



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

# Fra beregnede til faktiske energibesparelser

**Kasper Nielsen**  
**[knie@teknologisk.dk](mailto:knie@teknologisk.dk)**  
**Teknologisk Institut**

**17. december 2015**

**Energirenovering 2020 – en udfordring til dansk  
byggeri**



Uddannelses- og  
Forskningsministeriet  
—  
Styrelsen for Forskning og Innovation



Videncenter for  
energibesparelser i bygninger

# Agenda



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

- 1. Introduktion til projektet "Reelle energibesparelser i ved energirenovering af etageboliger"**
2. Før-målinger: Hvor godt kender vi energiforbrug og andre forhold i bygningerne før renovering? Hvordan får vi overblik?
3. De første resultater og konklusioner

Projekt:

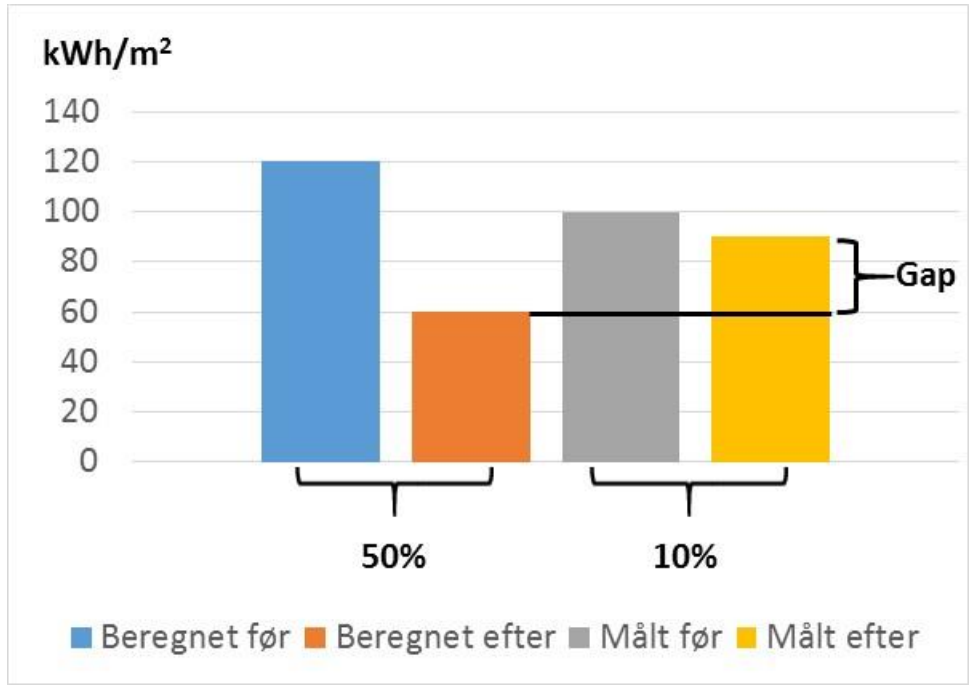
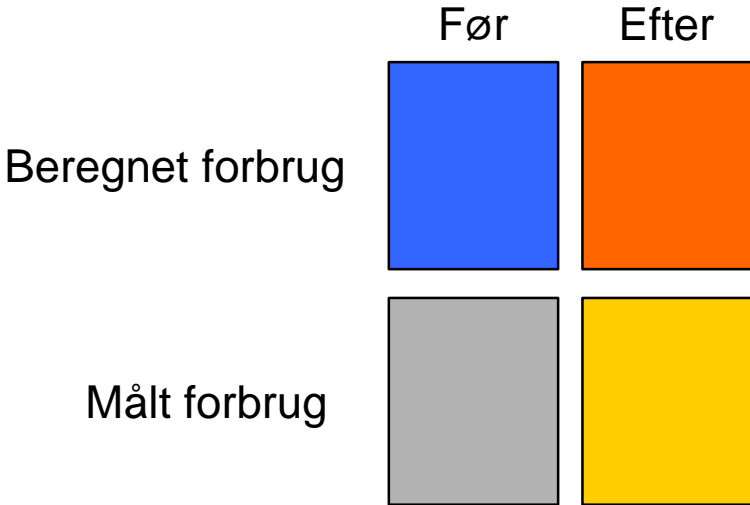
# Reelle energibesparelser ved energirenovering af etageboliger



