



Arkitektur, energi & klima i helhedsperspektiv

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

Eksisterende bygningsmasse

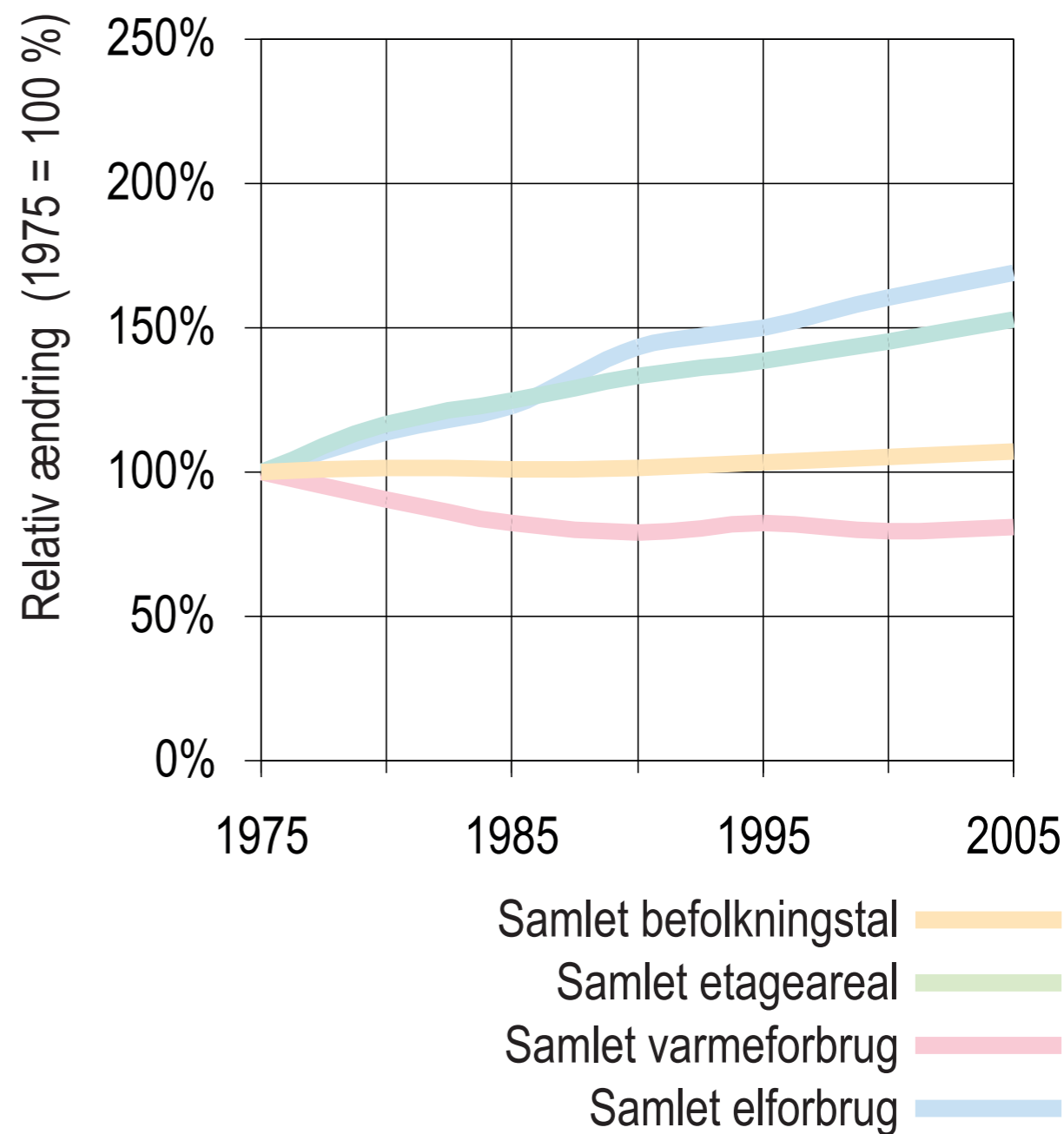
Samlet boligareal 1975 - 2005:

Lav befolkningsvækst: + 7 %

Voksende etageareal: + 50 %

Faldende varmeforbrug: - 20 %

Voksende elforbrug: + 70 %



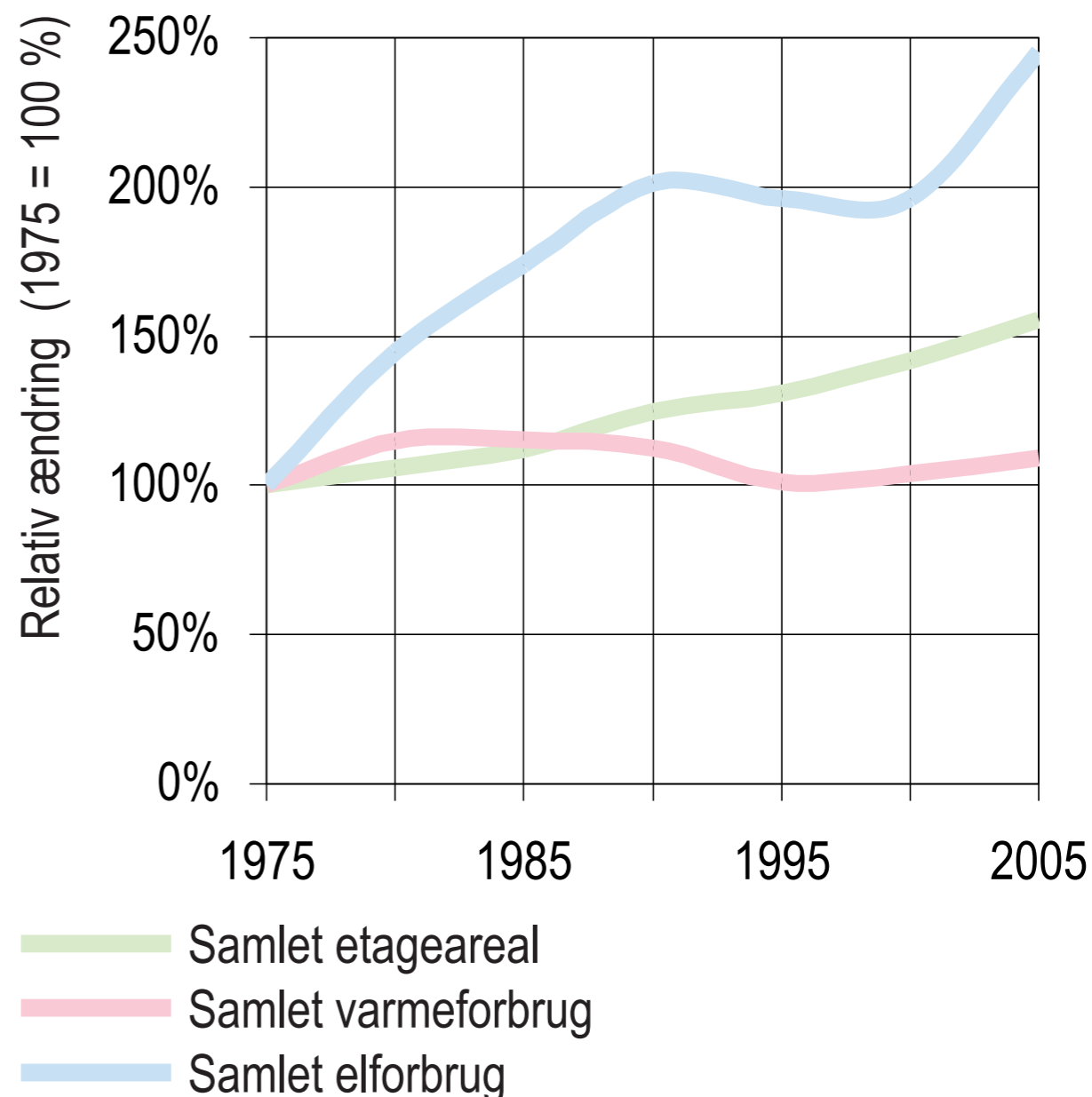
Eksisterende bygningsmasse

Samlet kontorareal 1975 - 2005:

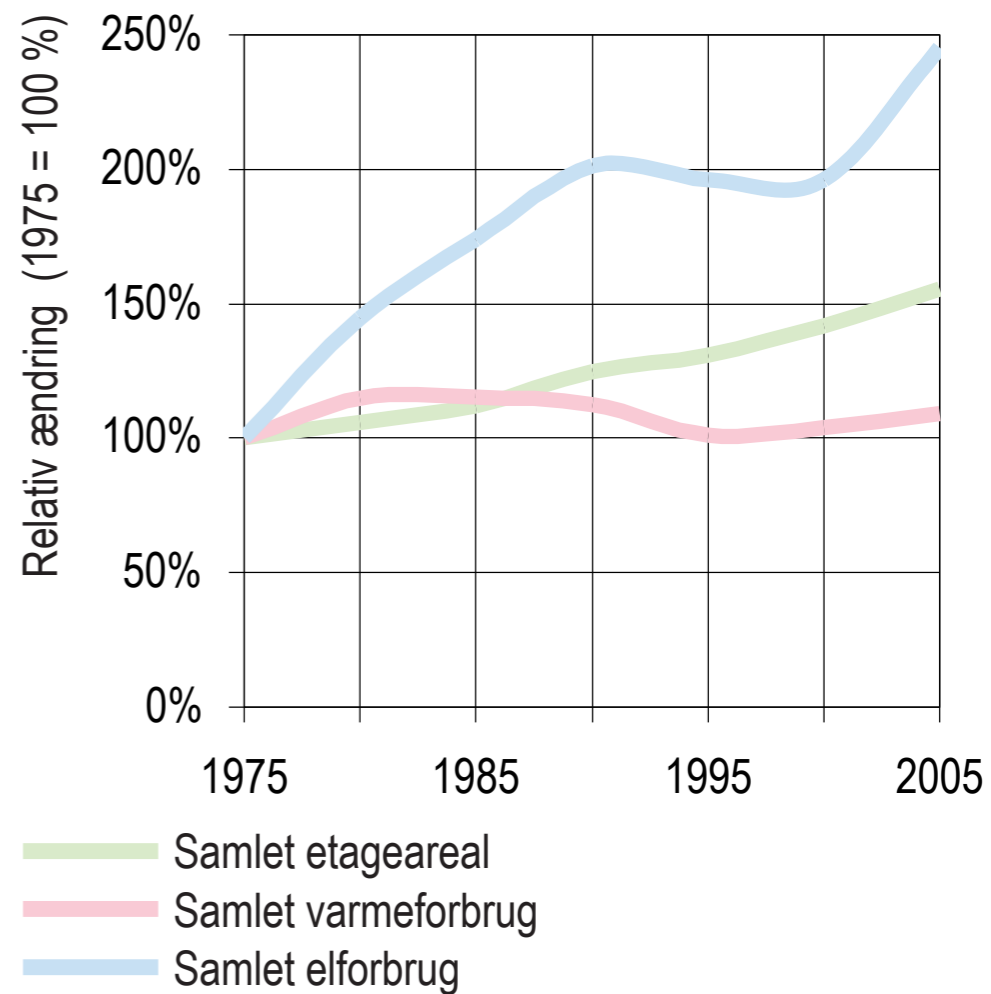
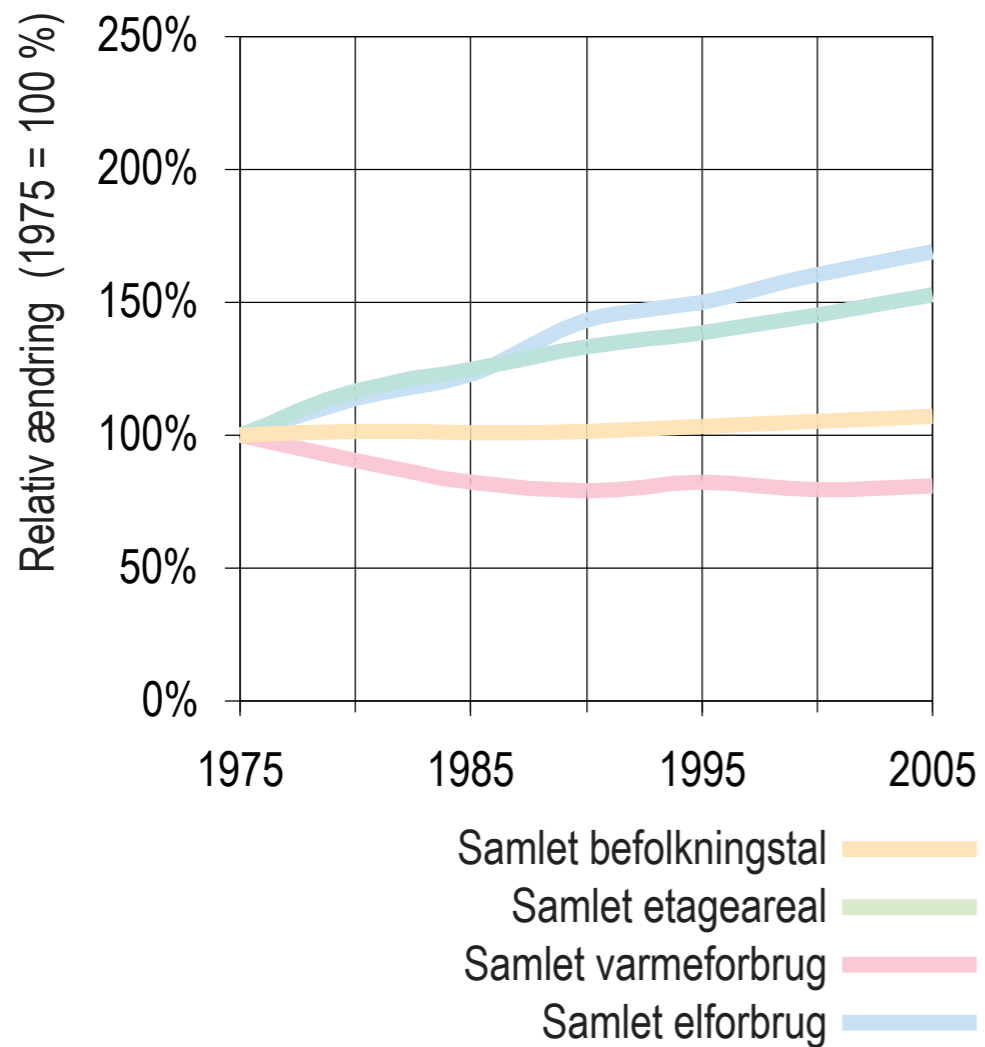
Voksende etageareal: + 55 %

Stabilt varmemeforbrug: + 10 %

Voksende elforbrug: + 160 %



Eksisterende bygningsmasse



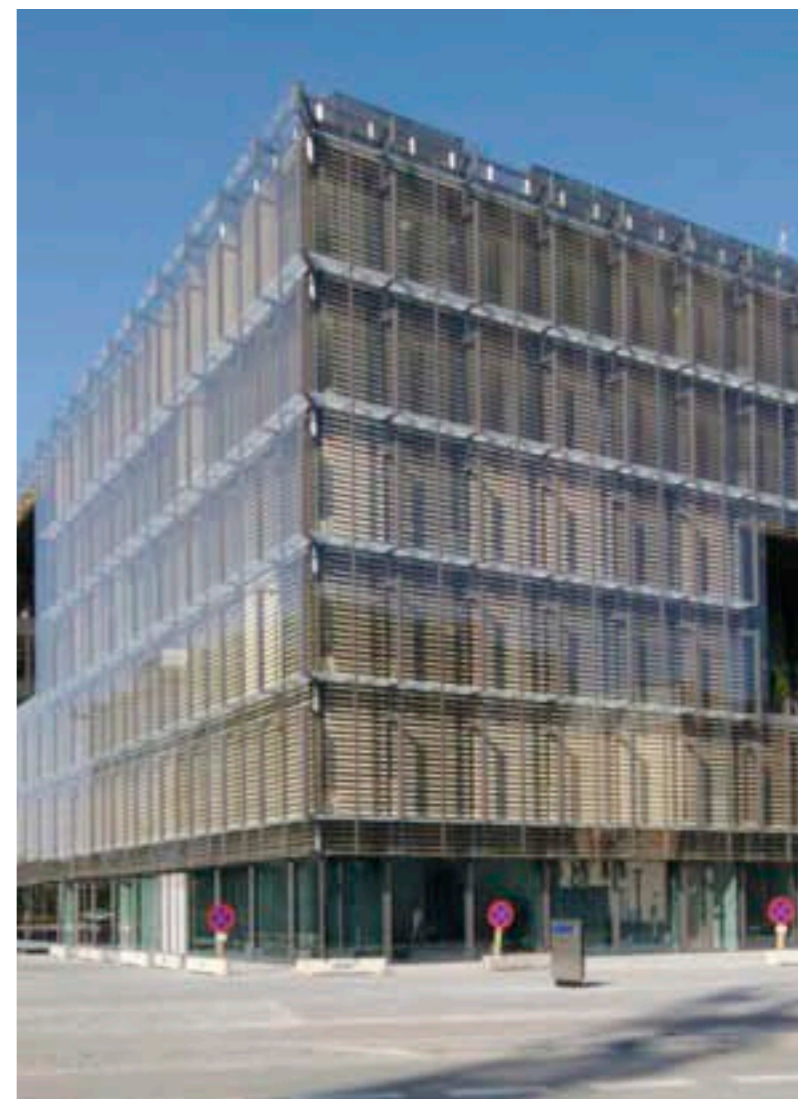
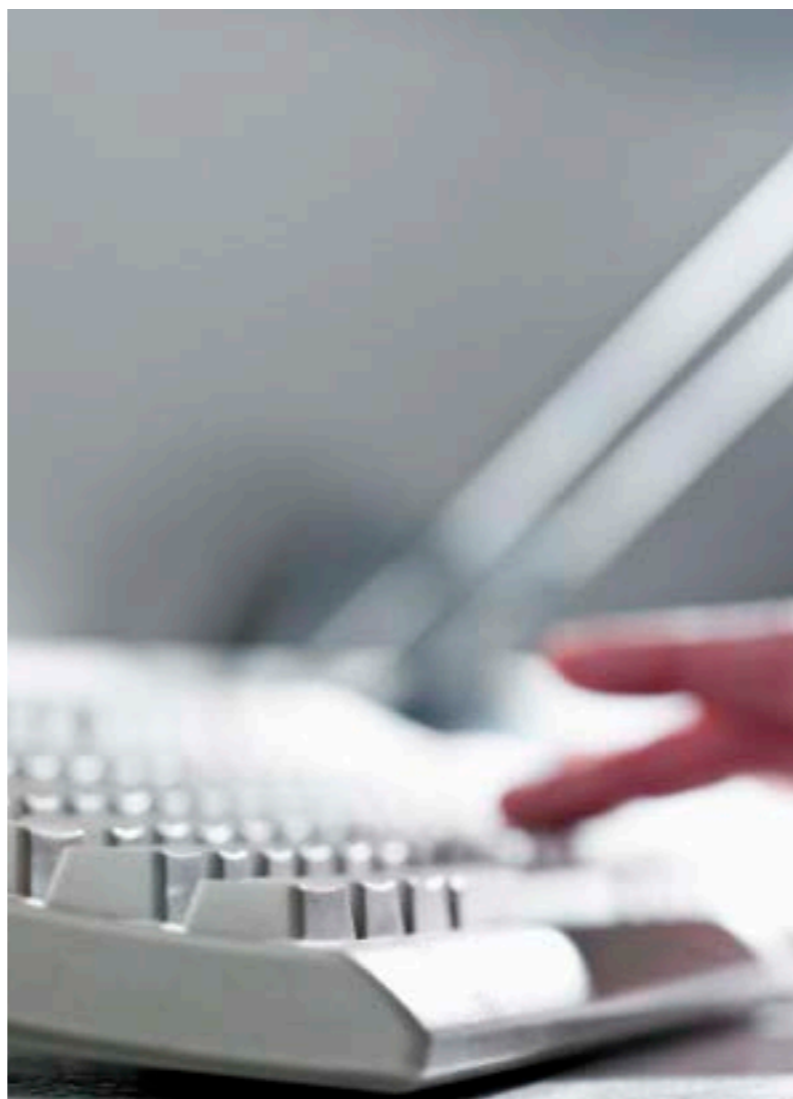
Eksisterende bygningsmasse



