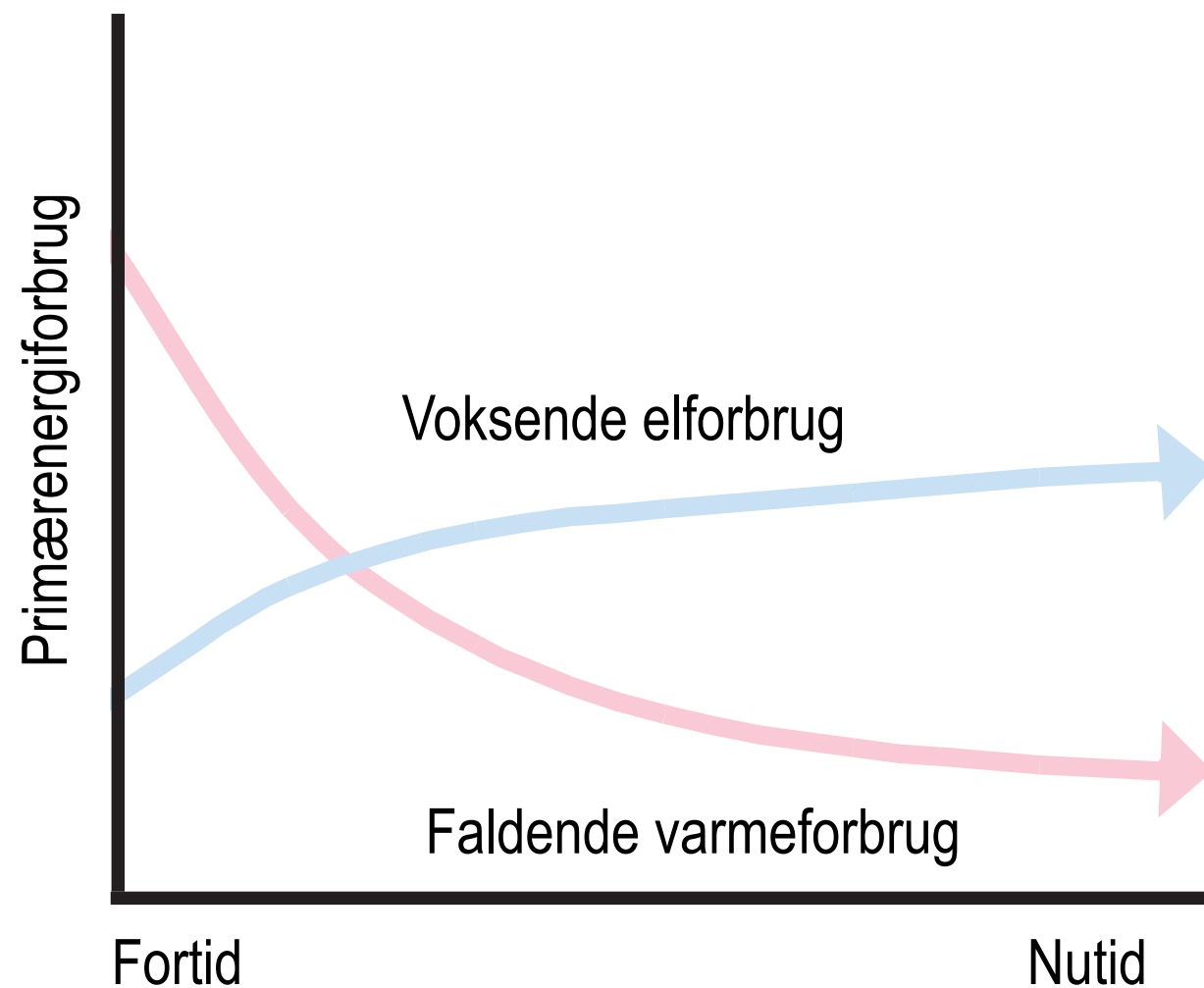


## Klimaændringer betyder:

- Sommerforhold kommer til at dominere; ikke vinterforhold
- Behov for klimatilpasning af lavenergibygninger
- Fokus på fremtidens klima; ikke fortidens



# Paradigme



Historisk snævre fokus  
på opvarmning fra  
1977 til 2006

Siger: *Energibesparelser*

Mener: *Varmebesparelser*

Har skabt negative  
indeklima- og energiproblemer

# Lavenergi-paradigmer: passiv solvarme

Konceptet udviklet i 1960-70'erne:

- Bjergområder i USA/Sydeuropa med rigeligt sollys om vinteren
- Store vinduer mod syd så solen opvarmer bygningen

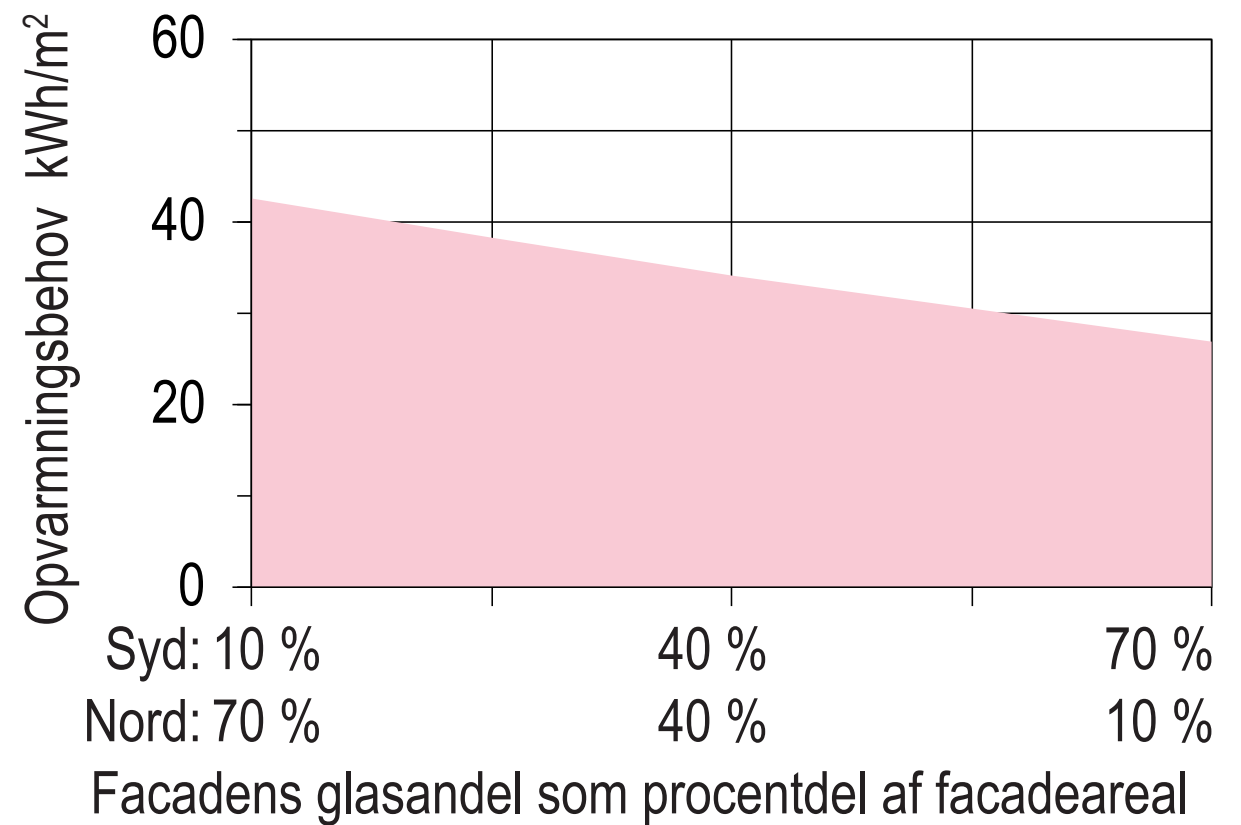
Kommer til Danmark i 1970'erne til trods for anderledes klimaforhold:

- Himlen er skyet eller overskyet 80 % af dagtimerne om vinteren
- Velkendte forsøgsbyggerier med dokumenterede problemer med overophedning om sommeren



# Lavenergi-paradigmer: passiv solvarme

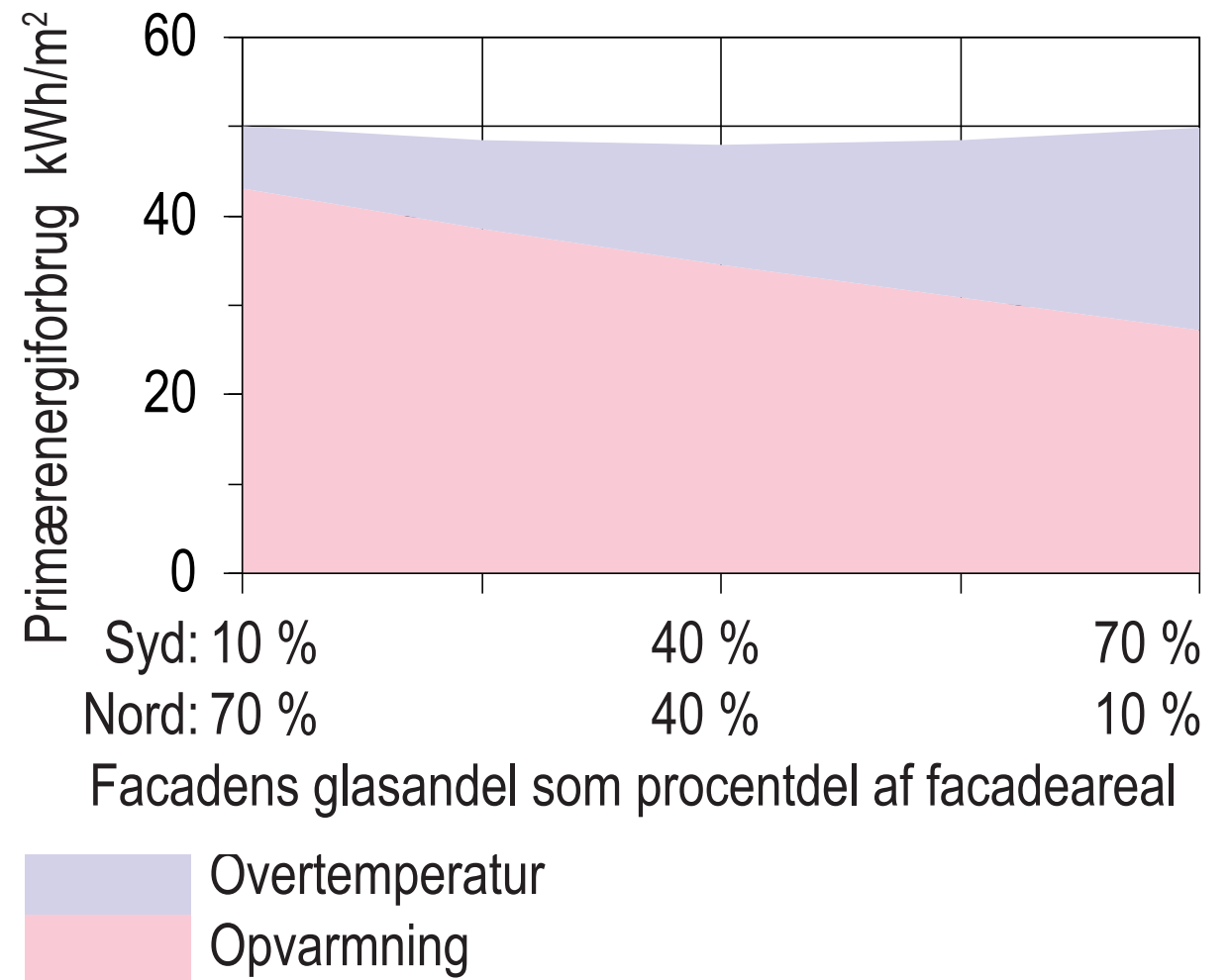
- Afgrænset lavenergi-paradigme med fokus på opvarmning
- Passiv solvarme minimerer opvarmningsbehov