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

- Baggrund:** Der er ofte forskel på beregnede og målte energibesparelser ved renovering af boliger
- Formål:** At belyse de opnåede energibesparelser og grundene til forskellen mellem de beregnede og målte energiforbrug og energibesparelser
- Hvordan?** Ved at følge energirenoveringen af **7 etageboliger** før, under og efter byggeprocessen
- Hvornår?** 2014-2018
- Hvem?** Teknologisk Institut, Statens Byggeforskningsinstitut, rådgivere, entreprenører, administratorer m.fl.
- Bevilling:** Grundejernes Investeringsfond, Realdania og Teknologisk Institut (egenfinansiering)

# Hvad er energibesparelsen (og hvad er målet)?

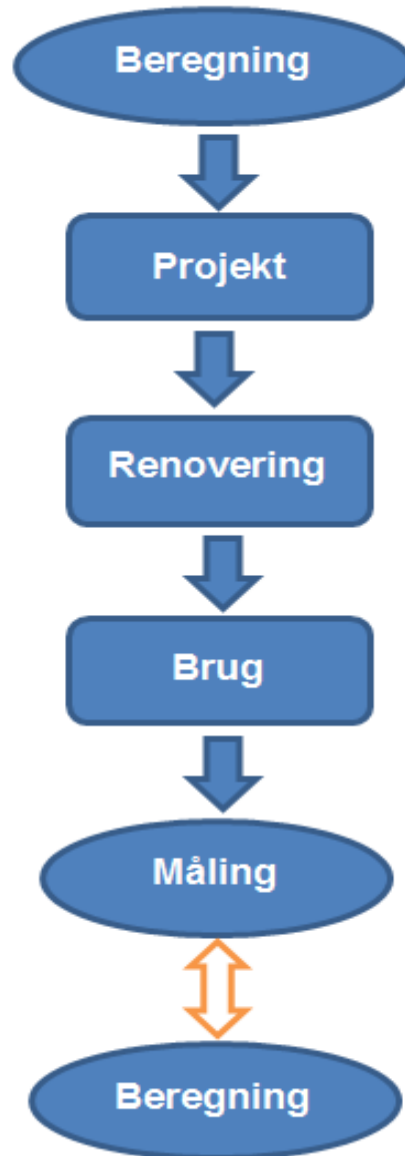


# Udfordring: Vurdering af energibesparelser



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

3 års  
forbrugs-  
regnskaber  
+  
energistyring  
+  
før-målinger



Forenklede beregninger af energiforbrug før/efter renovering og energibesparelser. Ofte Be10, og forenklet input: standard komponenter og energiydelser

Renoveringsprojektet afviger fra de forenklede beregningsforudsætninger

Udførelsen afviger fra projektet (ændringer, "redninger", mangler)

Afvielser i brug af boligerne og af varme, ventilation og varmt vand. Ændres over tid, fx med familiernes ændring.

Udfordringer i omregning / korrektion af målt forbrug til sammenligning med beregning: Er forventningerne indfriet ?



# Resultater og formidling

- **Faktaark:** Foto, data og nøgletal samt analyse for hver bebyggelse
- **Brochure:** Gode råd til beboere i energirenoveret byggeri – indeklima, brugeradfærd og varmeregning (arbejdstitel)
- **Folder:** En generel anvendelig metodik for evaluering af energieffektiviseringsprojekter – retningslinjer og eksempler
- **Projektrapport- og folder:** Hovedresultaterne samlet for alle bebyggelserne
- **Kursus:** Med udgangspunkt i resultaterne fra projektet

# Ejendomme i projektet



7. Hjortegården,  
Herlev  
Byggeår: 1975-1976  
Renovering: Gavl-  
isolering, mekanisk  
ventilation med VGV



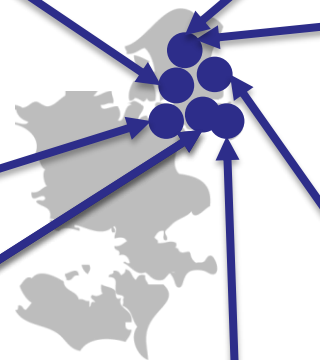
1. Skoleparken  
Type A, Hillerød  
Byggeår: 1965-1969  
Renovering: Facader,  
ventilation m.v.