Faldende/stabilt varmeforbrug:

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

Eksisterende bygningsmasse



Kraftigt stigende elforbrug:

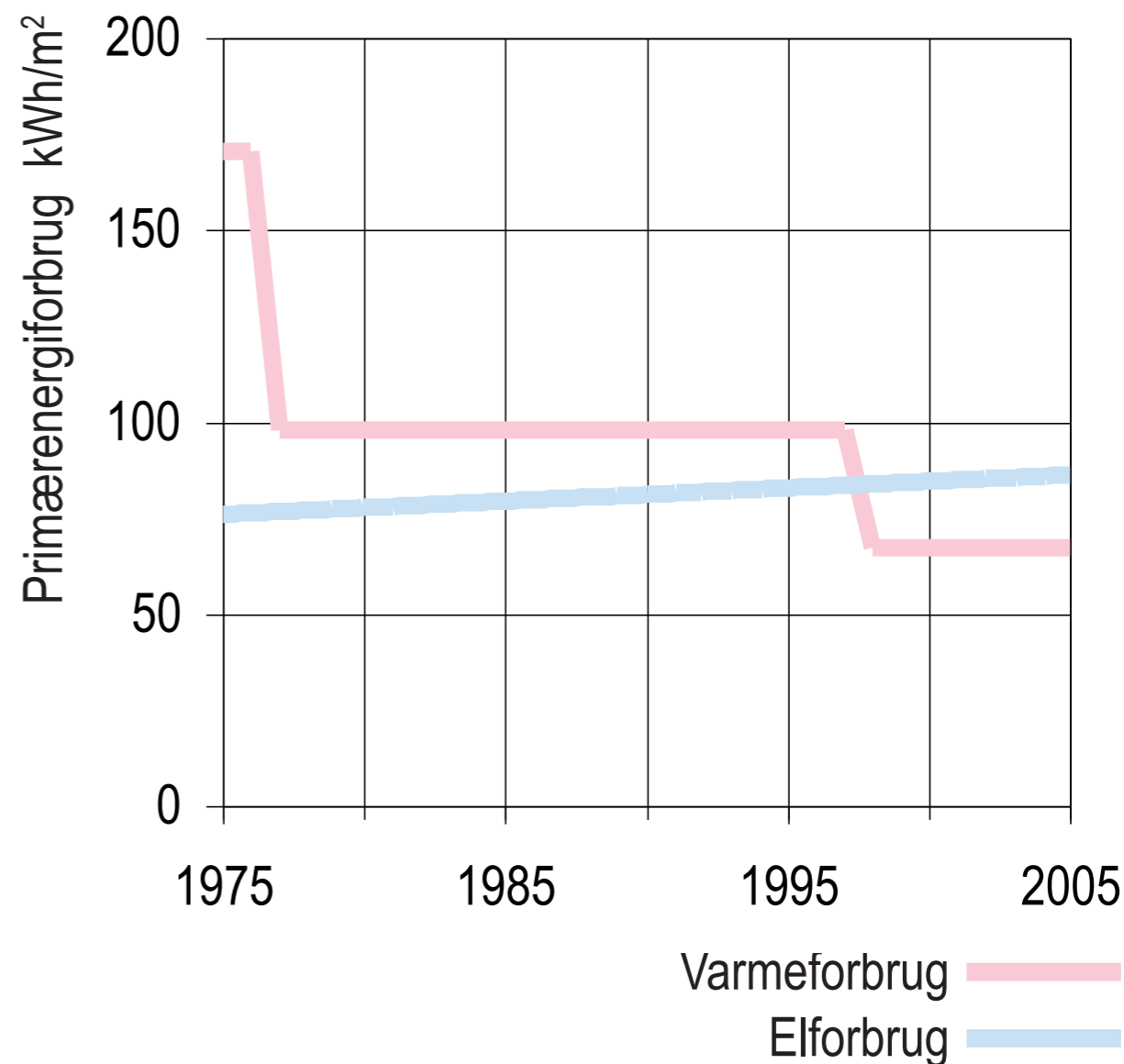
- Voksende ejerskab af elapparater
- Vækst i vidensamfundet, IT/multimedie og serviceerhverv
- Nye bygningstyper med stort elforbrug til belysning, ventilation, køling

Tidstypisk nybyggeri

Nybyggede boliger 1975 - 2005:

Faldende varmeforbrug: - 60 %

Voksende elforbrug: + 10 %

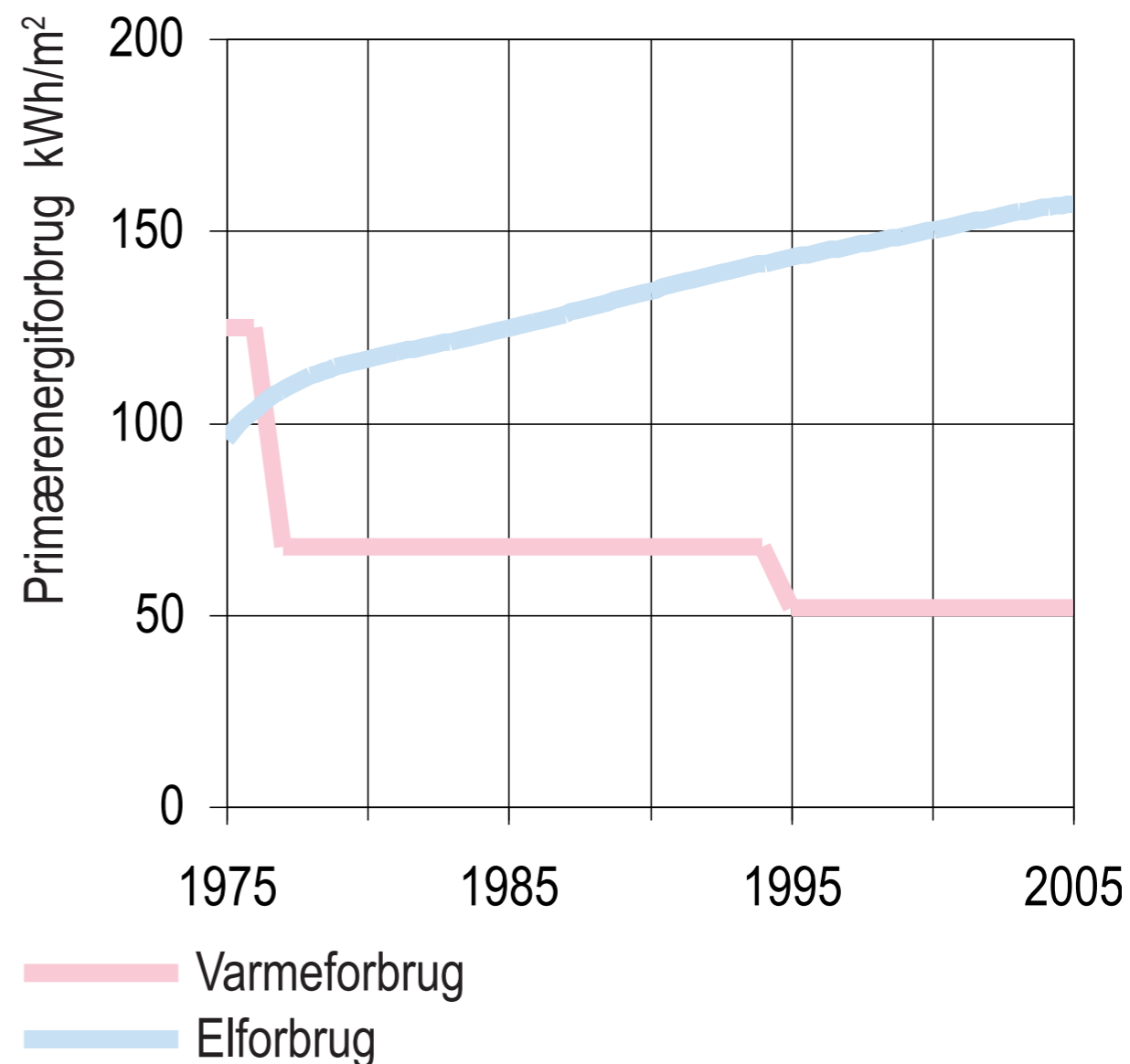


Tidstypisk nybyggeri

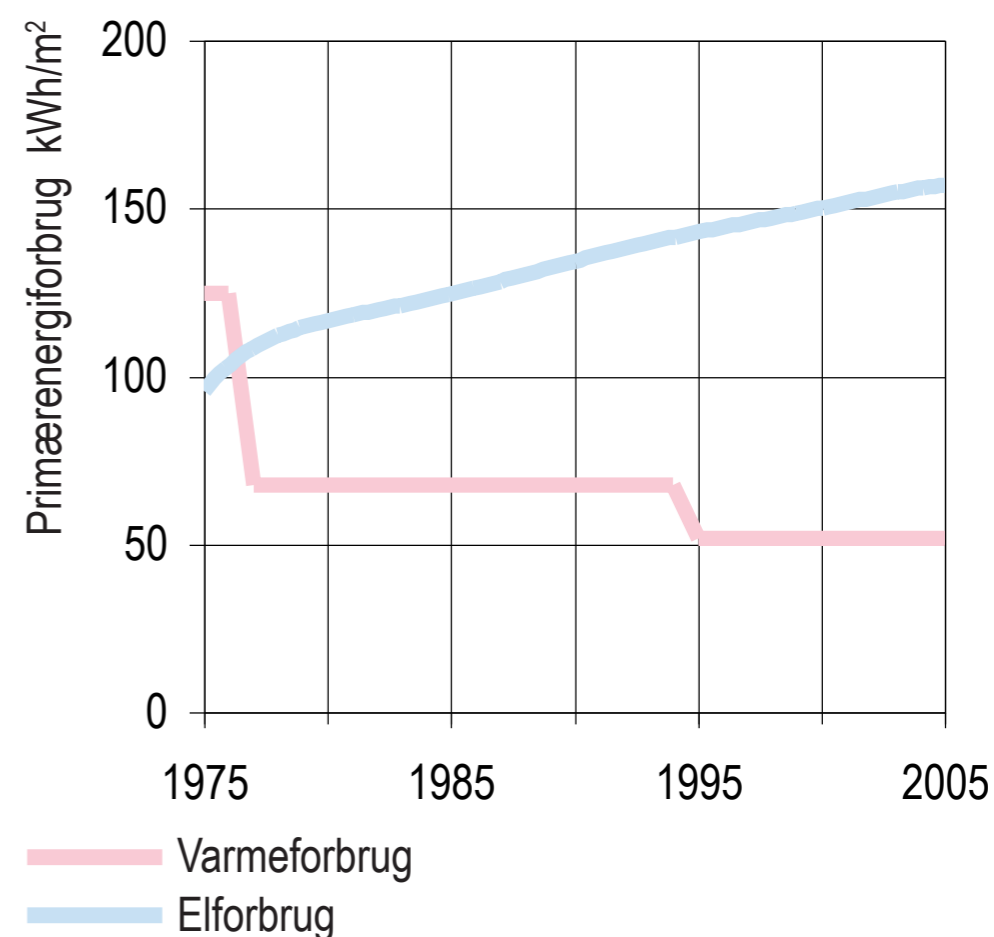
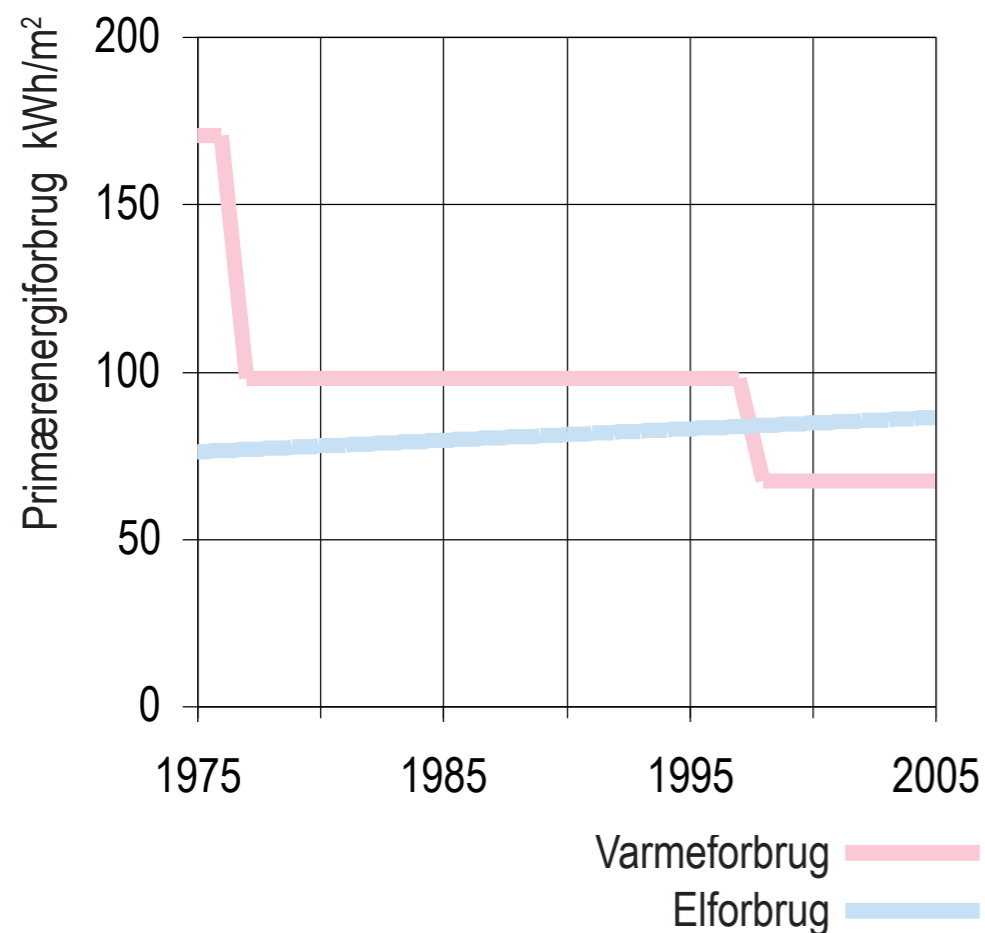
Nybyggede kontorer 1975 - 2005:

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

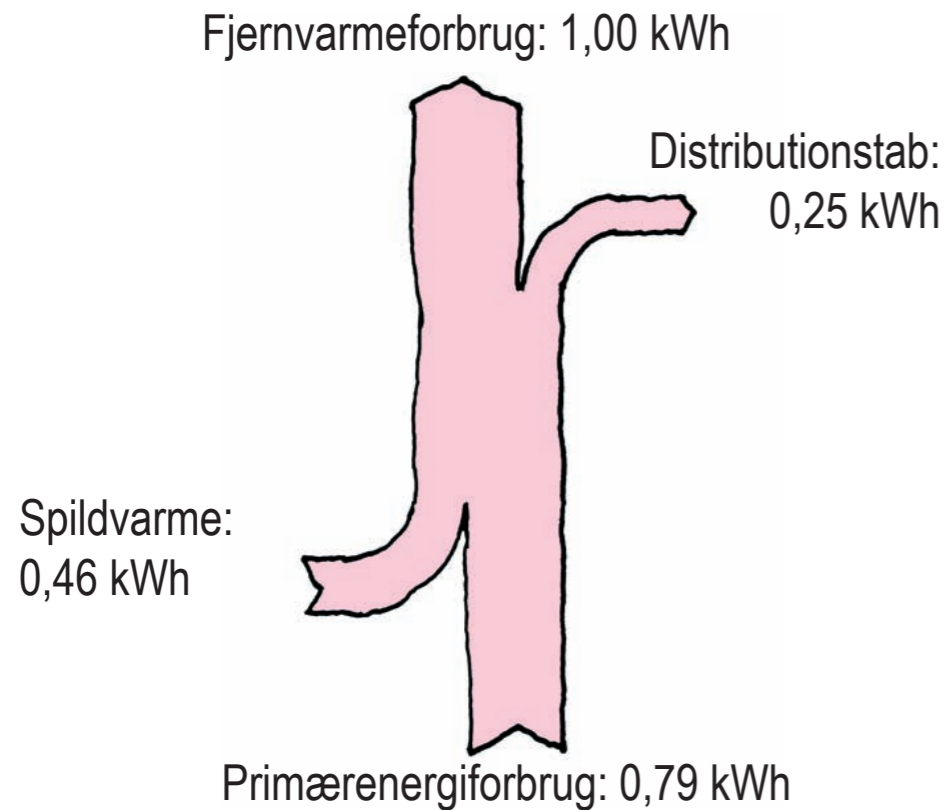
Efter 2006:

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

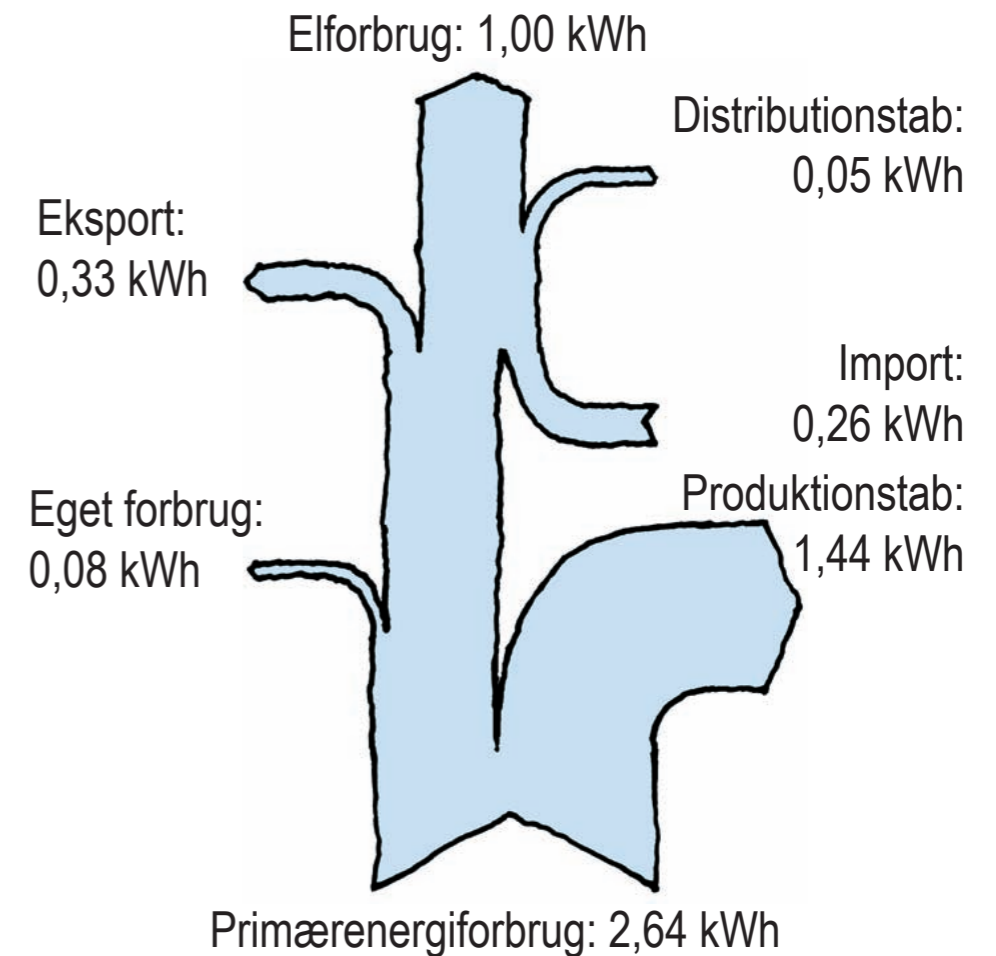
Fjernvarme/olie/gas: 1,0

Elektricitet: 2,5

Primærenergifaktorer



Energibestemmelser : 1,00
Primærenergiforbrug: 1,00
CO₂-udslip: 1,00

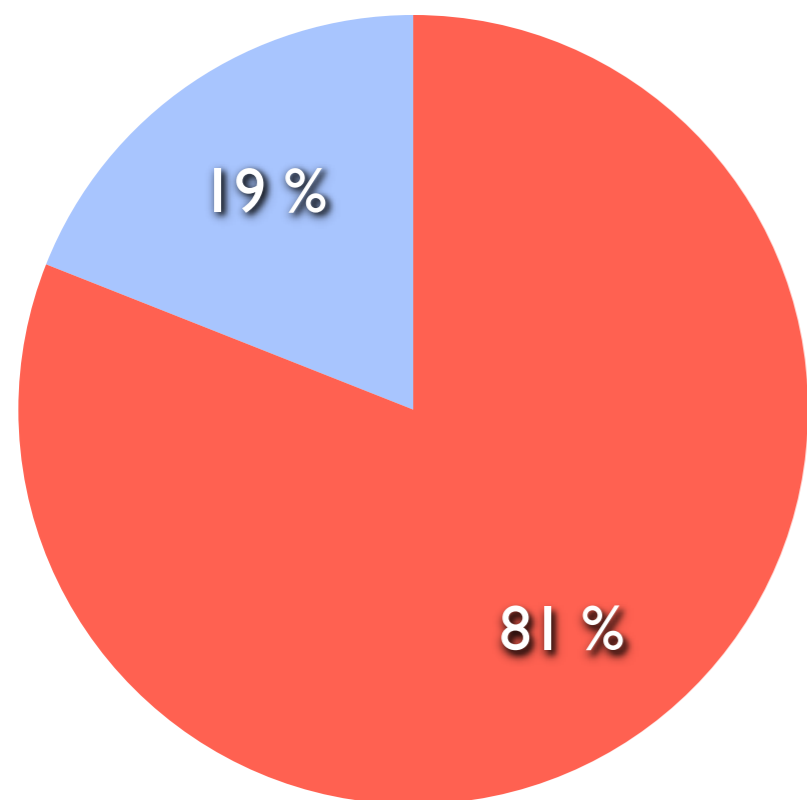


Energibestemmelser: 2,50
Primærenergiforbrug: 3,30
CO₂-udslip: 4,20

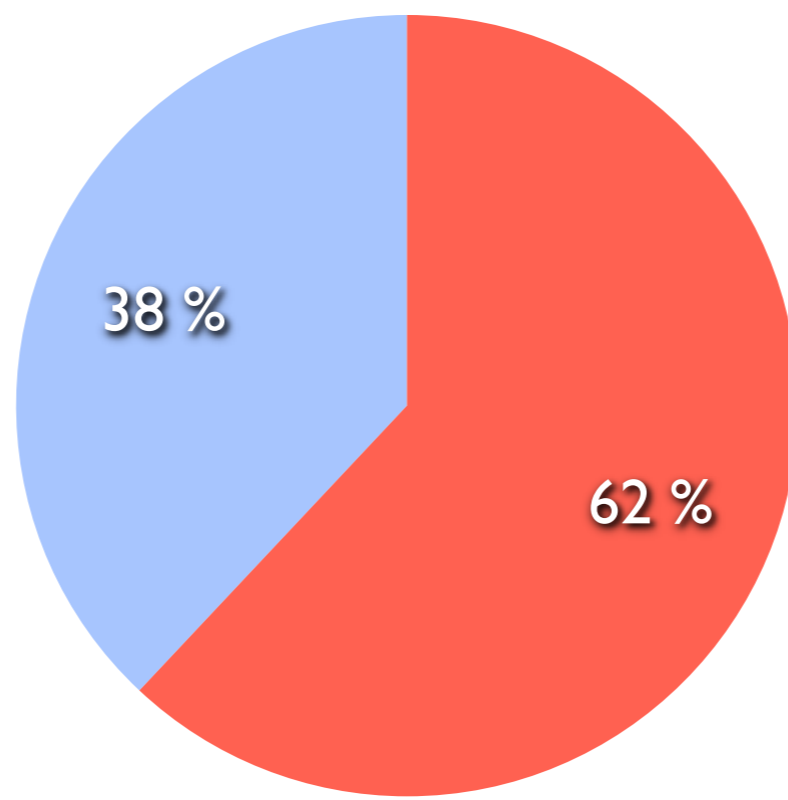
- Elbesparelser 3-4 gange mere effektive end varmebesparelser

Primærenergifaktorer: Eksisterende boligmasse

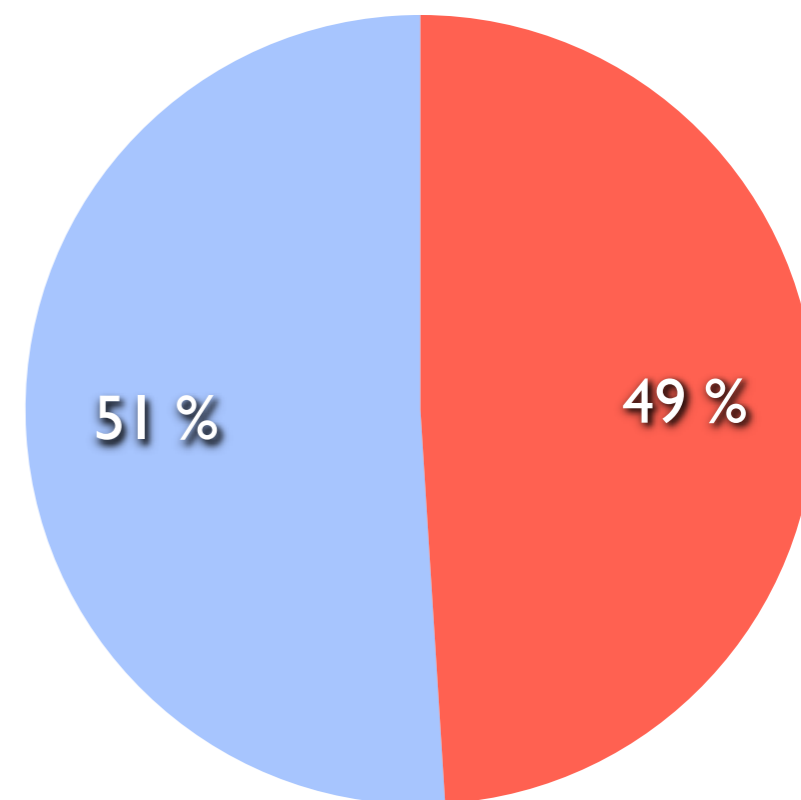
● Varmeforbrug ● Elforbrug



Målt energiforbrug



Primærenergiforbrug



CO₂-udslip

Samlet primærenergiforbrug

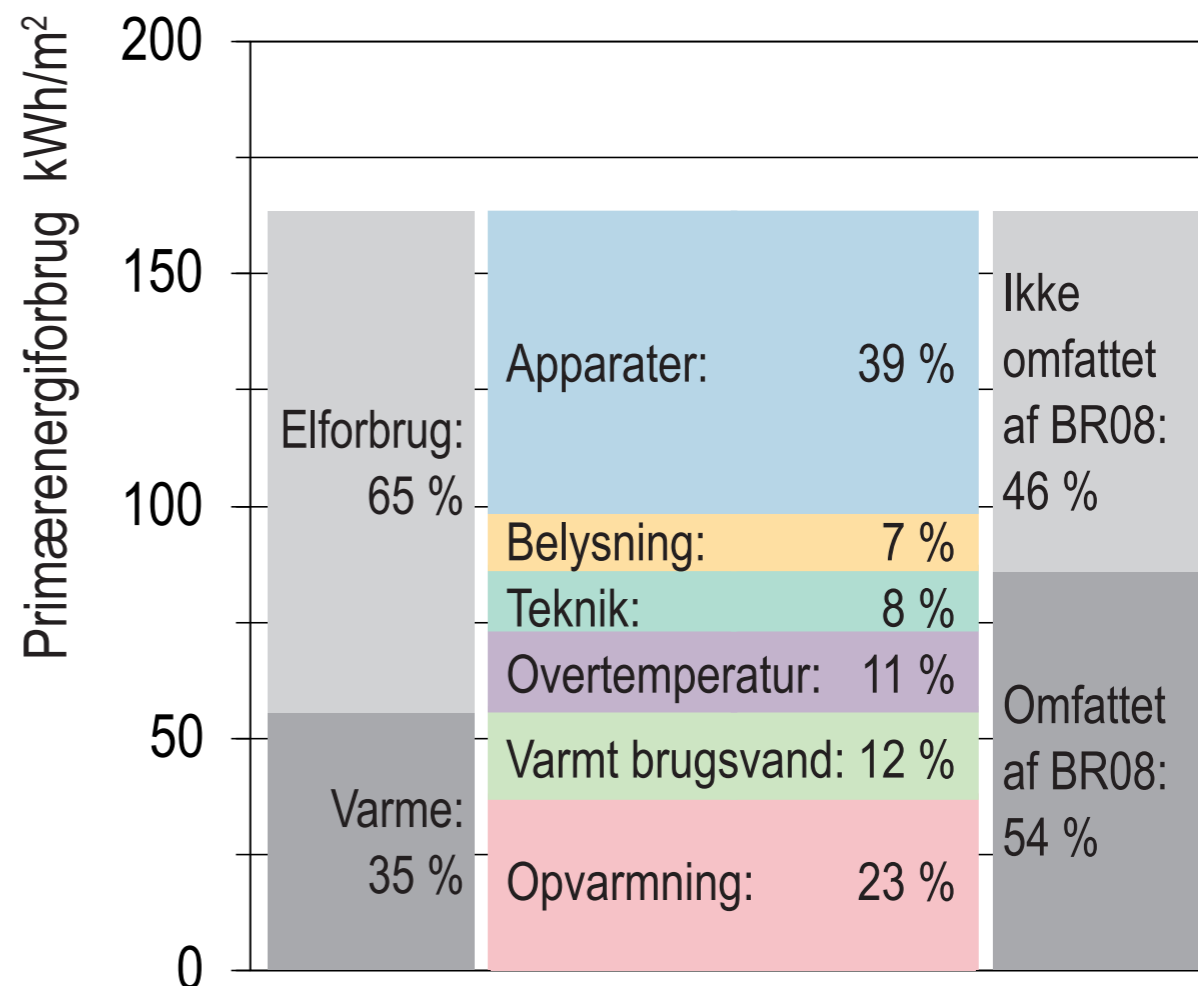
Nye boliger:

Samlet primærenergiforbrug består af:

- Elforbrug: 65 %
- Varmeforbrug: 35 %

Af det samlede primærenergiforbrug:

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



Samlet primærenergiforbrug

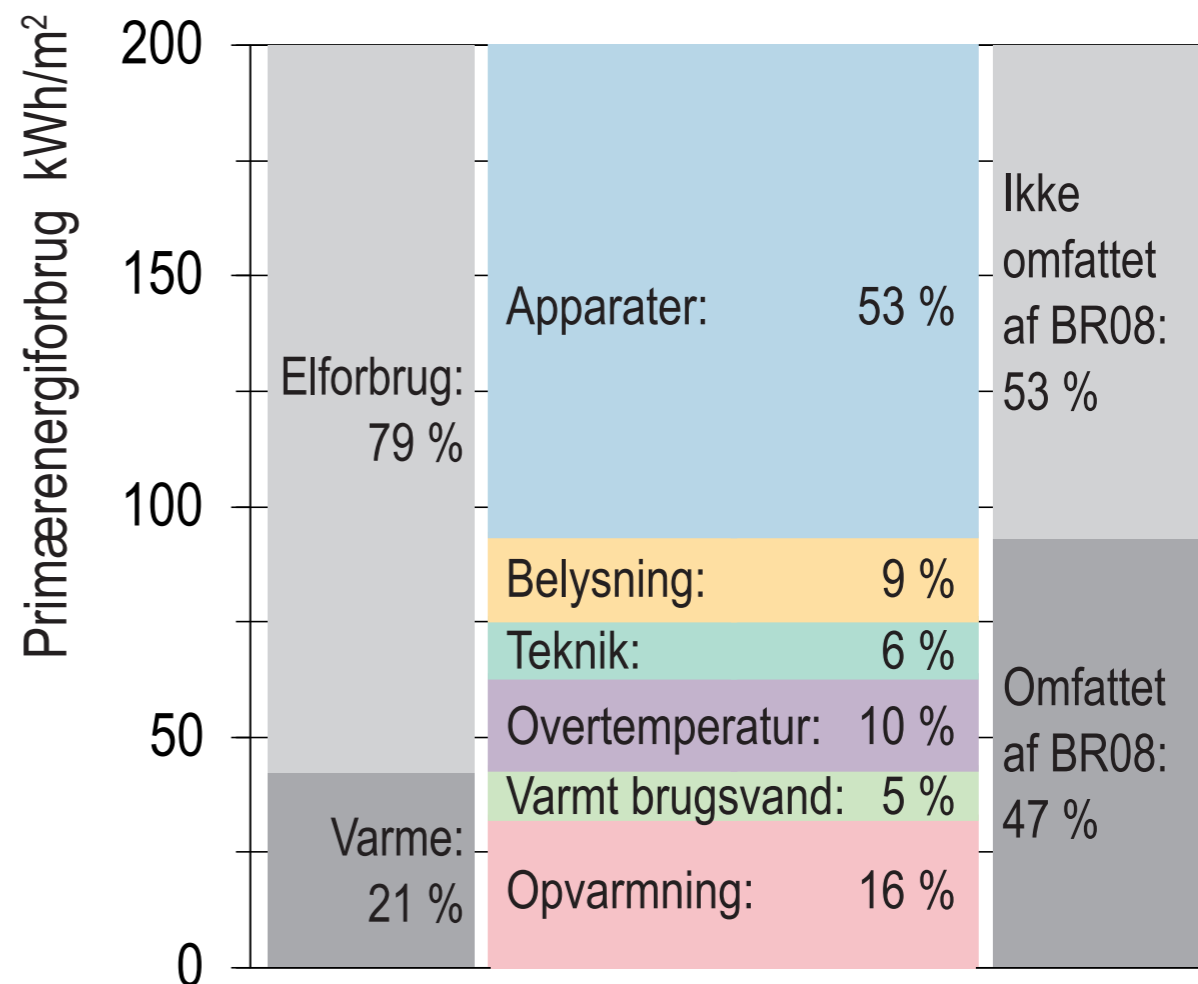
Nye kontorer:

Samlet primærenergiforbrug består af:

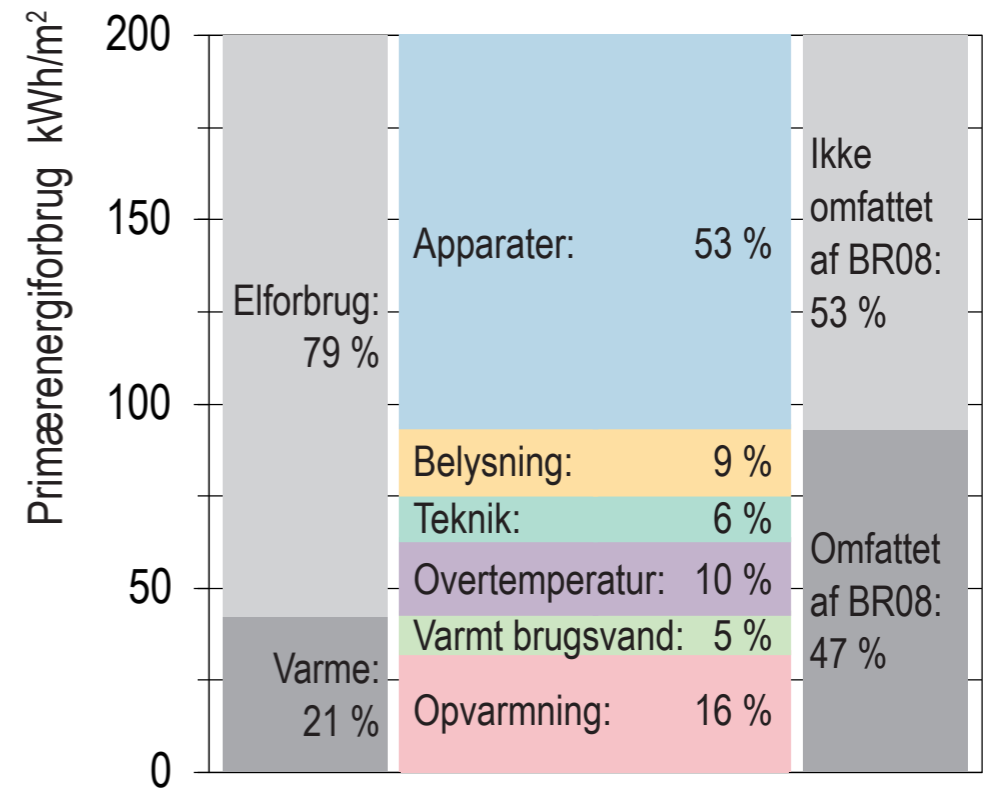
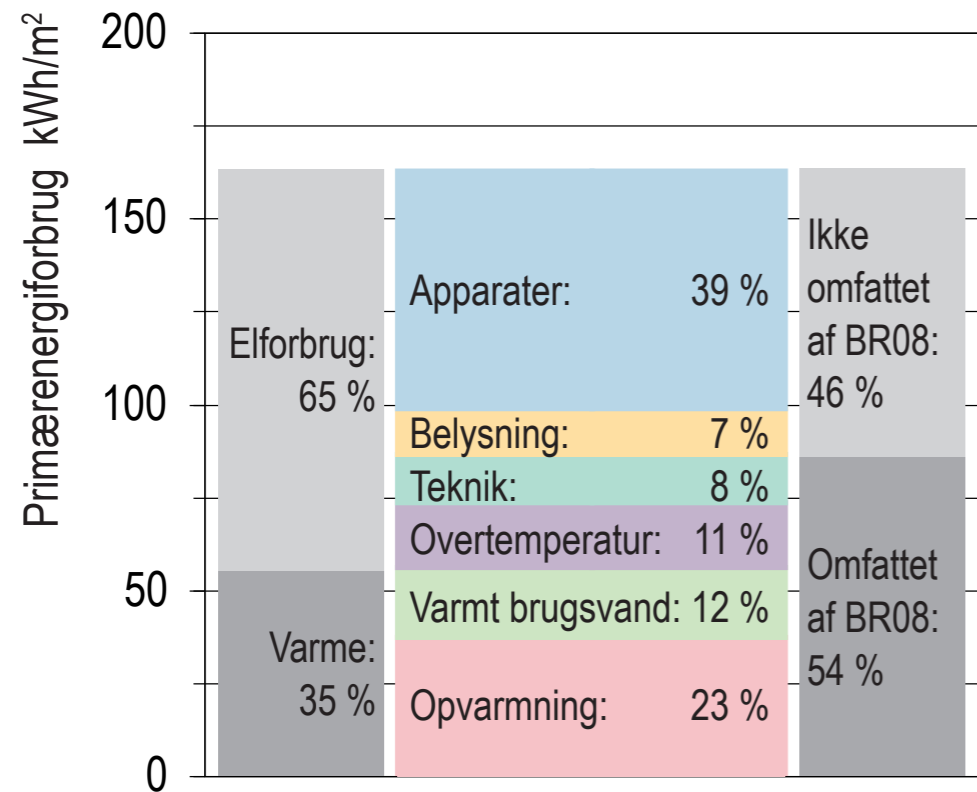
- Elforbrug: 80 %
- Varmeforbrug: 20 %

Af det samlede primærenergiforbrug:

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



Samlet primærenergiforbrug



Paradigmeskifte i nye bygningers energiforbrug:

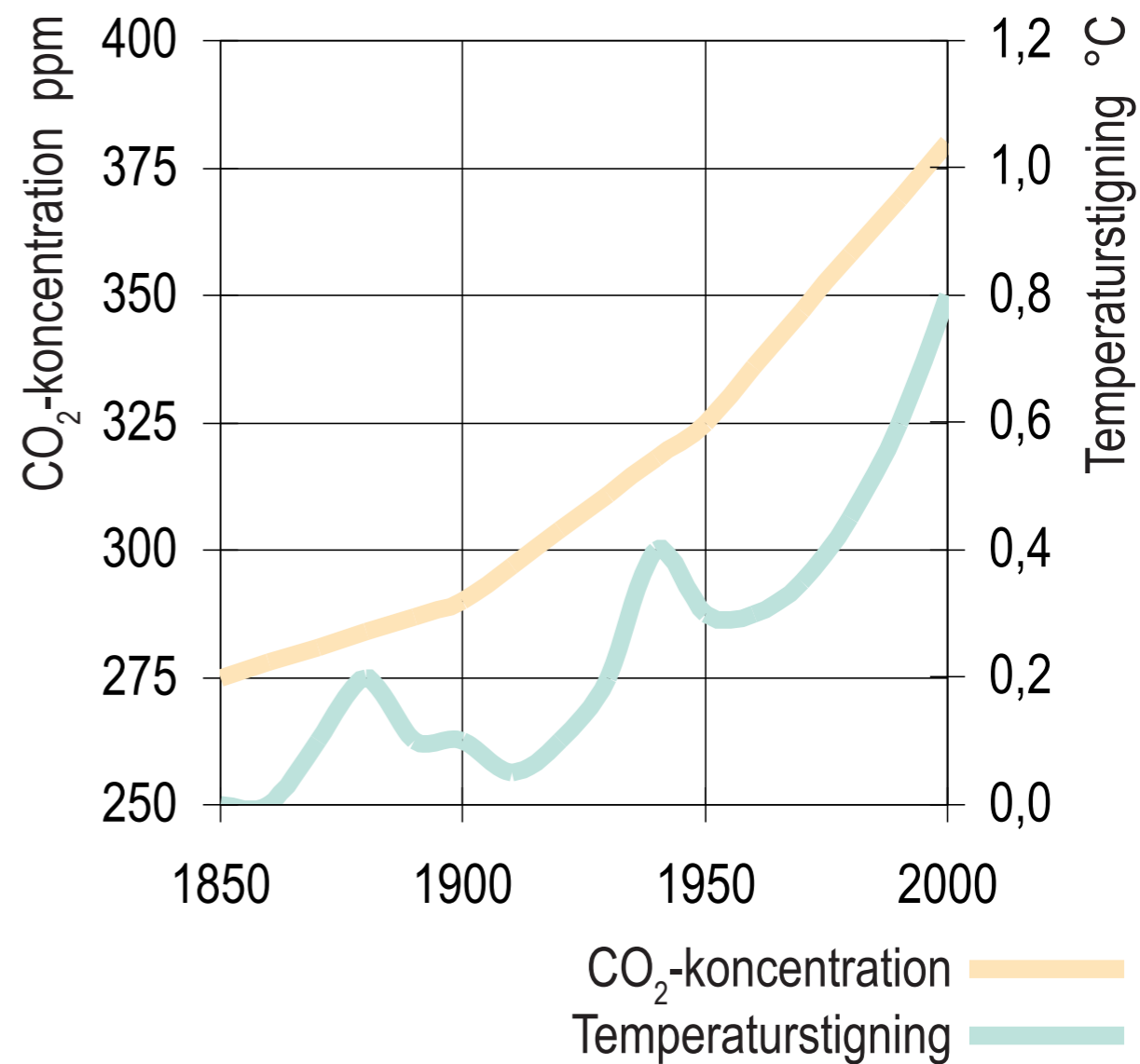
- Videnssamfundets betydning
- Kræver bredt spektrum af løsninger som spiller sammen
- Lovgivning afgrænser energispareindsatsen

Fremtid

Klimaændringer i Danmark

DMI's prognose:

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



Klimaændringer og energiforbrug

Voksene problemer med overophedning i bygninger:

- Varmebesparelser
- Stigende elforbrug
- Større glasarealer
- Brugerkrav
- Klimaændringer

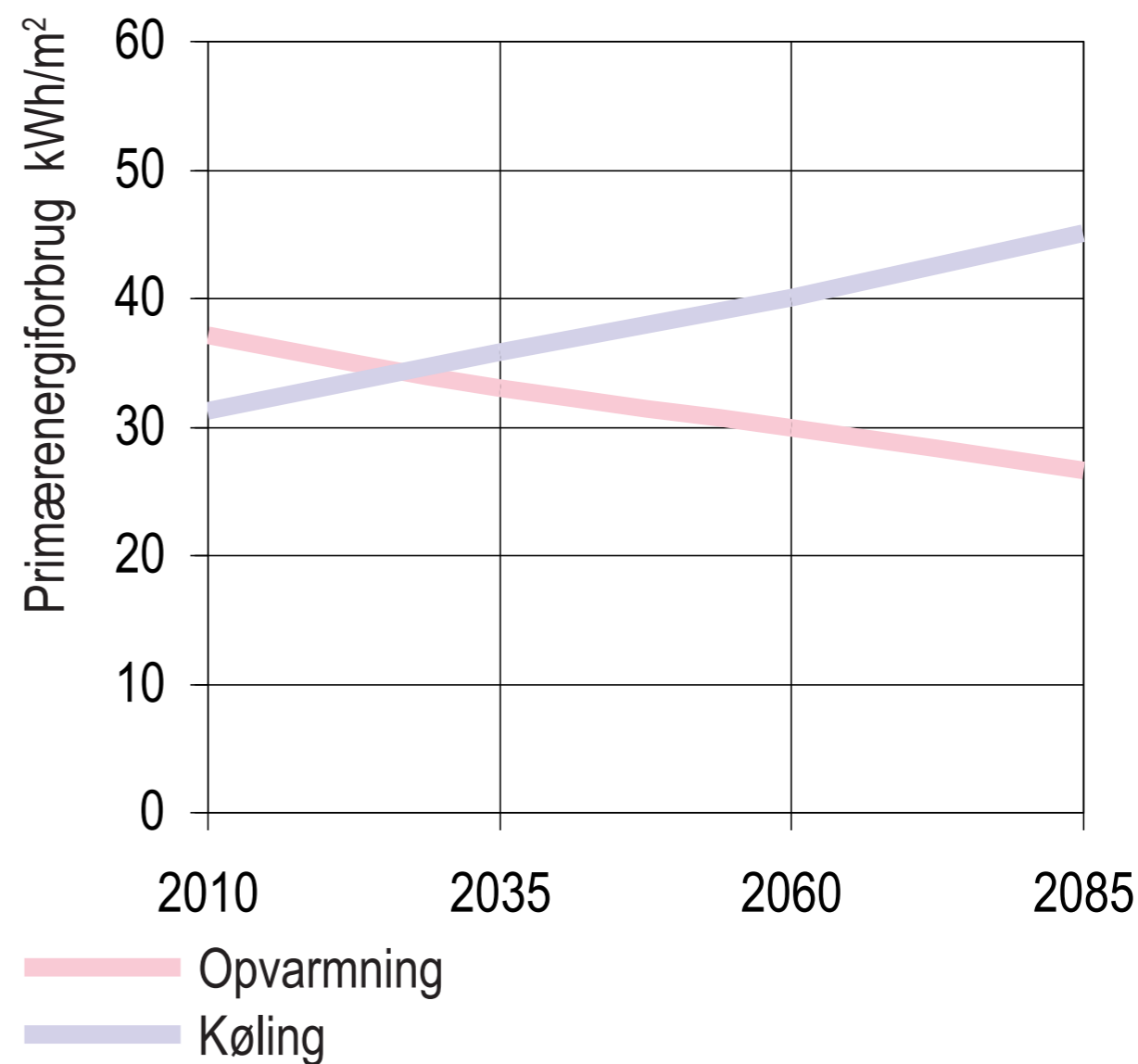


Klimaændringer og energiforbrug

Nye boliger 2010 - 2085:

Opvarmning falder: - 30 %

Køling vokser: + 40 %

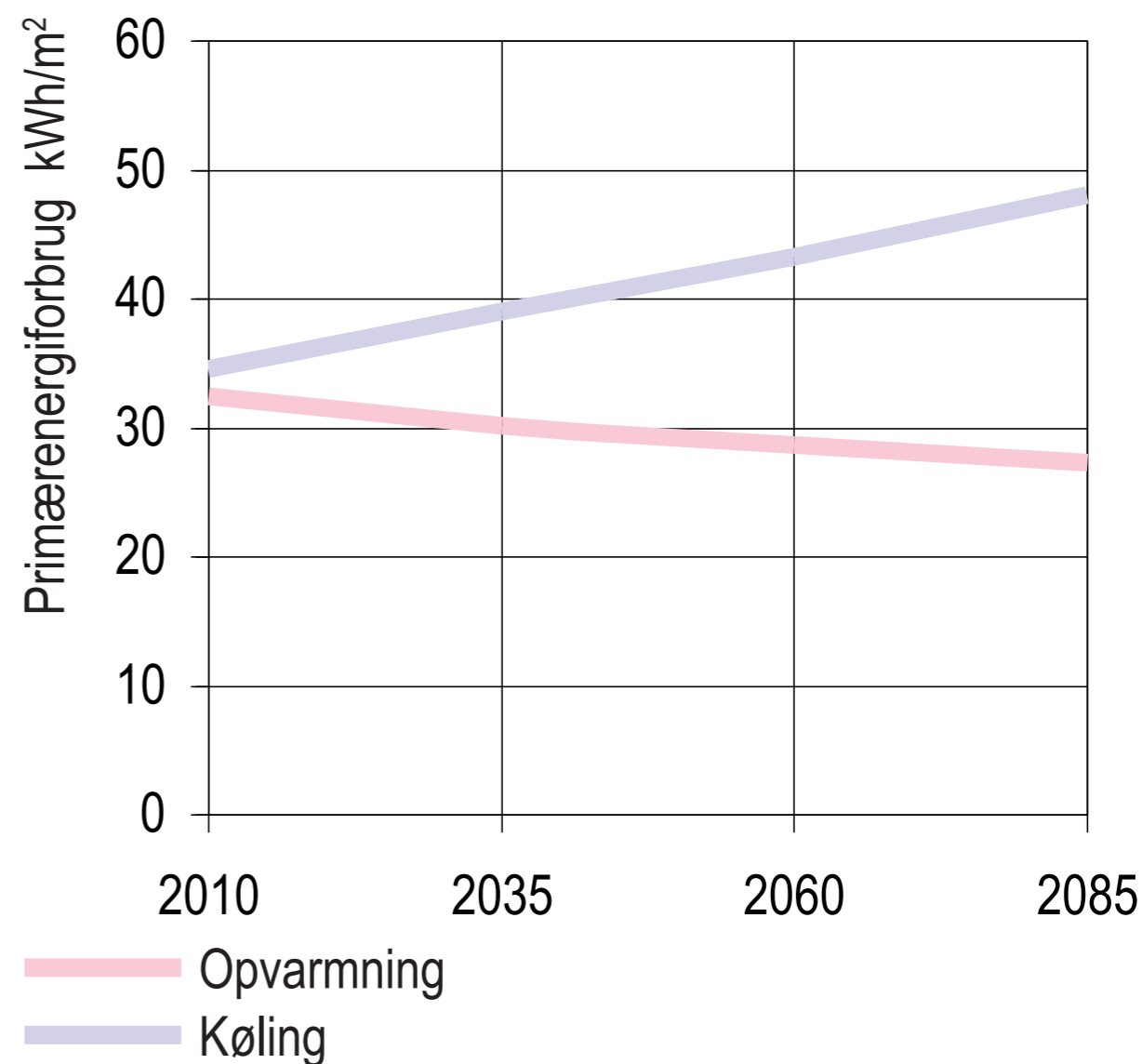


Klimaændringer og energiforbrug

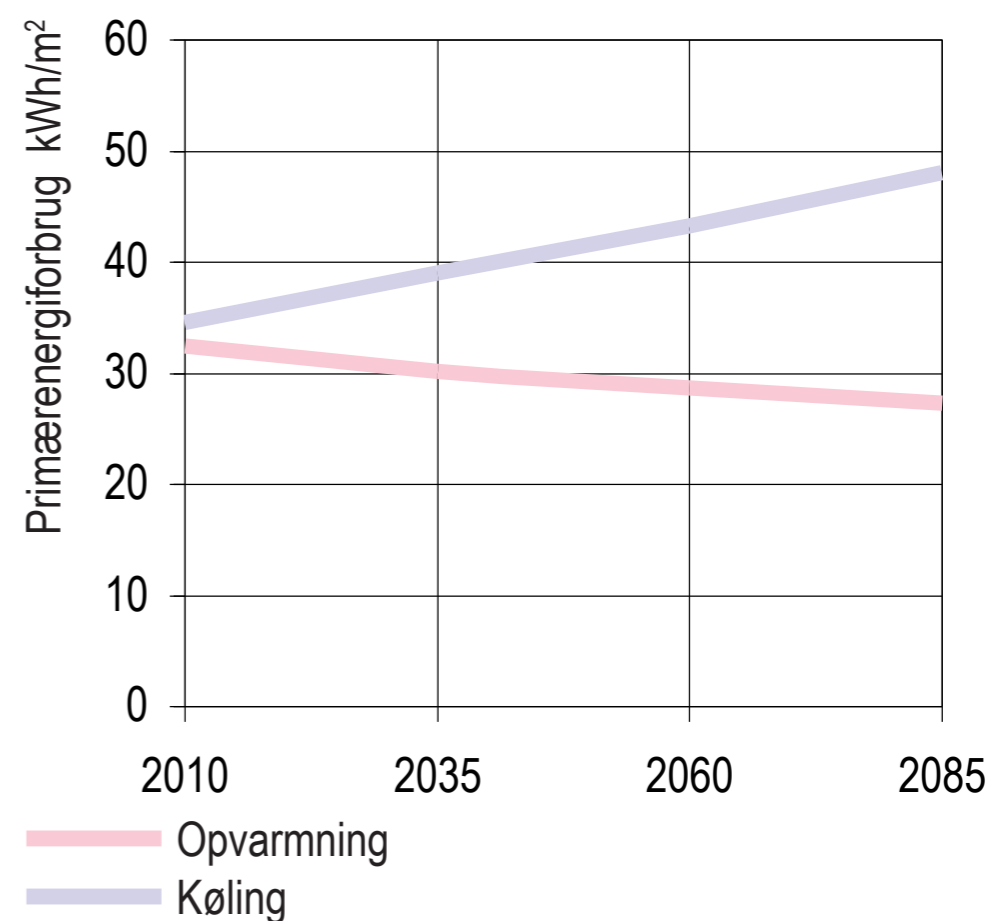
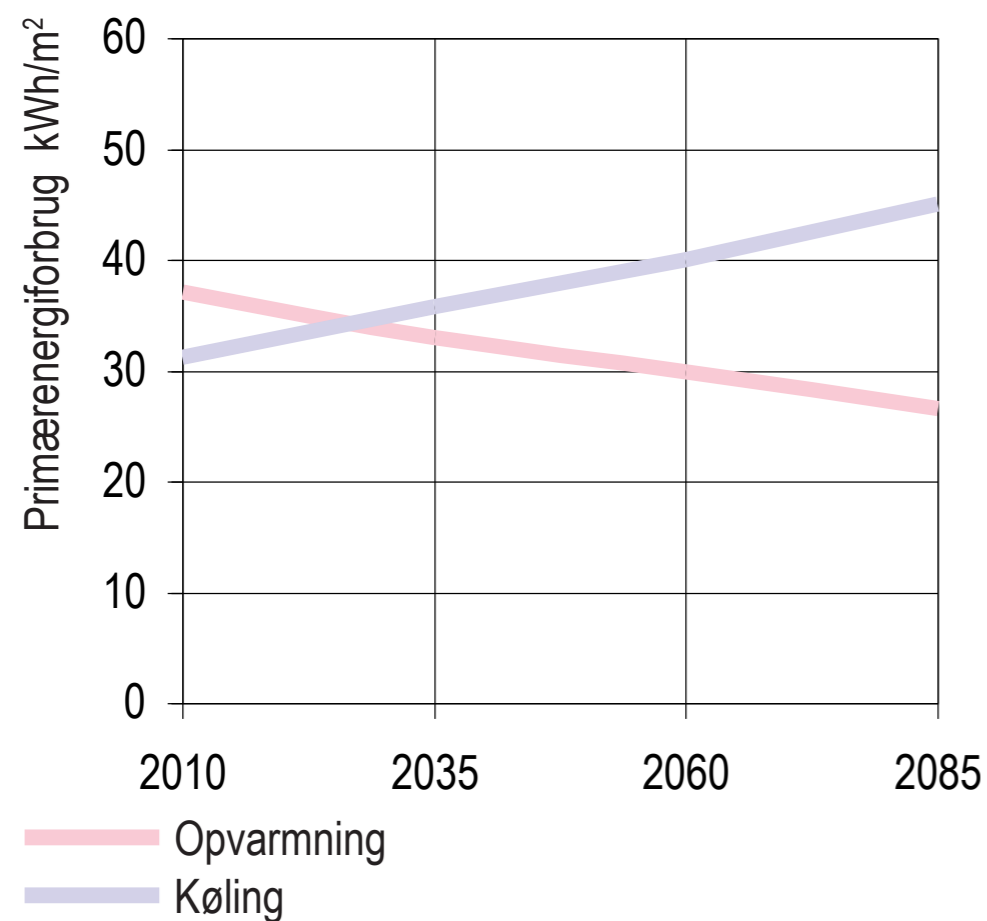
Nye kontorer 2010 - 2085:

Opvarmning falder: - 15 %

Køling vokser: + 40 %



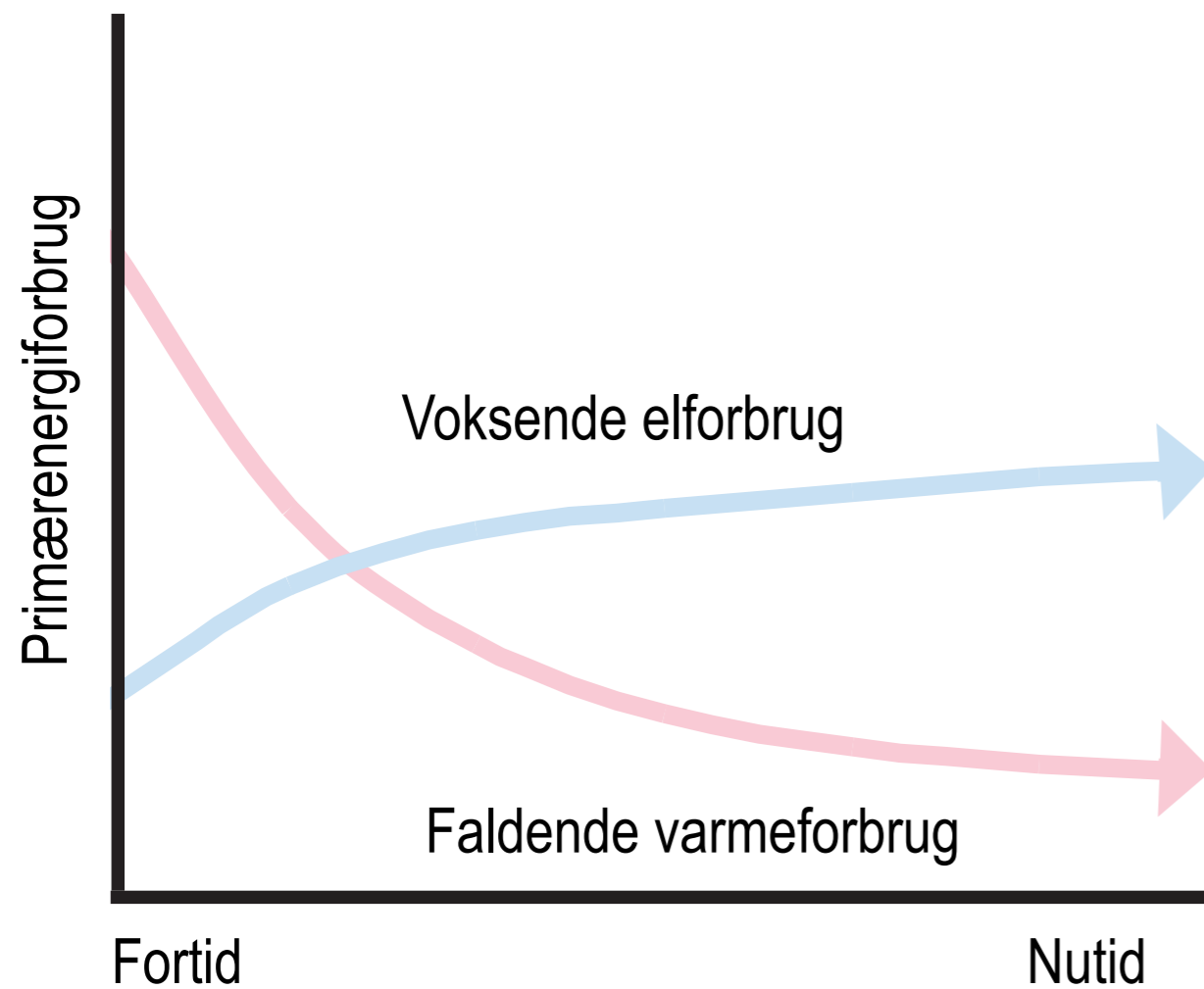
Klimaændringer og energiforbrug



Klimaændringer betyder:

- Sommerforhold kommer til at dominere; ikke vinterforhold
- Behov for klimatilpasning af lavenergibygninger

Paradigme



Historisk snævre fokus
på opvarmning fra
1977 til 2006

Siger: *Energibesparelser*
Mener: *Varmebesparelser*

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

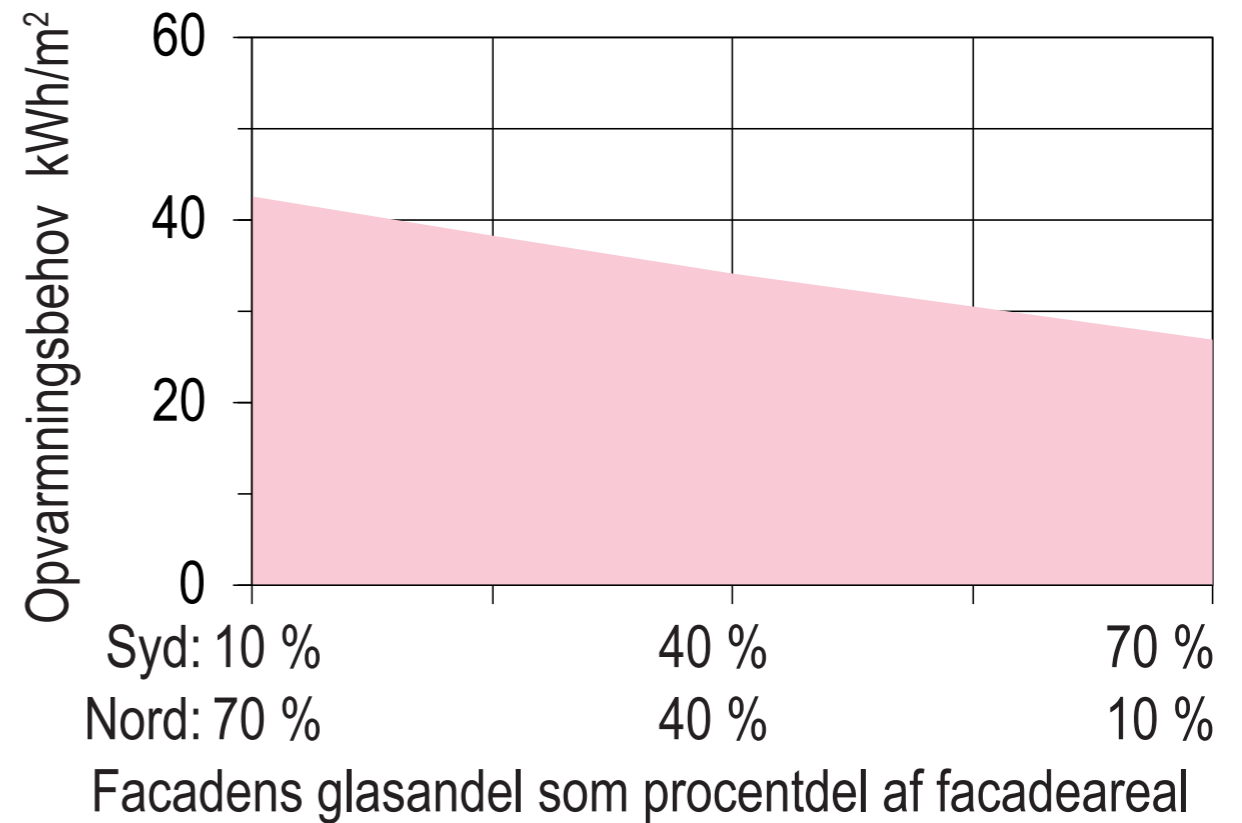
Kommer til Danmark i 1970'erne til trods for anderledes klimaforhold:

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



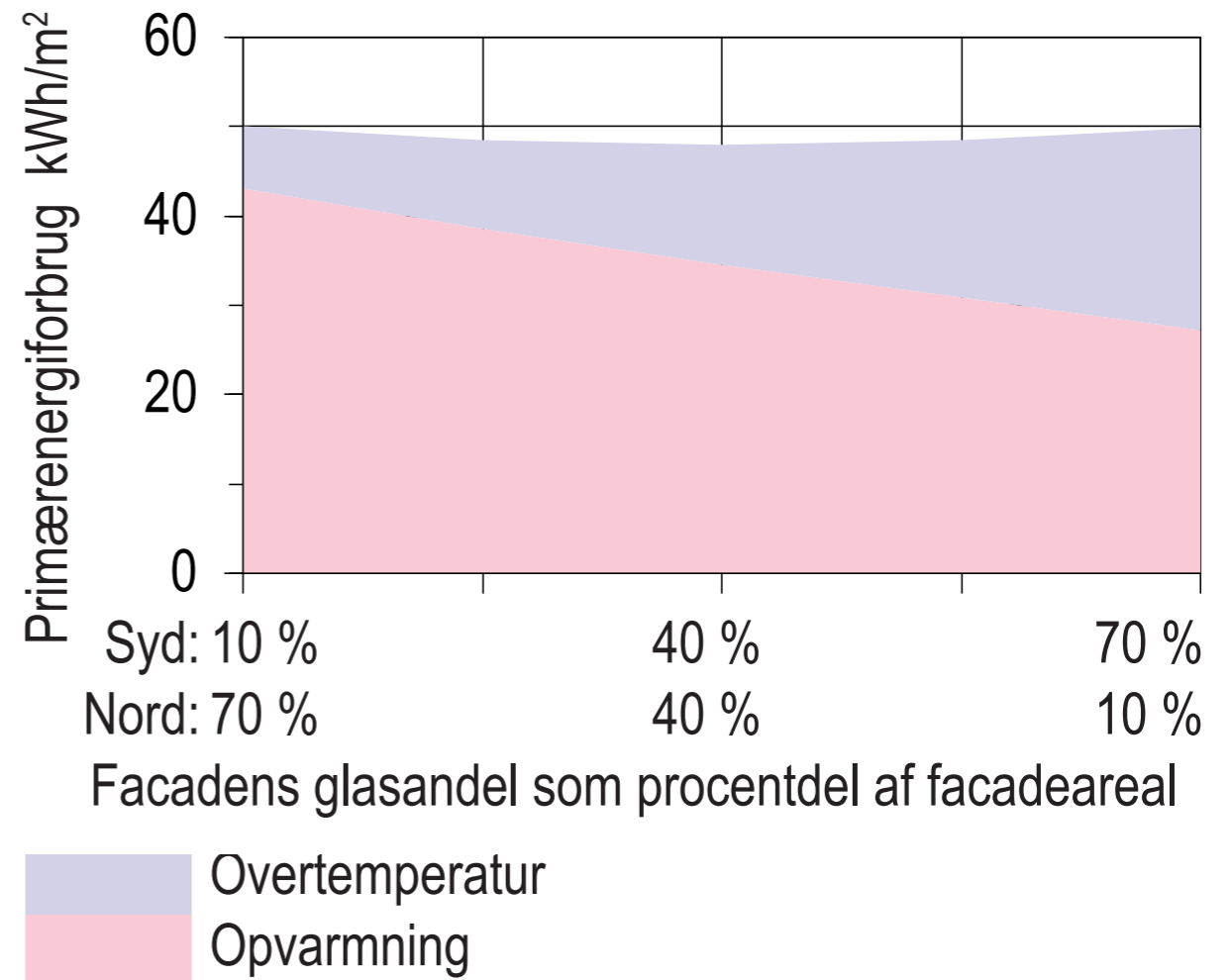
Lavenergi-paradigmer: passiv solvarme

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

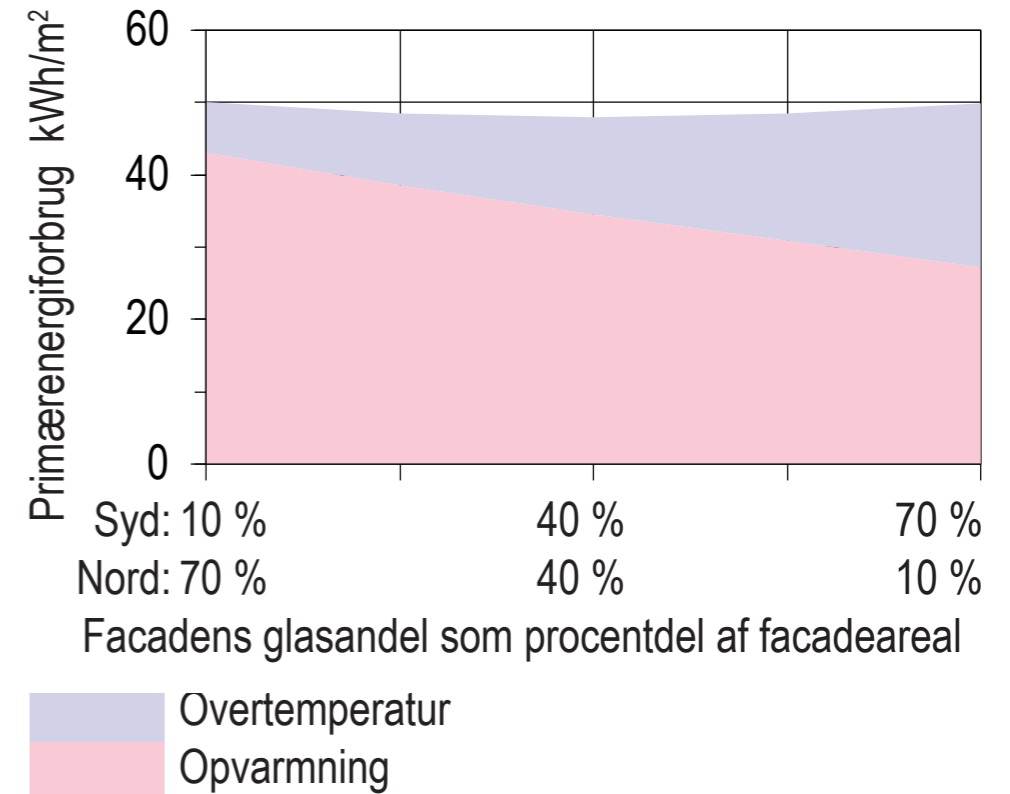
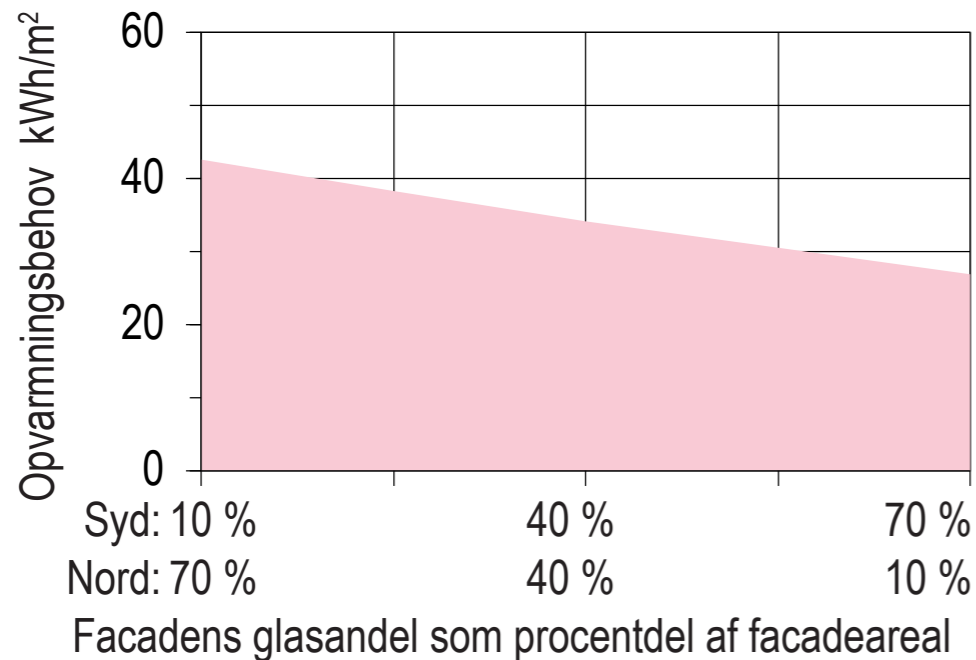


Lavenergi-paradigmer: passiv solvarme

- 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: mekanisk varmegenvinding

Varmegenvindingseffekt:

- Effektivitet: 65 % - 90 %

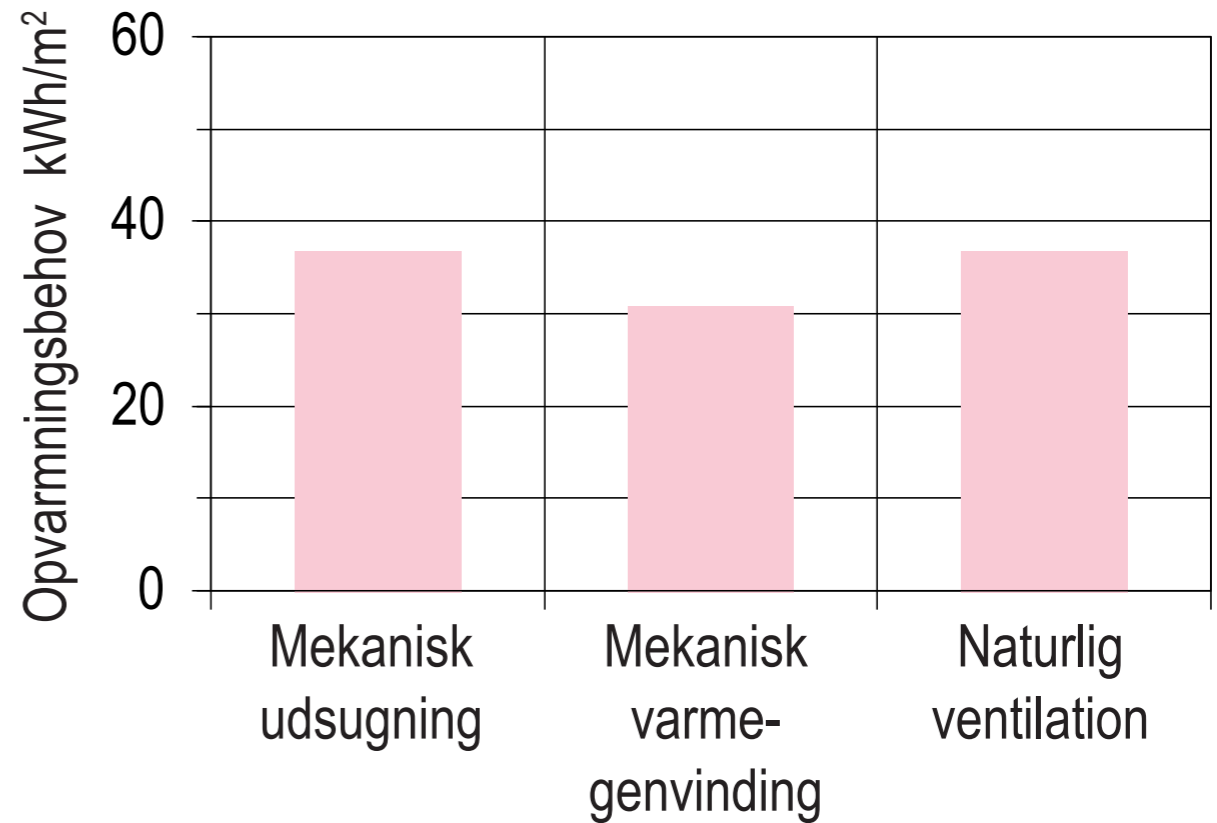
Systemerne har et relativt højt elforbrug:

- Dybe bygninger med indeliggende bad/wc kræver mekanisk ventilation dagen rundt, året rundt



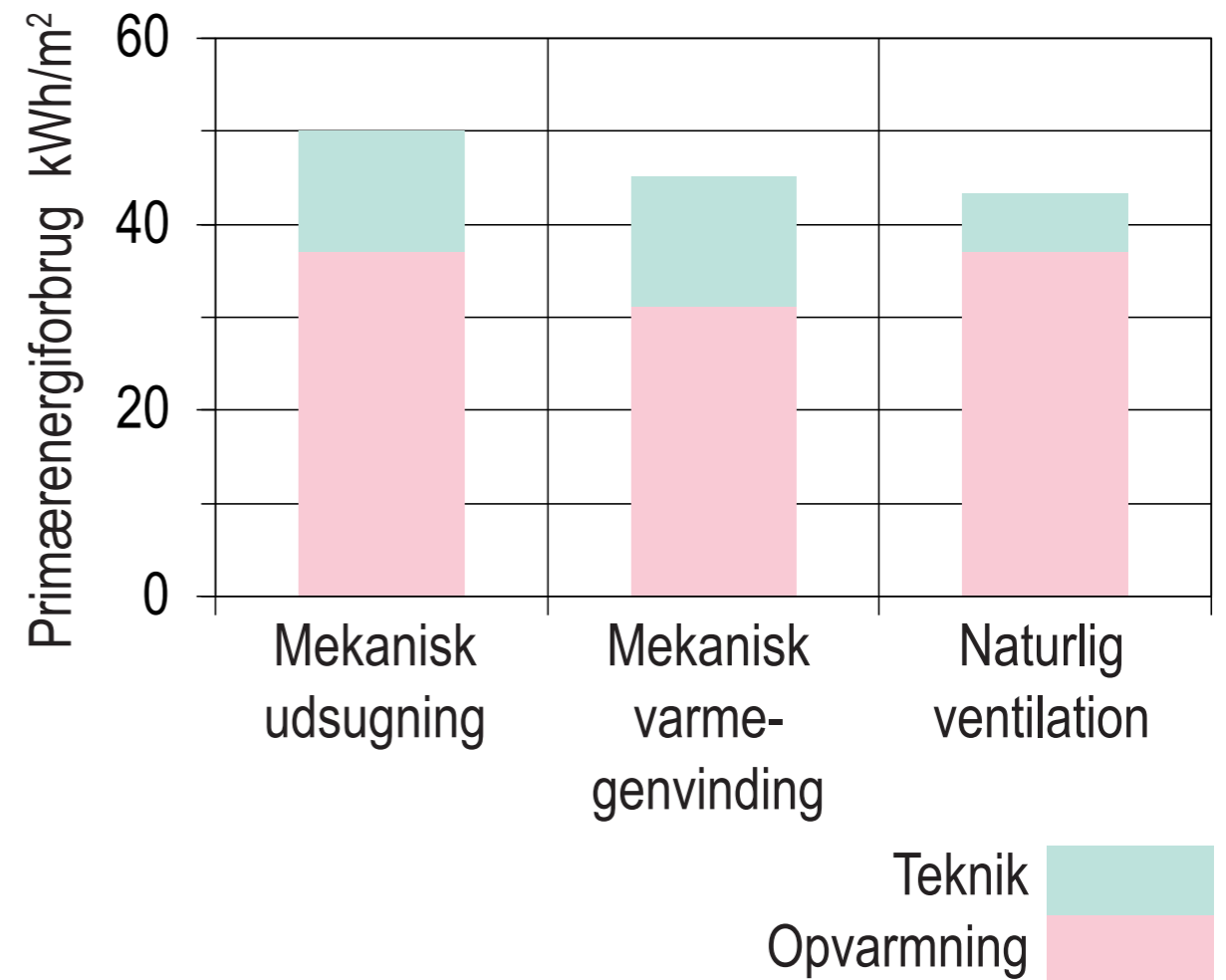
Lavenergi-paradigmer: mekanisk varmegenvinding

- Afgrænset lavenergi-paradigme med fokus på opvarmning
- Mekanisk varmegenvinding minimerer opvarmningsbehov

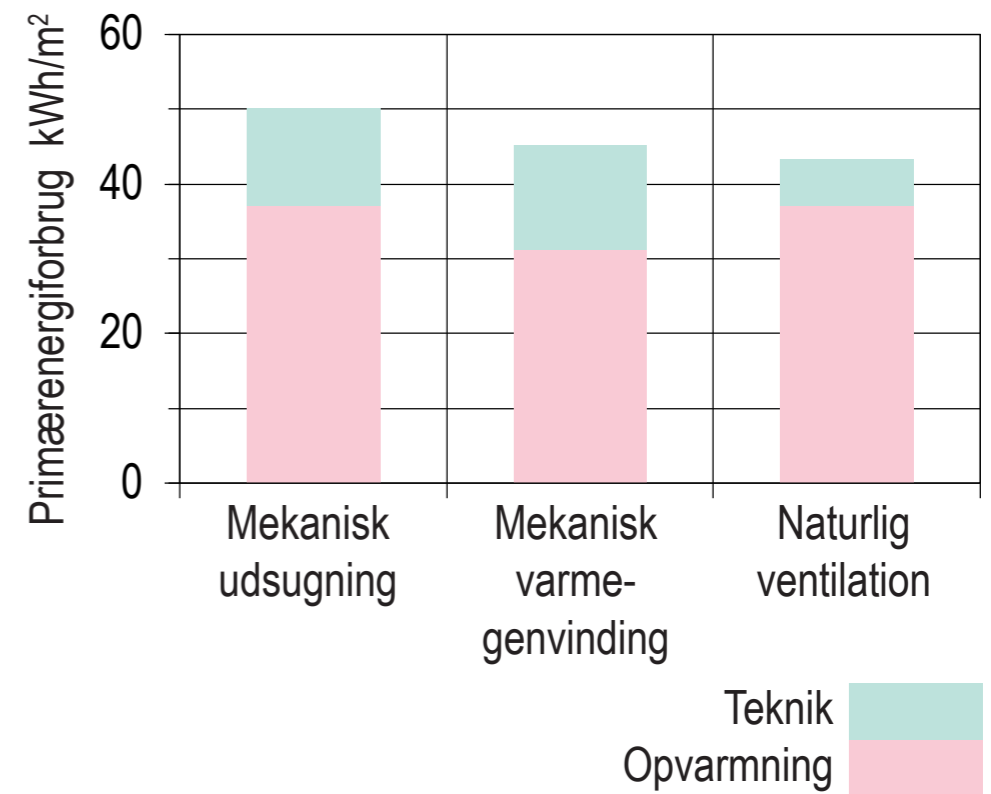
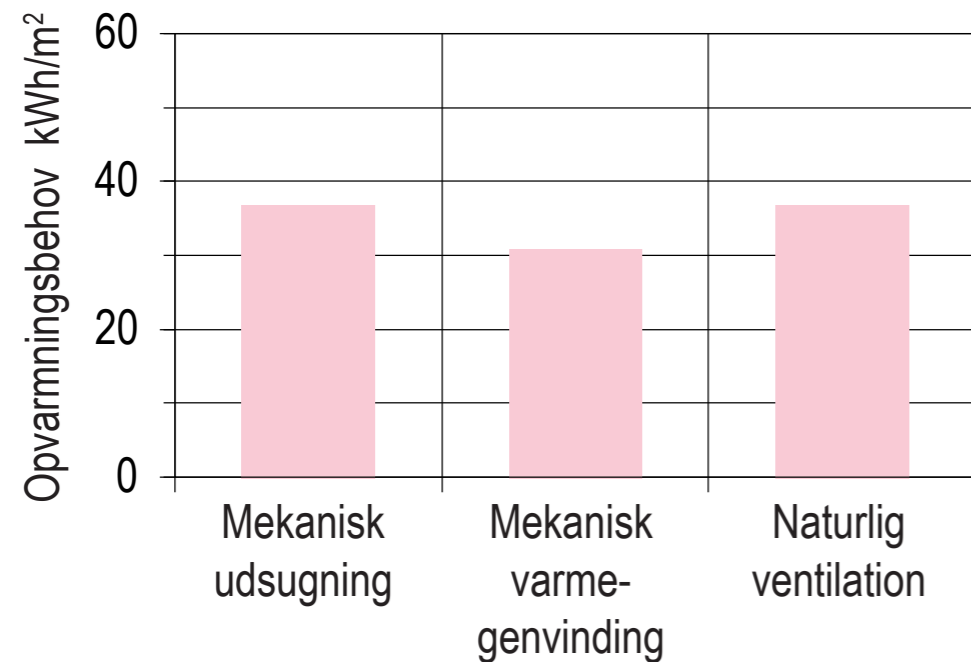


Lavenergi-paradigmer: mekanisk varmegenvinding

- Udvidet lavenergi-paradigme med fokus på opvarmning og elforbrug til teknik
- Ingen forskel mellem naturlig ventilation og varmegenvinding



Lavenergi-paradigmer: mekanisk varmegenvinding



Samme bygning; forskellige *lavenergi*-paradigmer:

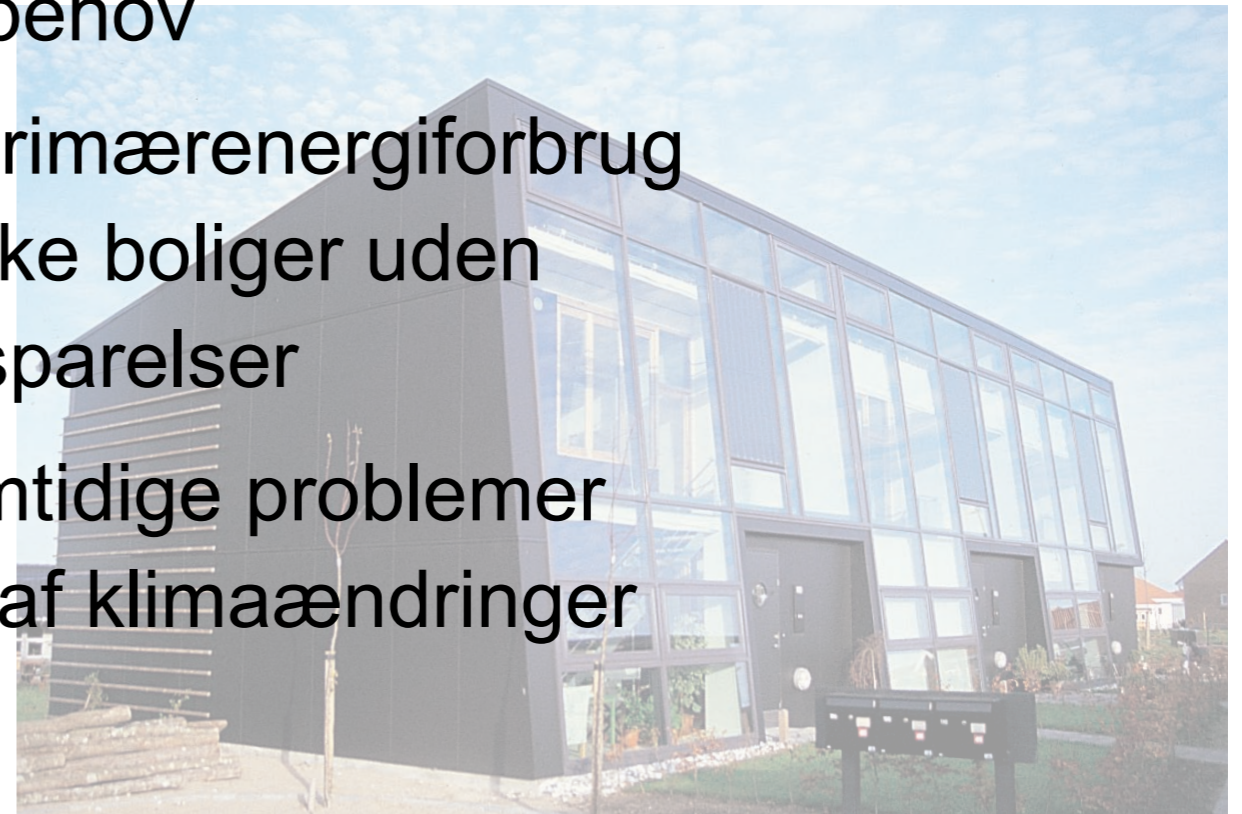
- Snævre lavenergi-paradigmer skaber usynlige problemer
- Varmeforbrug erstattet af elforbrug
- Ingen besparelser i primærenergi indtil BR2010

Lavenergi-paradigmer

1990'ernes energi- og miljøvenlige boliger:

Lavt energiforbrug? - Nej!