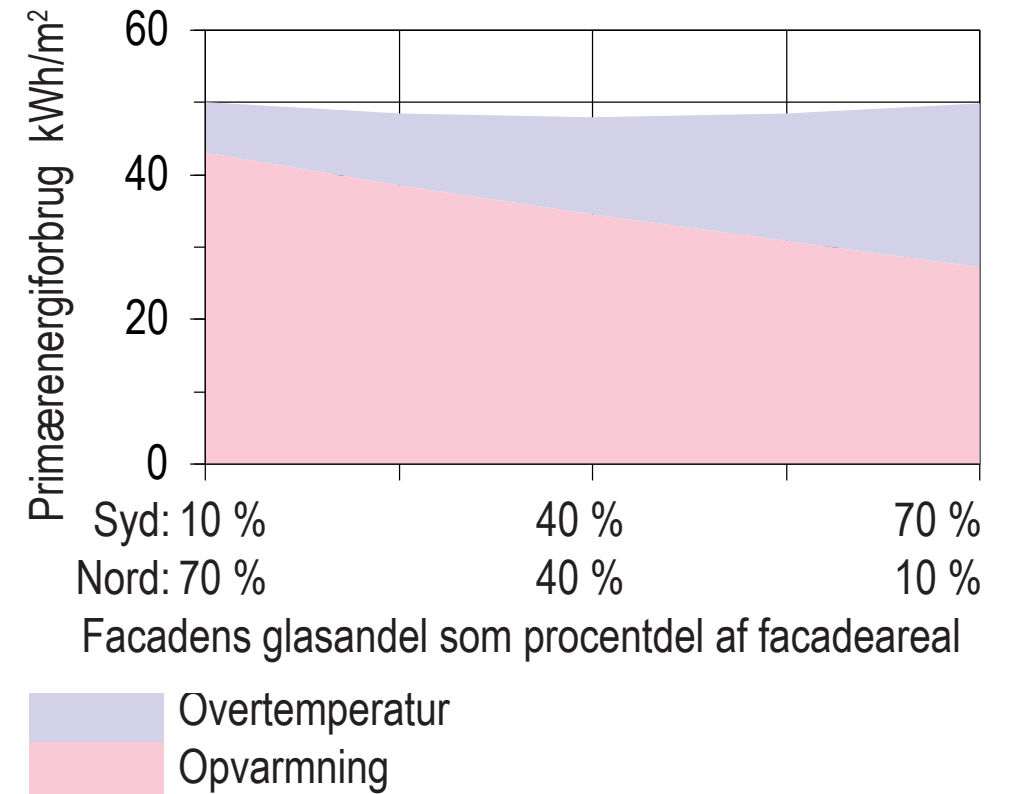
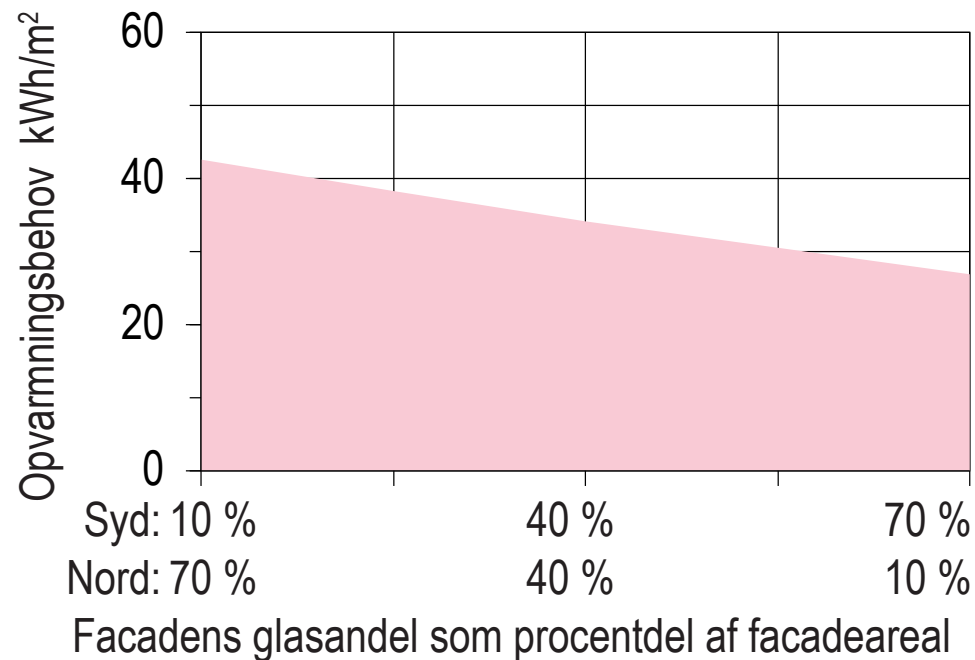


# Lavenergi-paradigmer: passiv solvarme

- Udvidet lavenergi-paradigme med fokus på opvarmning og eliminering af overophedning
- Ingen fordel fra passiv solvarme på grund af overophedning



# Lavenergi-paradigmer: passiv solvarme



## Samme bygning; forskellige *lavenergi*-paradigmer:

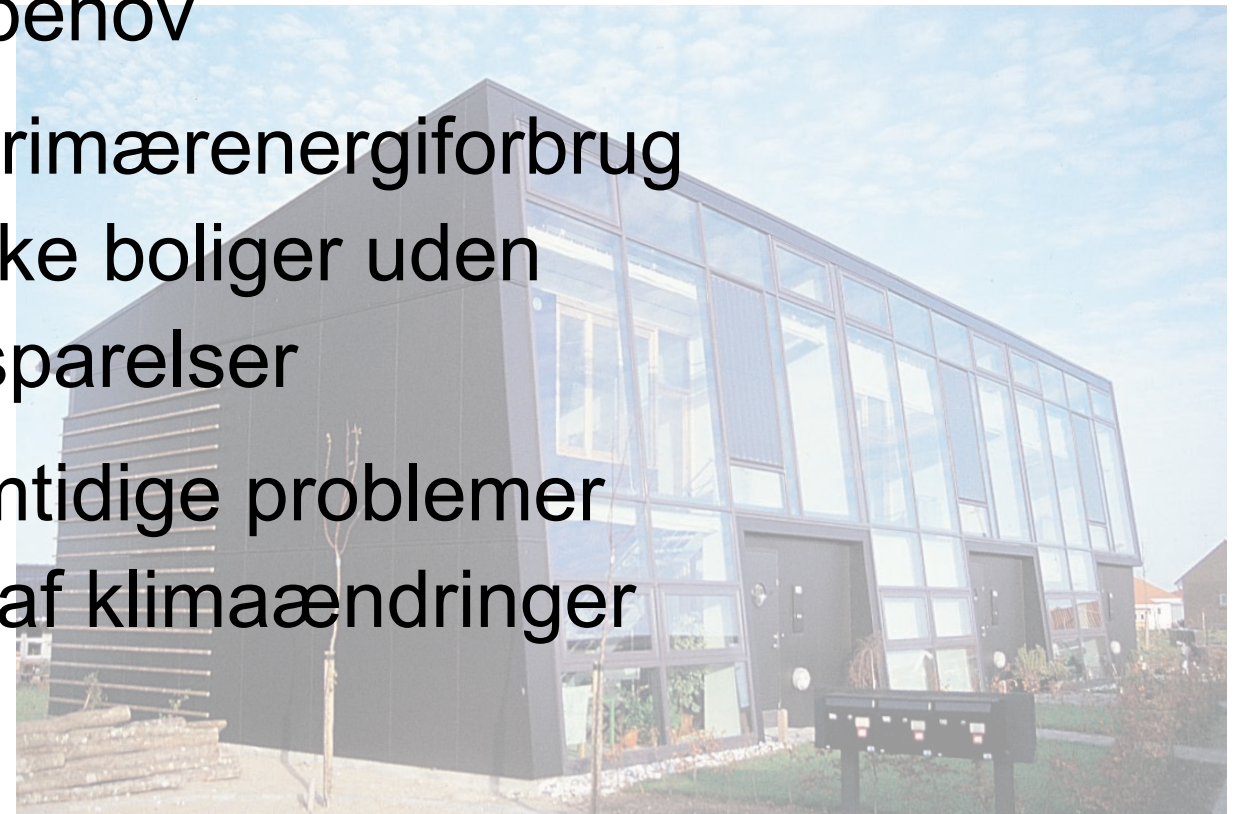
- Snævre lavenergi-paradigmer skaber usynlige problemer
- Varmeforbrug erstattet af elforbrug

# Lavenergi-paradigmer

## 1990'ernes energi- og miljøvenlige boliger:

Lavt energiforbrug? - Nej!