2. Skoleparken  
Type B, Hillerød  
Byggeår: 1965-1969  
Renovering: Facader,  
ventilation m.v.



6. Gadehavegård,  
Taastrup  
Byggeår: 1980  
Renovering: Passivhus-  
renovering



3. Kildegårds  
Plads, Gentofte  
Byggeår: 1936  
Renovering:  
kedeludskiftning,  
tag m.v.



5. Ryesgade 25, Kbh N  
Byggeår: 1906  
Renovering: Indvendig  
efterisolering, vinduer,  
mekanisk ventilation  
med VGV



4. Holbergsgade 8-10, Kbh K  
Byggeår: 1868  
Renovering: vinduer,  
tageligheder, teknikrum

# Agenda



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

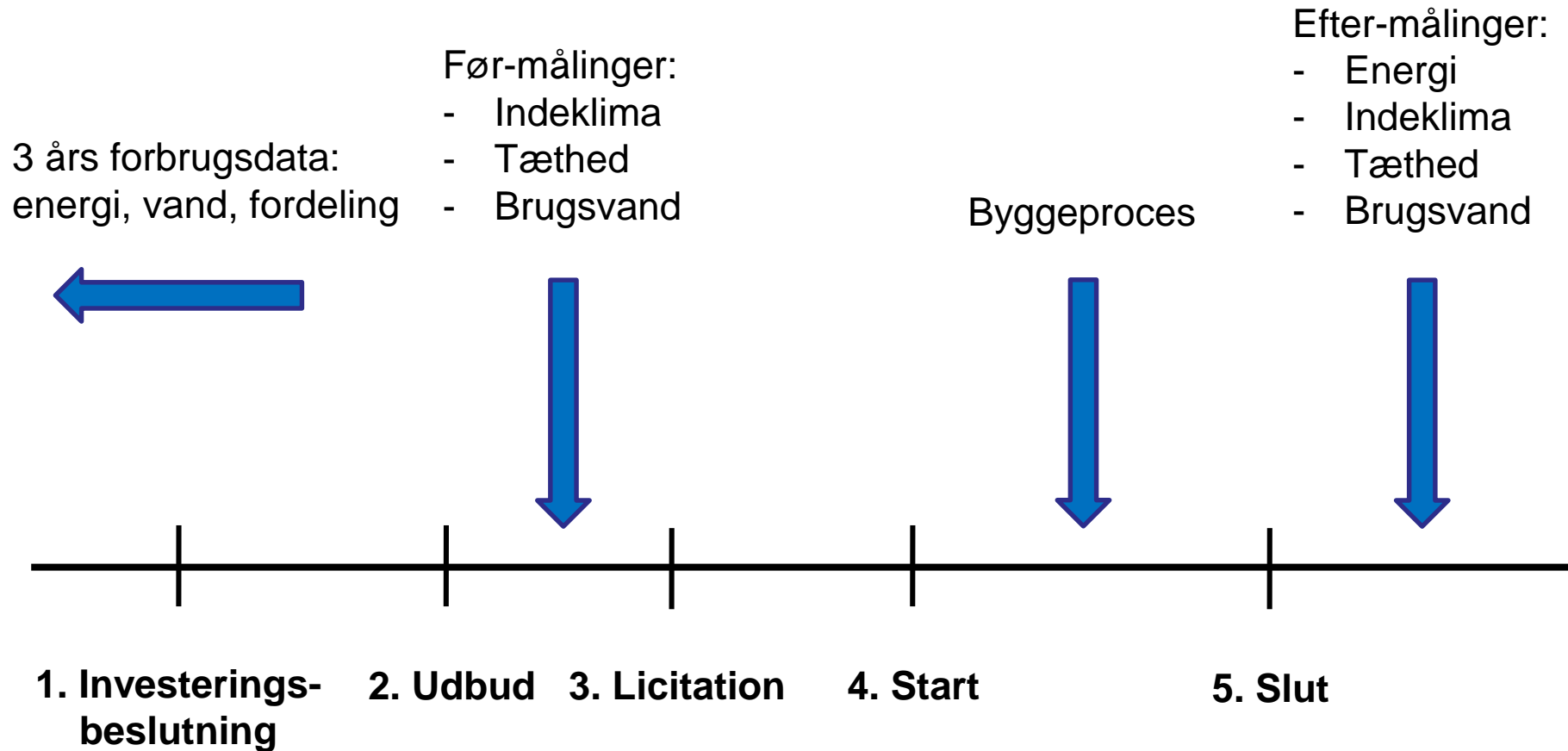
1. Introduktion til projektet "Reelle energibesparelser ved energirenovering af etageboliger"
2. **Før-målinger: Hvor godt kender vi energiforbrug og andre forhold i bygningerne før renovering? Hvordan får vi overblik?**
3. De første resultater og konklusioner