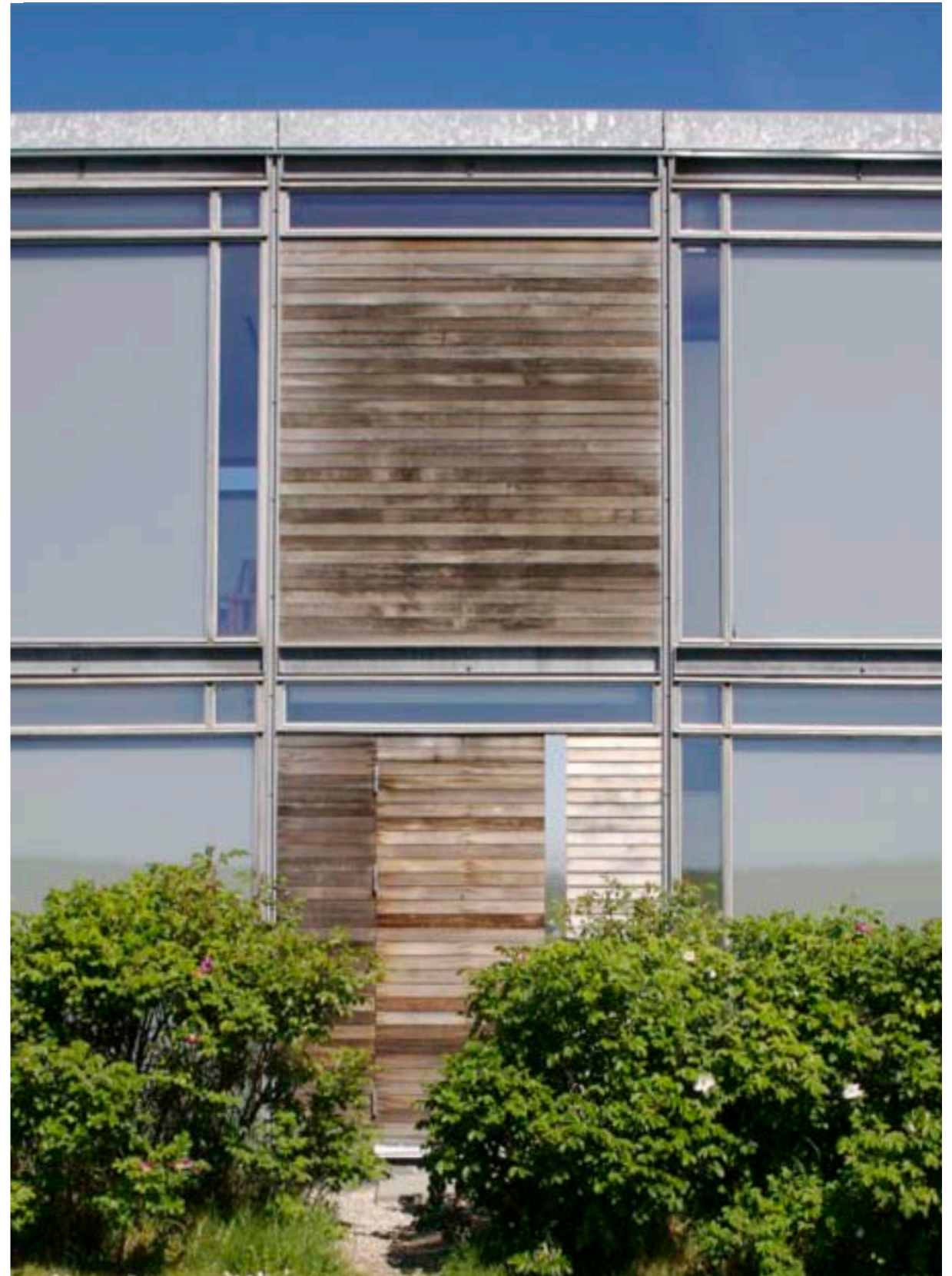
- Lavt opvarmningsbehov
- Højt elforbrug
- Højt kølebehov
- Samme primærenergiforbrug som typiske boliger uden varmebesparelser
- Store fremtidige problemer på grund af klimaændringer



Hvad er en lavenergibygning?

Vores paradigme for 'lavenergi' har forandret sig:

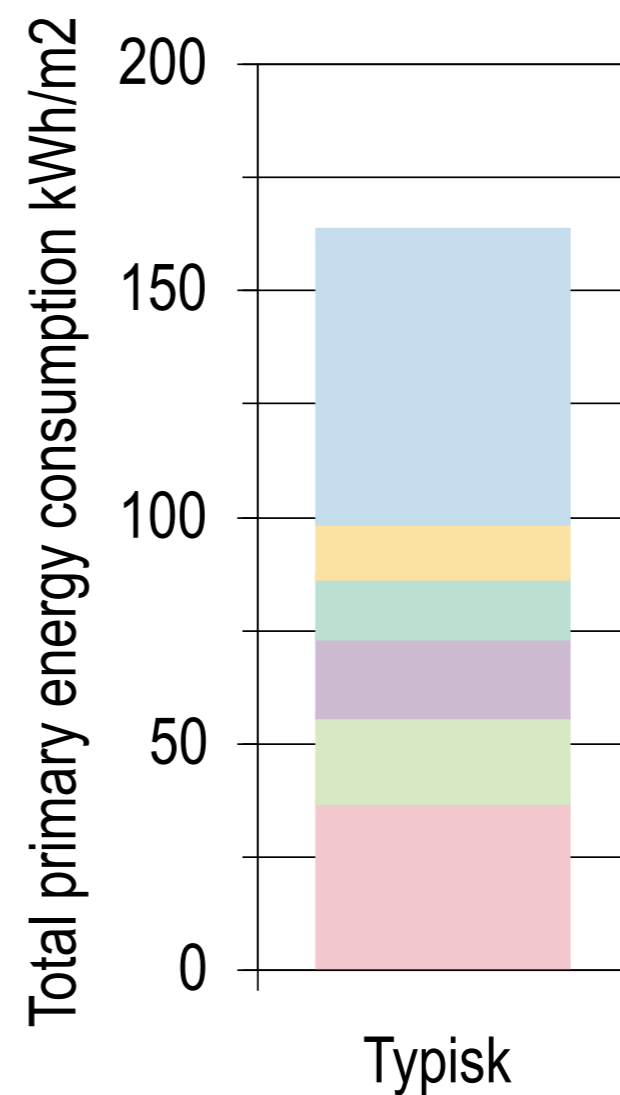
1. Traditionelle varmebesparelser
2. Energibestemmelser
3. CO₂-neutralitet



1: Traditionelle varmebesparelser

Fokus på opvarmning:

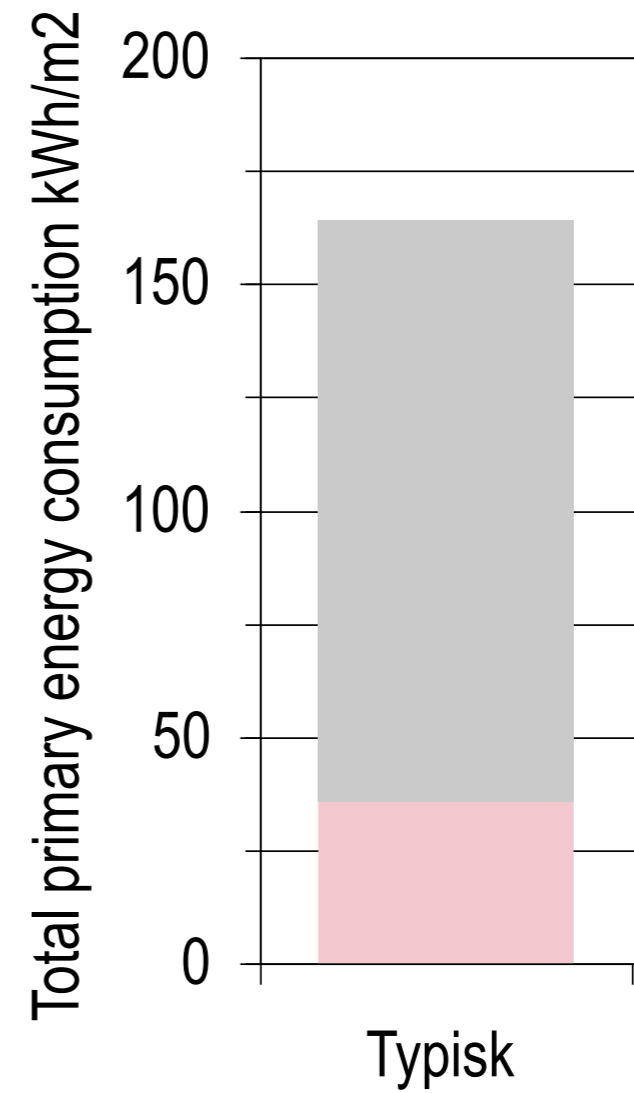
- Kun 20% af samlet primærenergi



1: Traditionelle varmebesparelser

Fokus på opvarmning:

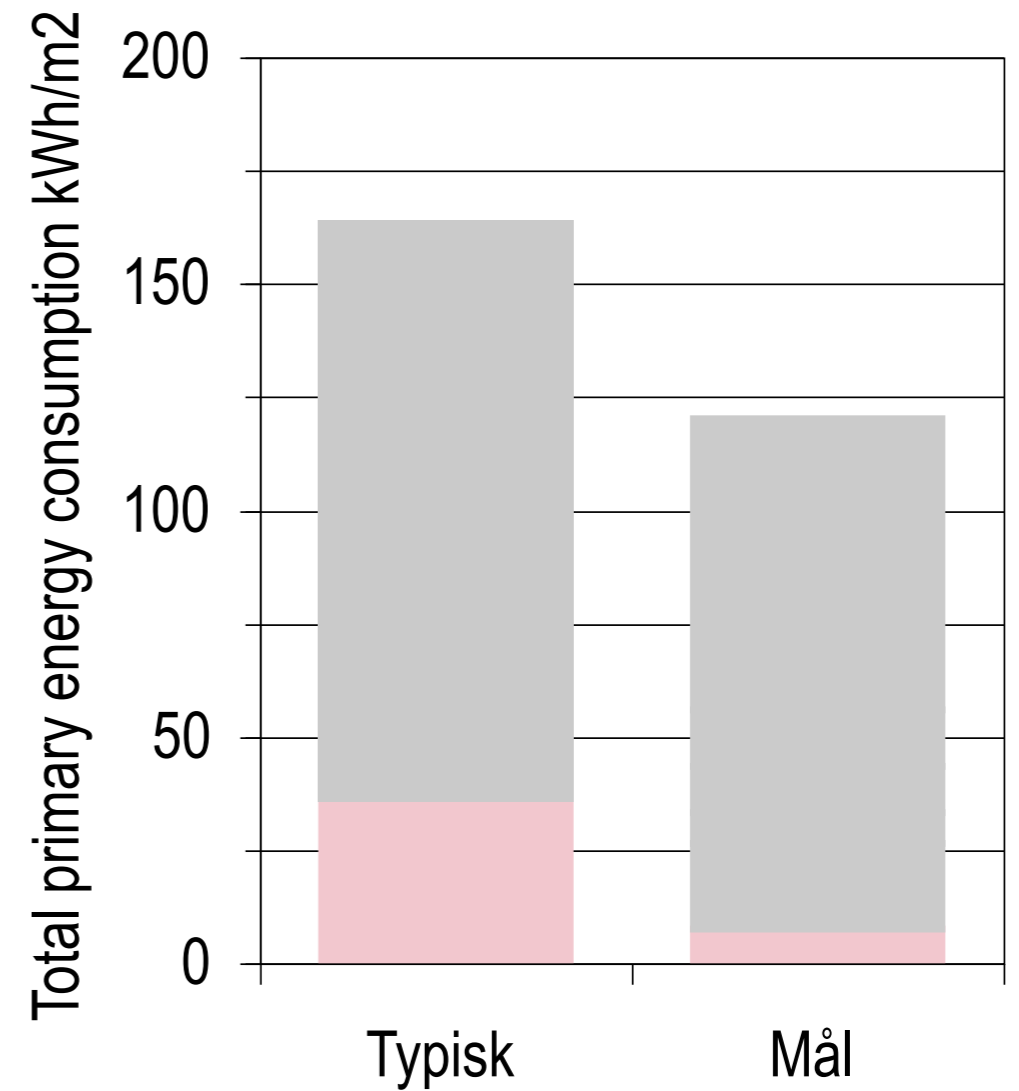
- Kun 20% af samlet primærenergi



1: Traditionelle varmebesparelser

Opvarmning reduceres med 80 %
til under 15 kWh/m²

- Samlet besparelse kun 20 %



1: Traditionelle varmebesparelser

Opvarmning reduceres med 80 %
til under 15 kWh/m²

- Samlet besparelse kun 20 %
- 'Passivehuse'