- Lavt opvarmningsbehov
- Højt elforbrug
- Højt kølebehov
- Samme primærenergiforbrug som typiske boliger uden varmebesparelser
- Store fremtidige problemer på grund af klimaændringer

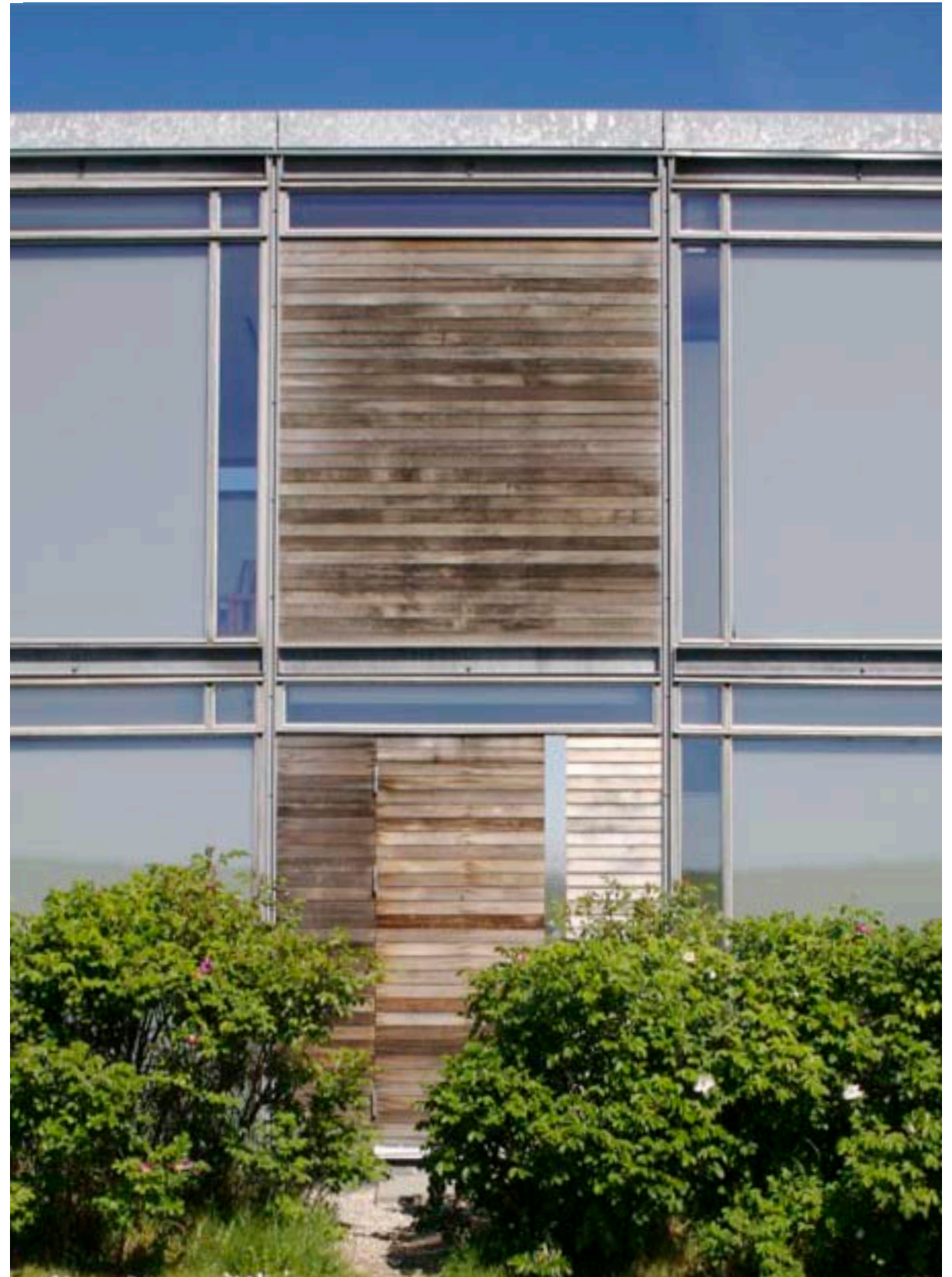




# Hvad er en lavenergibygning?

Vores paradigme for 'lavenergi' har forandret sig:

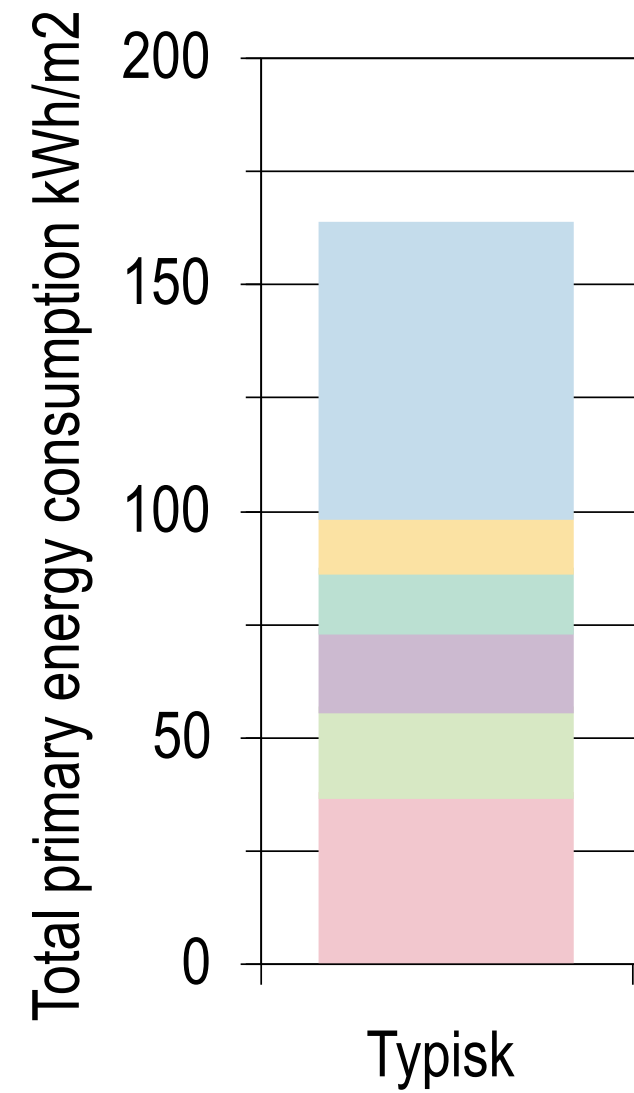
1. Traditionelle varmebesparelser
2. Energibestemmelser
3. CO<sub>2</sub>-neutralitet



# 1: Traditionelle varmebesparelser

Fokus på opvarmning:

- Kun 20% af samlet primærenergi

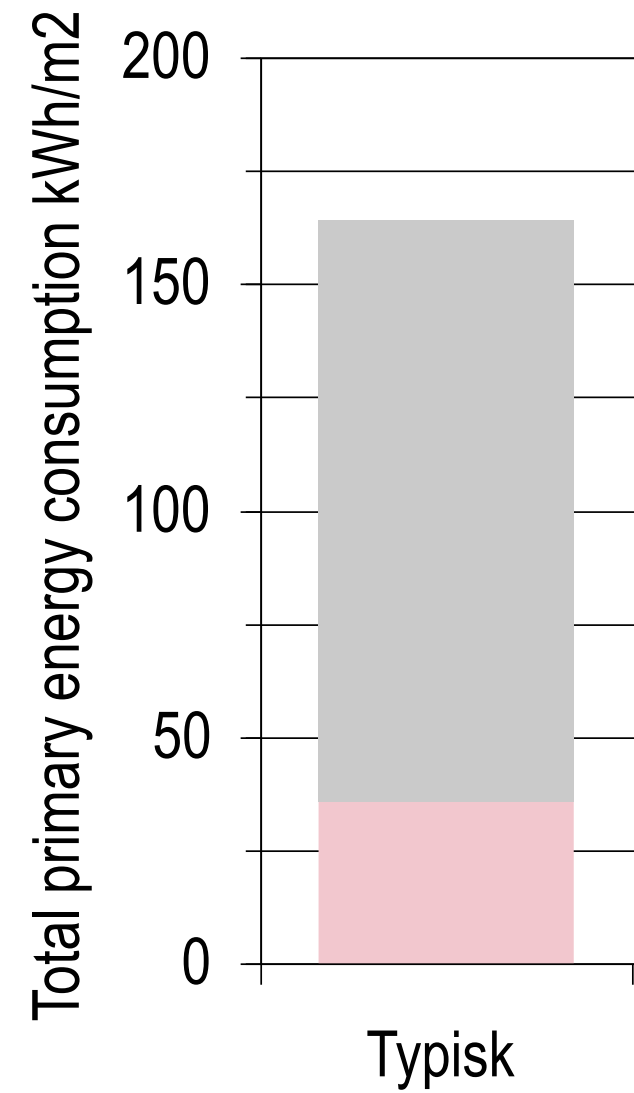




# 1: Traditionelle varmebesparelser

Fokus på opvarmning:

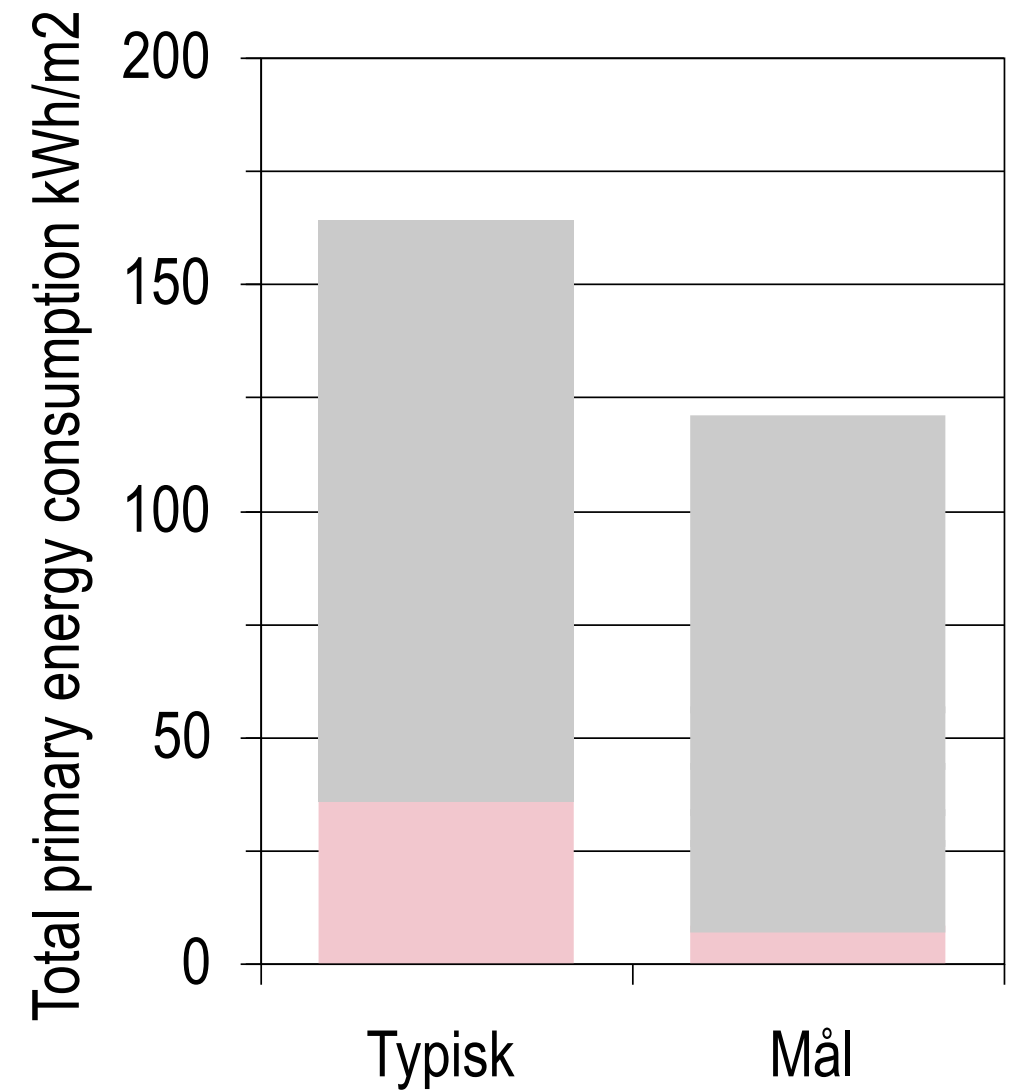
- Kun 20% af samlet primærenergi



# 1: Traditionelle varmebesparelser

Opvarmning reduceres med 80 %  
til under 15 kWh/m<sup>2</sup>

- Samlet besparelse kun 20 %



# 1: Traditionelle varmebesparelser

Opvarmning reduceres med 80 %  
til under 15 kWh/m<sup>2</sup>

- Samlet besparelse kun 20 %
- 'Passivehuse'



## 2: Energibestemmelser

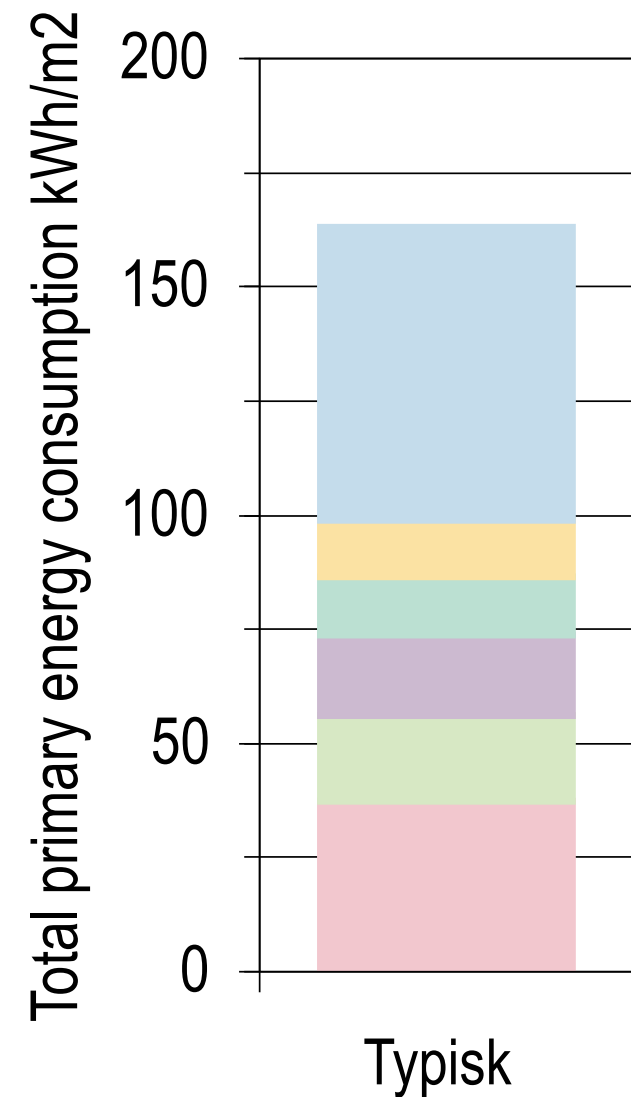
Fokus på: Opvarmning

Varmt brugsvand

Overophedning/køling

Teknik

- 50% af samlet primærenergi
- Kan ikke stille krav til apparater på grund af Byggeloven