2: Energibestemmelser

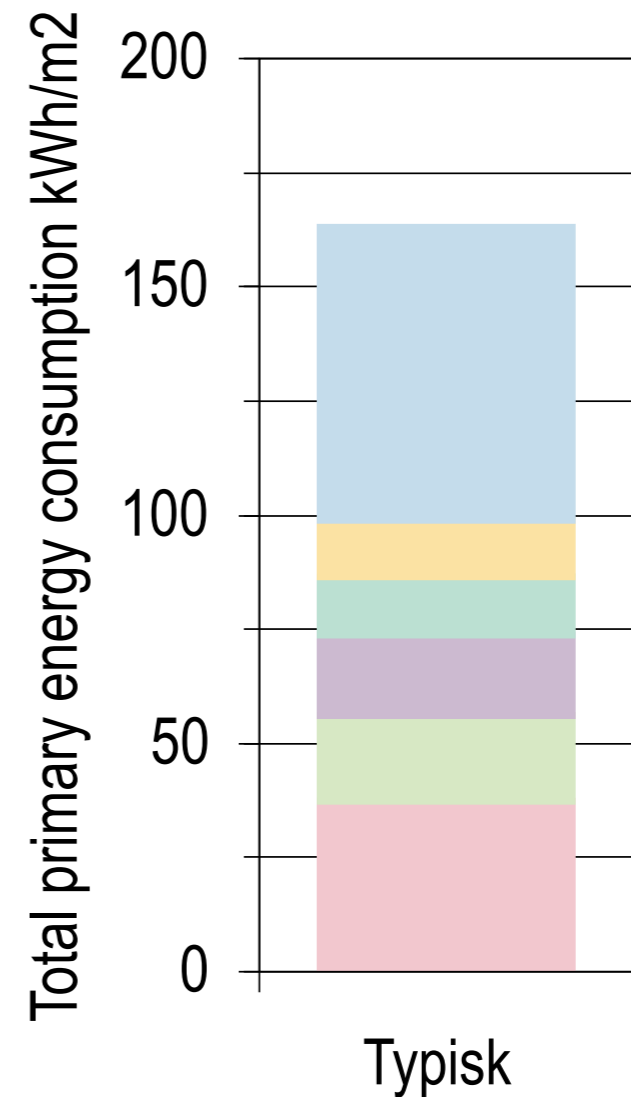
Fokus på: Opvarmning

Varmt brugsvand

Overophedning/køling

Teknik

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



2: Energibestemmelser

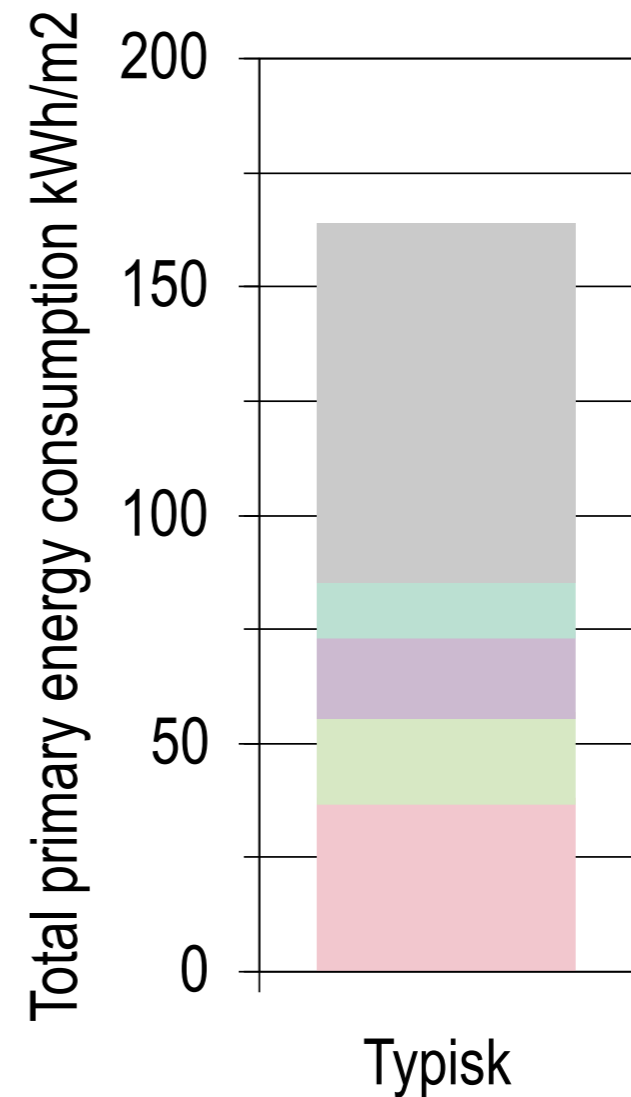
Fokus på: Opvarmning

Varmt brugsvand

Overophedning/køling

Teknik

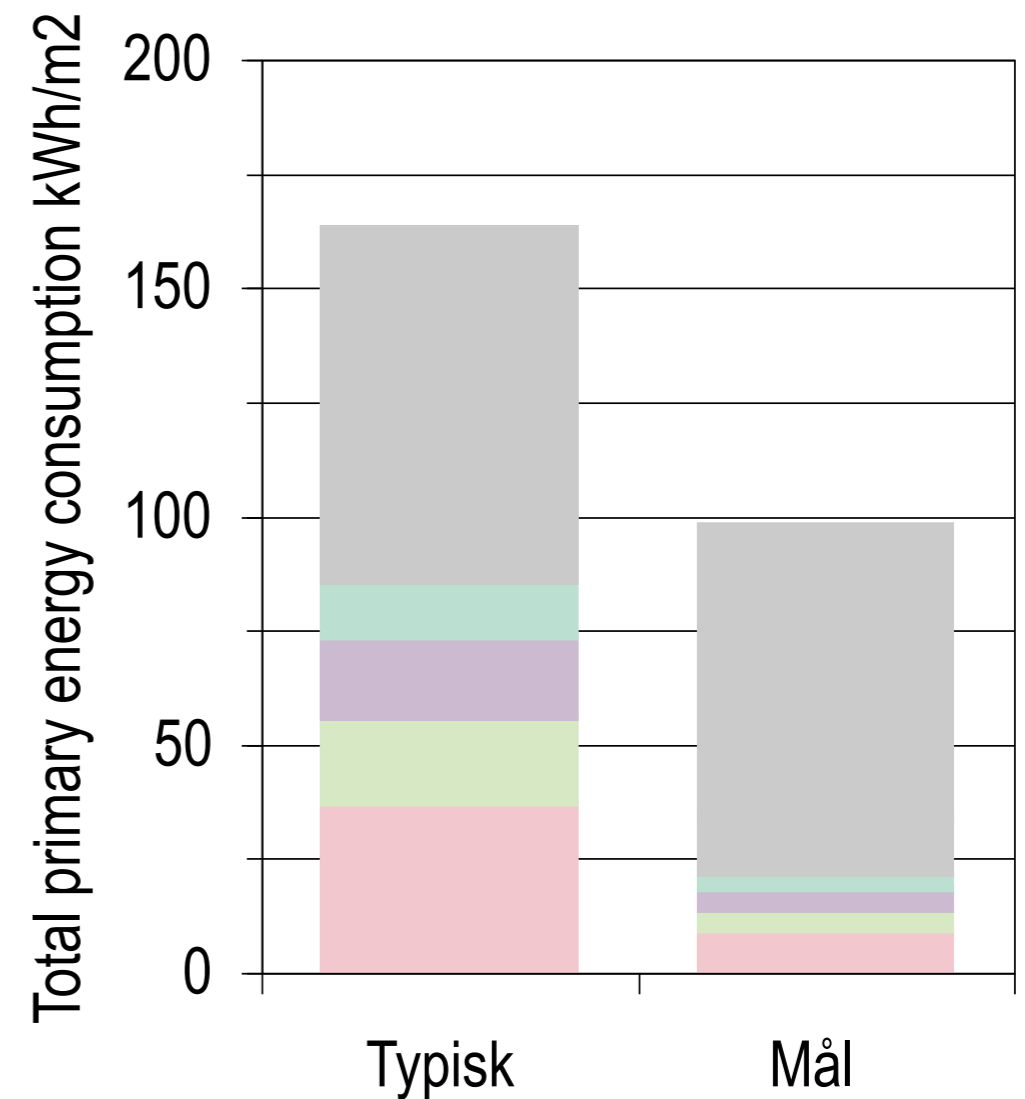
- 50% af samlet primærenergi
- Kan ikke stille krav til apparater på grund af Byggeloven



2: Energibestemmelser

Politisk målsætning om
75 % reduktion inden 2020:

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



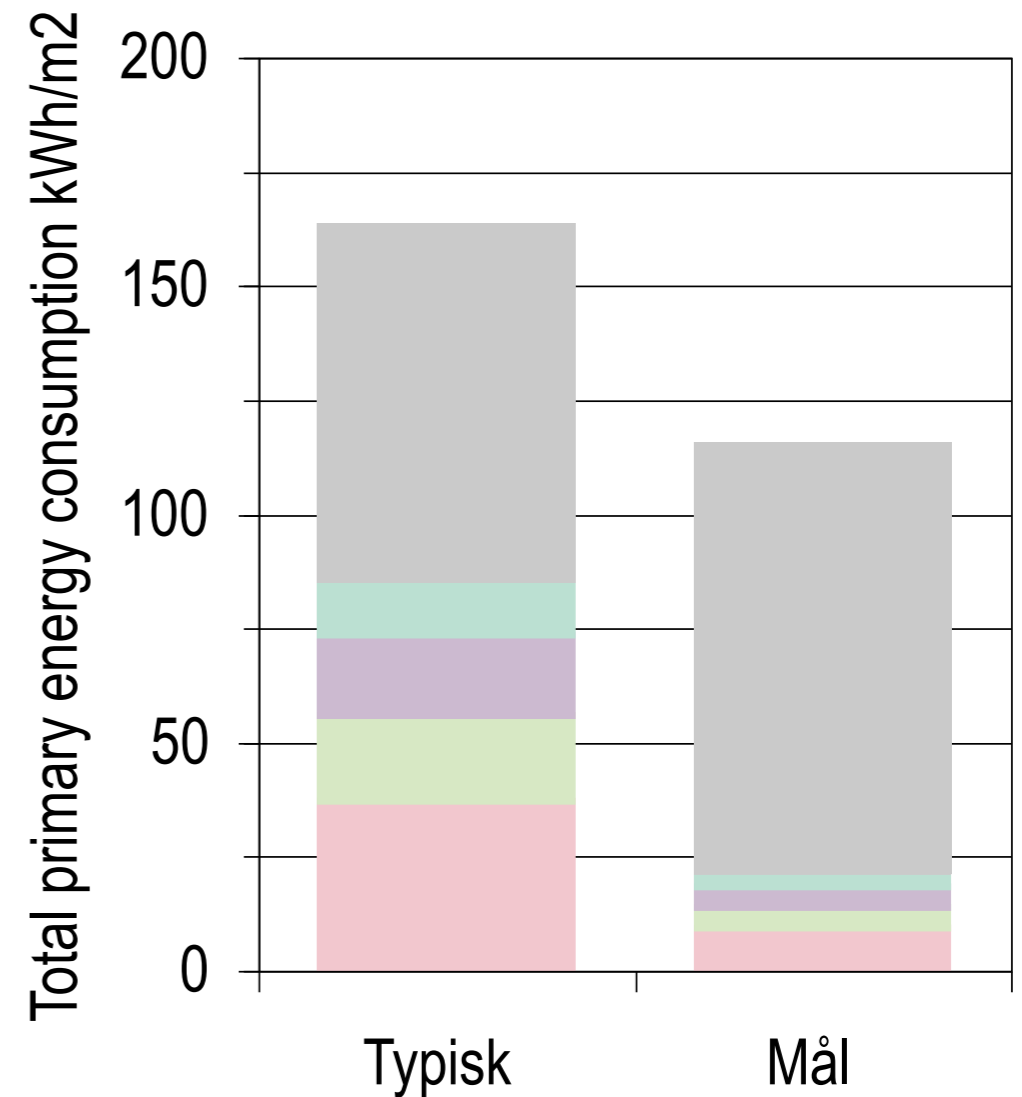
2: Energibestemmelser

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

- Ansvarlig for 85 % af forbruget

Er det en fornuftig balance?

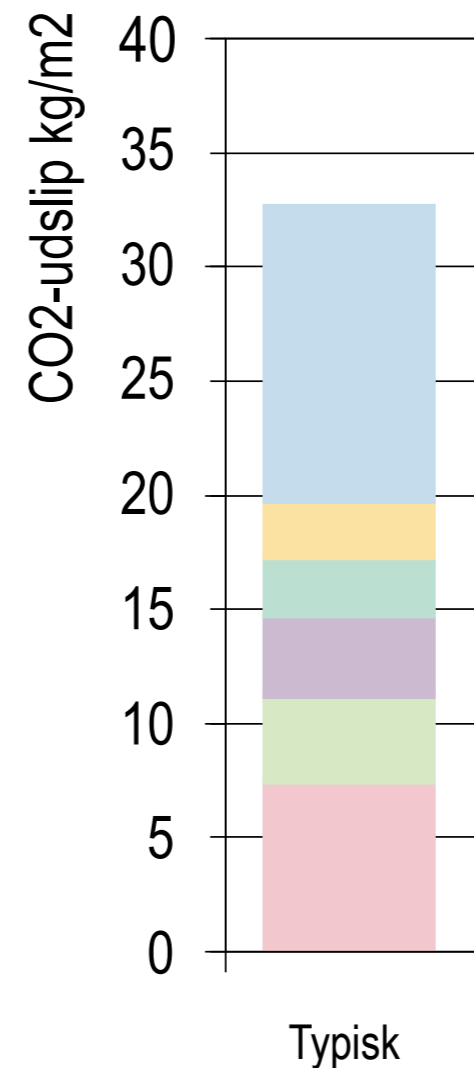
- Hvordan kan vi regulere elforbrug hvis energibestemmelserne ikke kan?



3: CO₂-neutralitet

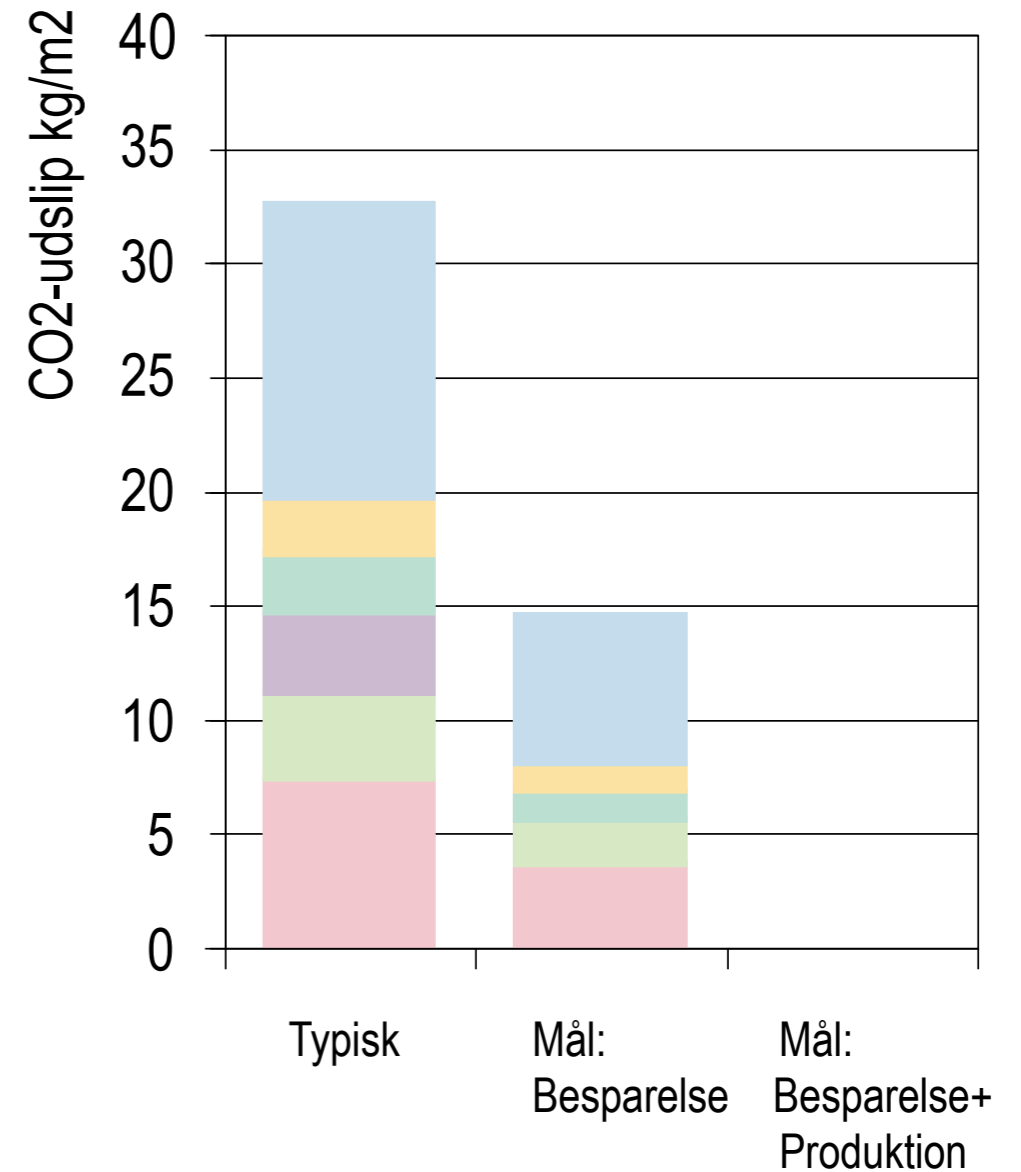
Fokus: Opvarmning
Varmt brugsvand
Overophedning/køling
Teknik
Belysning
Elapparater

Og: Vedvarende energiproduktion
i samspil med energisystem



3: CO₂-neutralitet

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

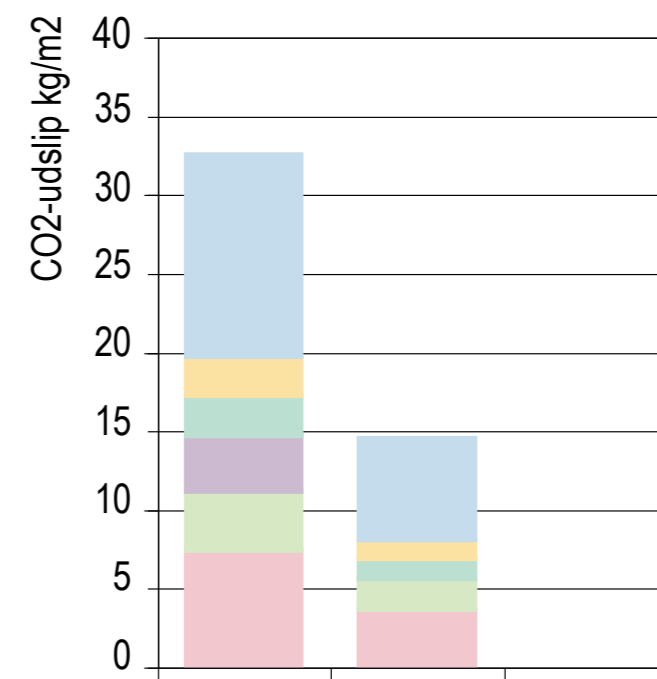
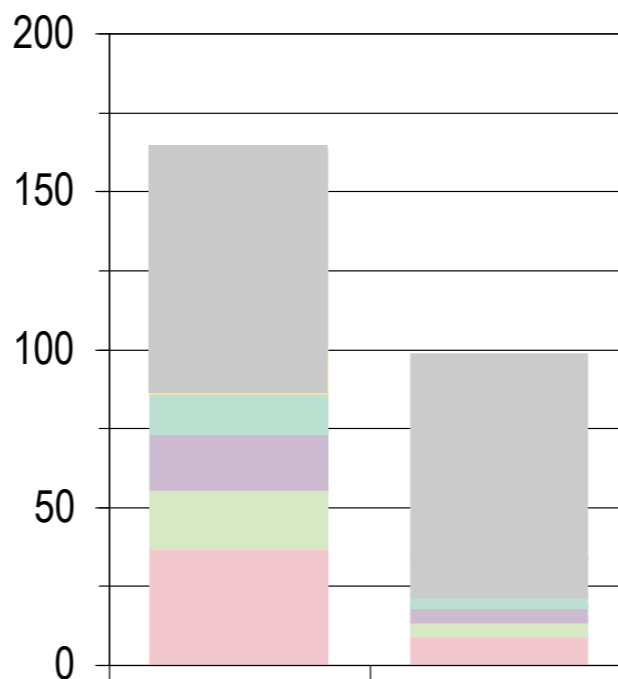
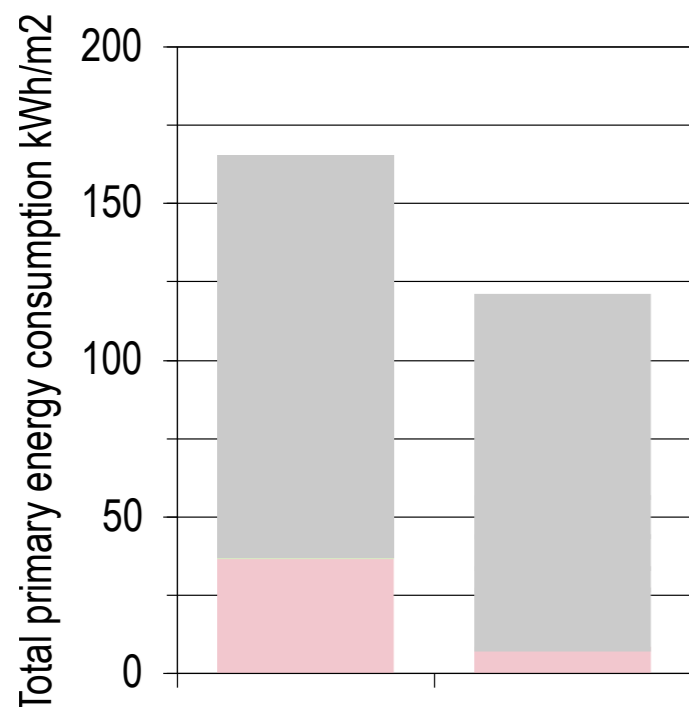


3: CO₂-neutralitet

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



Lavenergi-paradigmer



Snæver

Bred

Fagspecifik

Helhedsbaseret

Lokal

Global

Industriamfund

Vidensamfund