## 2: Energibestemmelser

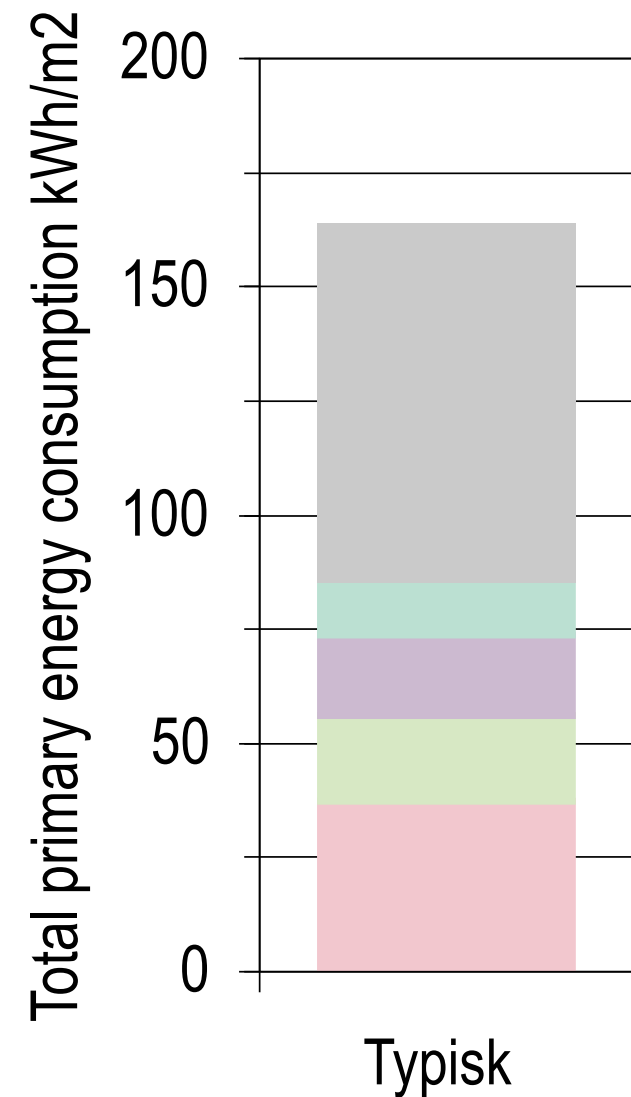
Fokus på: Opvarmning

Varmt brugsvand

Overophedning/køling

Teknik

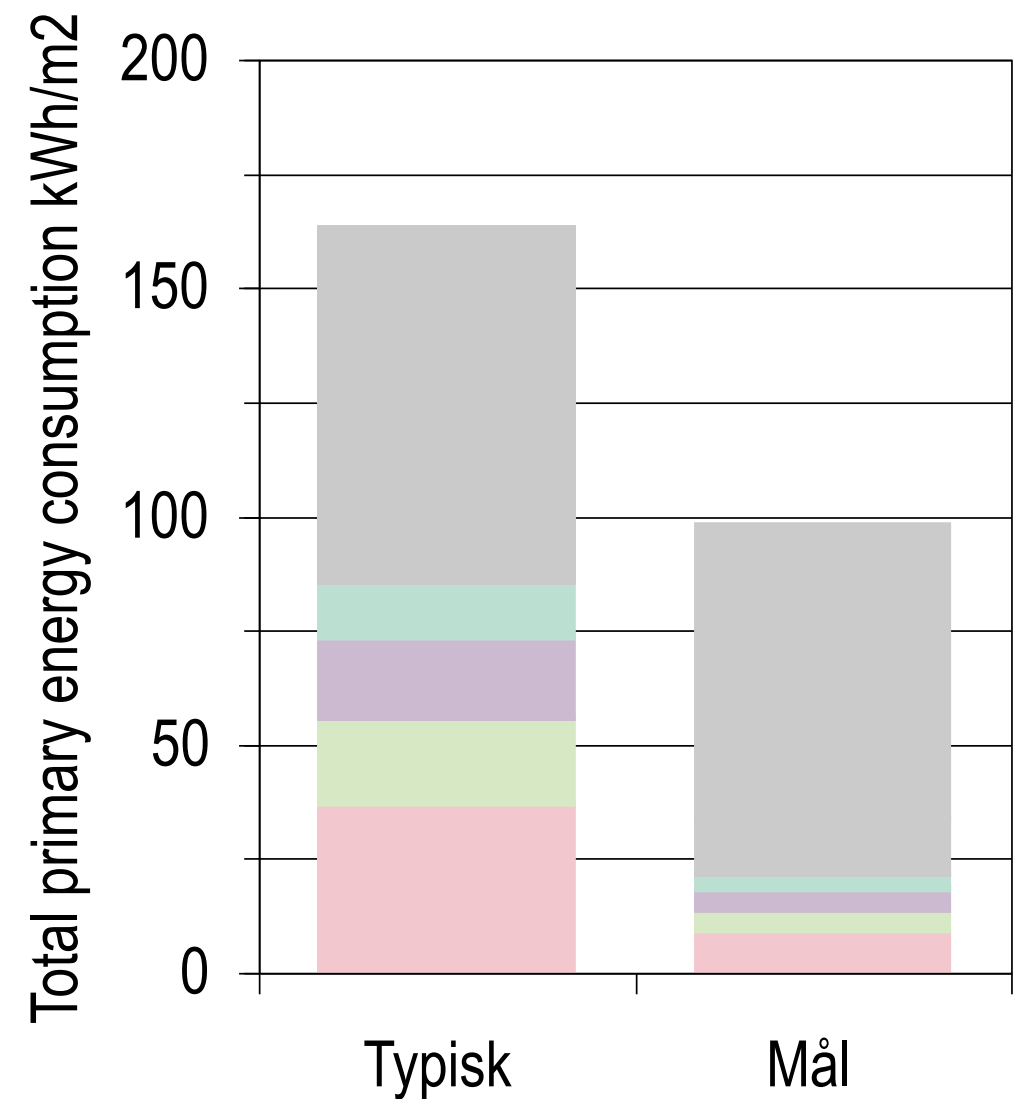
- 50% af samlet primærenergi
- Kan ikke stille krav til apparater på grund af Byggeloven



## 2: Energibestemmelser

Politisk målsætning om  
75 % reduktion inden 2020:

- Besparelser for brugere kun 38% fordi belysning og apparater ikke er omfattet





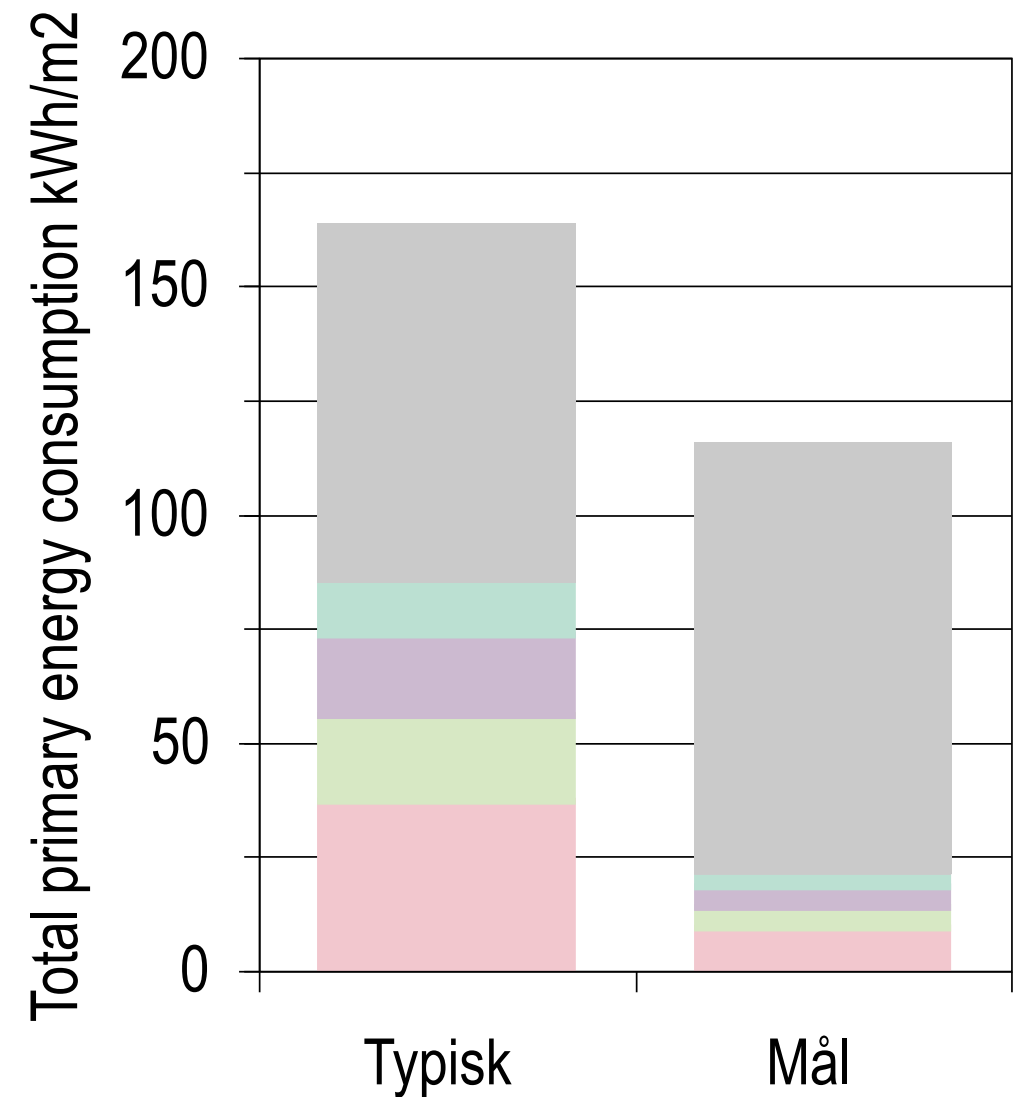
## 2: Energibestemmelser

Ikke-reguleret elforbrug forventes at vokse 25 % inden 2020:

- Ansvarlig for 85 % af forbruget

Er det en fornuftig balance?

- Hvordan kan vi regulere elforbrug hvis energibestemmelserne ikke kan?



### 3: CO<sub>2</sub>-neutralitet

Fokus: Opvarmning

Varmt brugsvand

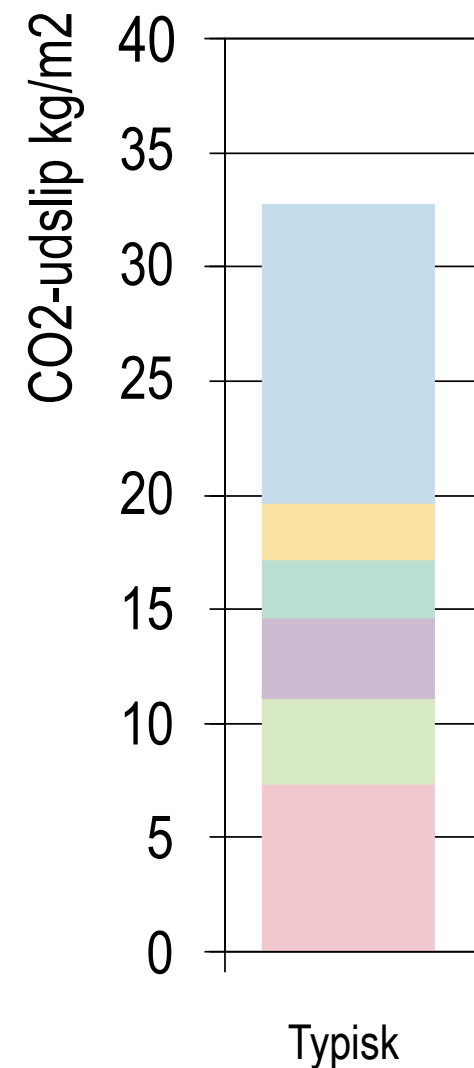
Overophedning/køling

Teknik

Belysning

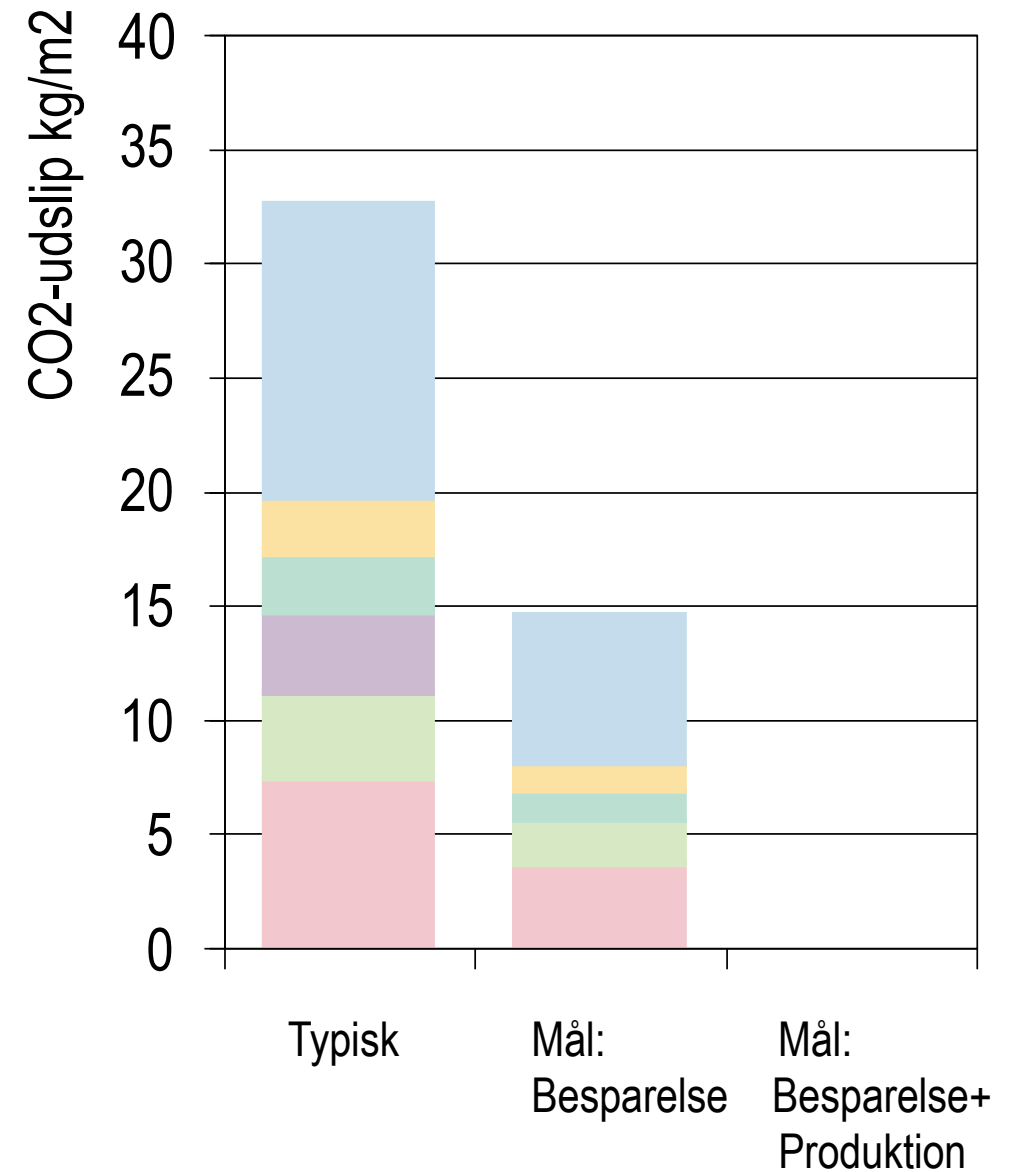
Elapparater

Og: Vedvarende energiproduktion  
i samspil med energisystem



### 3: CO<sub>2</sub>-neutralitet

- Bredt spektrum af el- og varmebesparelser
- Bygningsintegreret vedvarende energiproduktion for energineutralitet på årsbasis

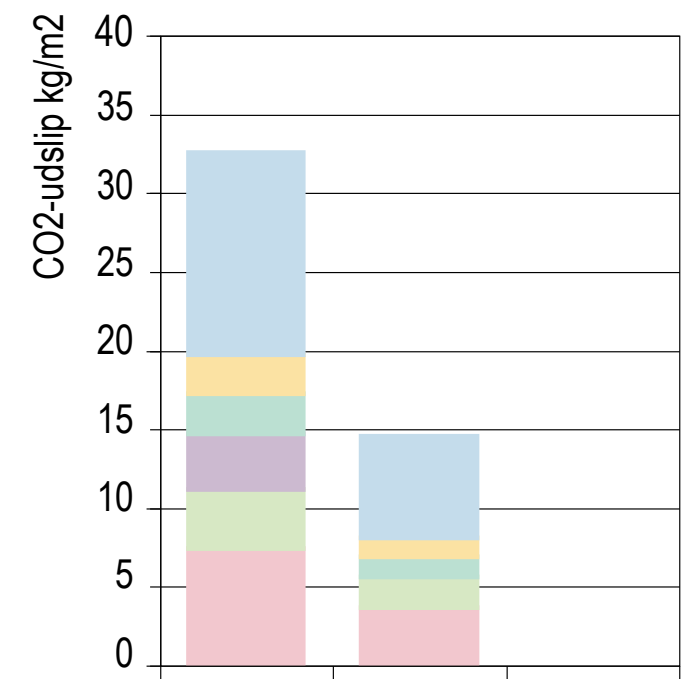
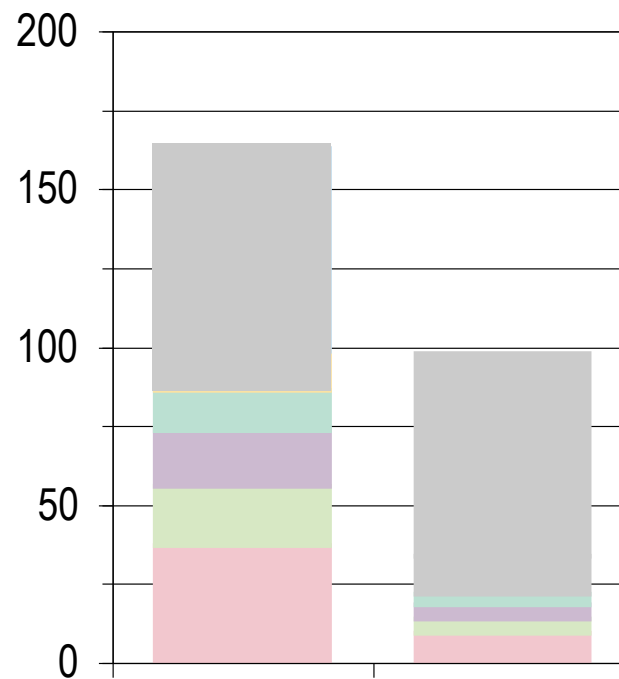
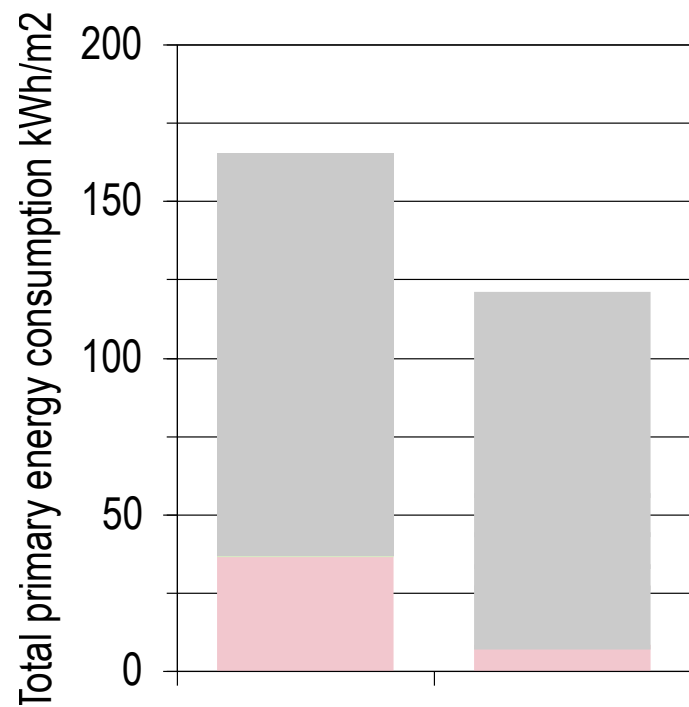


### 3: CO<sub>2</sub>-neutralitet

- Bredt spektrum af el- og varmebesparelser
- Bygningsintegreret vedvarende energiproduktion for energineutralitet på årsbasis



# Lavenergi-paradigmer



Snæver

Bred

Fagspecifik

Helhedsbaseret

Lokal

Global

Industriamfund

Vidensamfund