# Typisk renoveringsforløb



TEKNOLOGISK  
INSTITUT



# Skoleparken, Hillerød

- 4 Blokke, Type A
- 5 Blokke, Type B
- Etapevis
- Boligareal ~ 30.000 m<sup>2</sup>



Kilde: Rambøll

Sept 2014

Dec 2014

Apr 2015

2018

1. Investerings-  
beslutning

2. Udbud

3. Licitation

4. Start

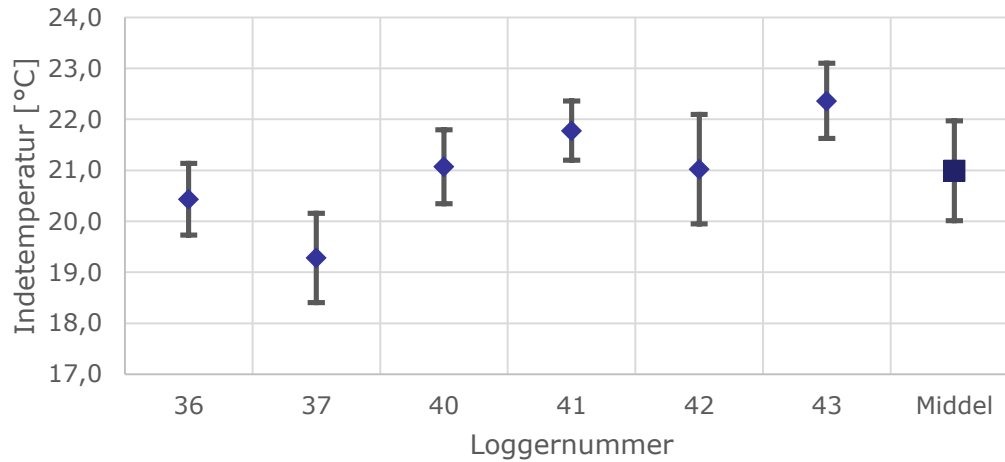
5. Slut

# Indeklimamålinger (før renovering)

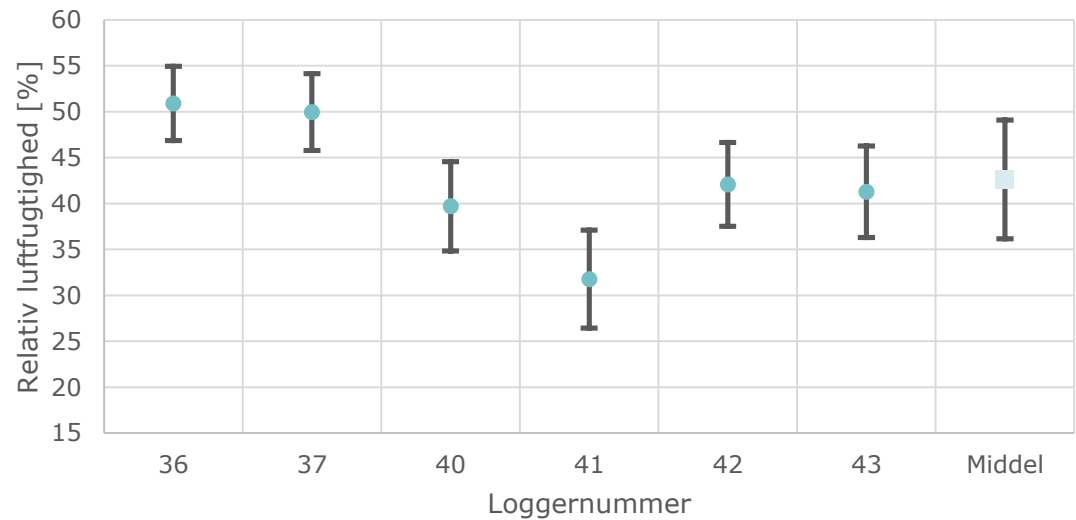


TEKNOLOGISK  
INSTITUT

## Indetemperatur og spredning



## Relativ luftfugtighed og spredning

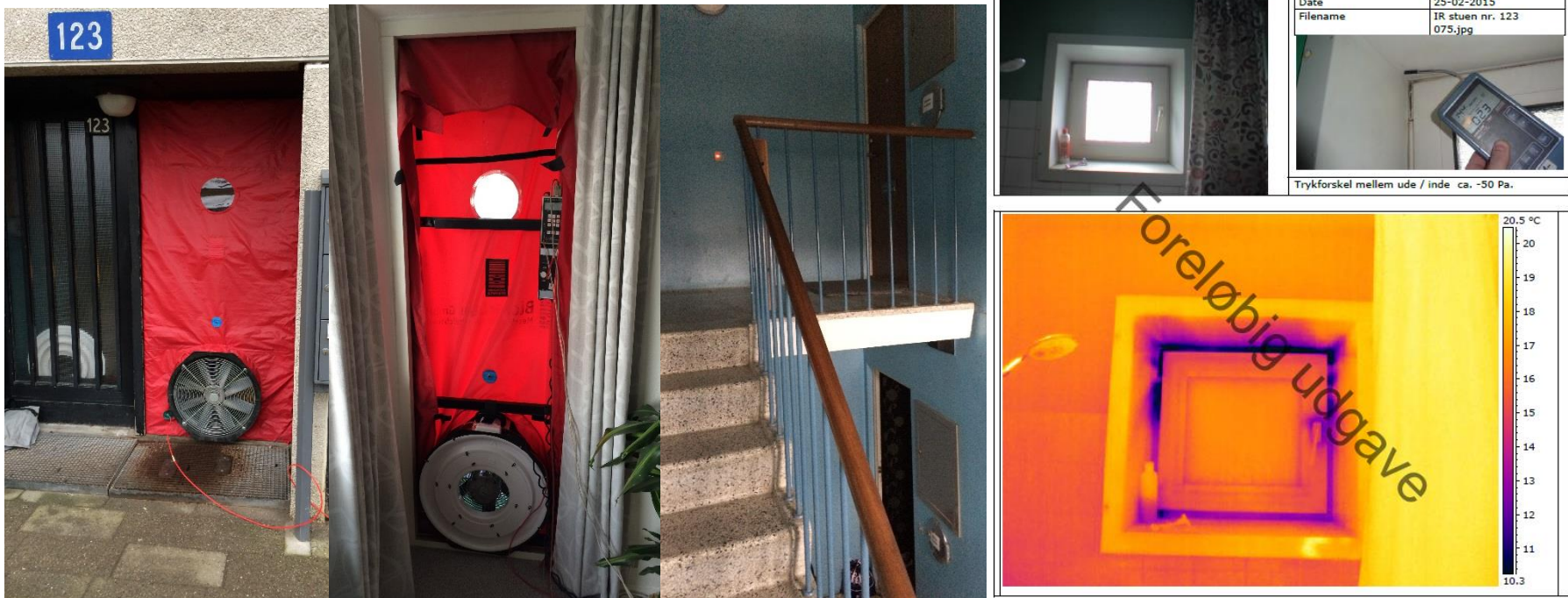


# Blower-door test (før)



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

- **Flere-zone-test** (samme tryk i målte og tilstødende zoner)
- **Lejlighederne var ekstraordinært tætte** med  $q_{50} = 1,37$  l/s pr.  $m^2$ . BR10 foreskriver at nybyggeri skal overholde et tæthedskrav på  $q_{50} = 1,50$  l/s pr.  $m^2$
- **Termografiske målinger**, hvor kuldebroer og utætheder blev lokaliseret.





## Ældre udsugningsanlæg på loftet:

- Ingen målinger af elforbrug til ventilator
- Antaget udsugningsmængde i energimærkeberegninger på 0,37 l/s pr. m<sup>2</sup>
- Målt udsugningsmængde på 0,07 l/s pr. m<sup>2</sup>



# Varmt brugsvand (før)

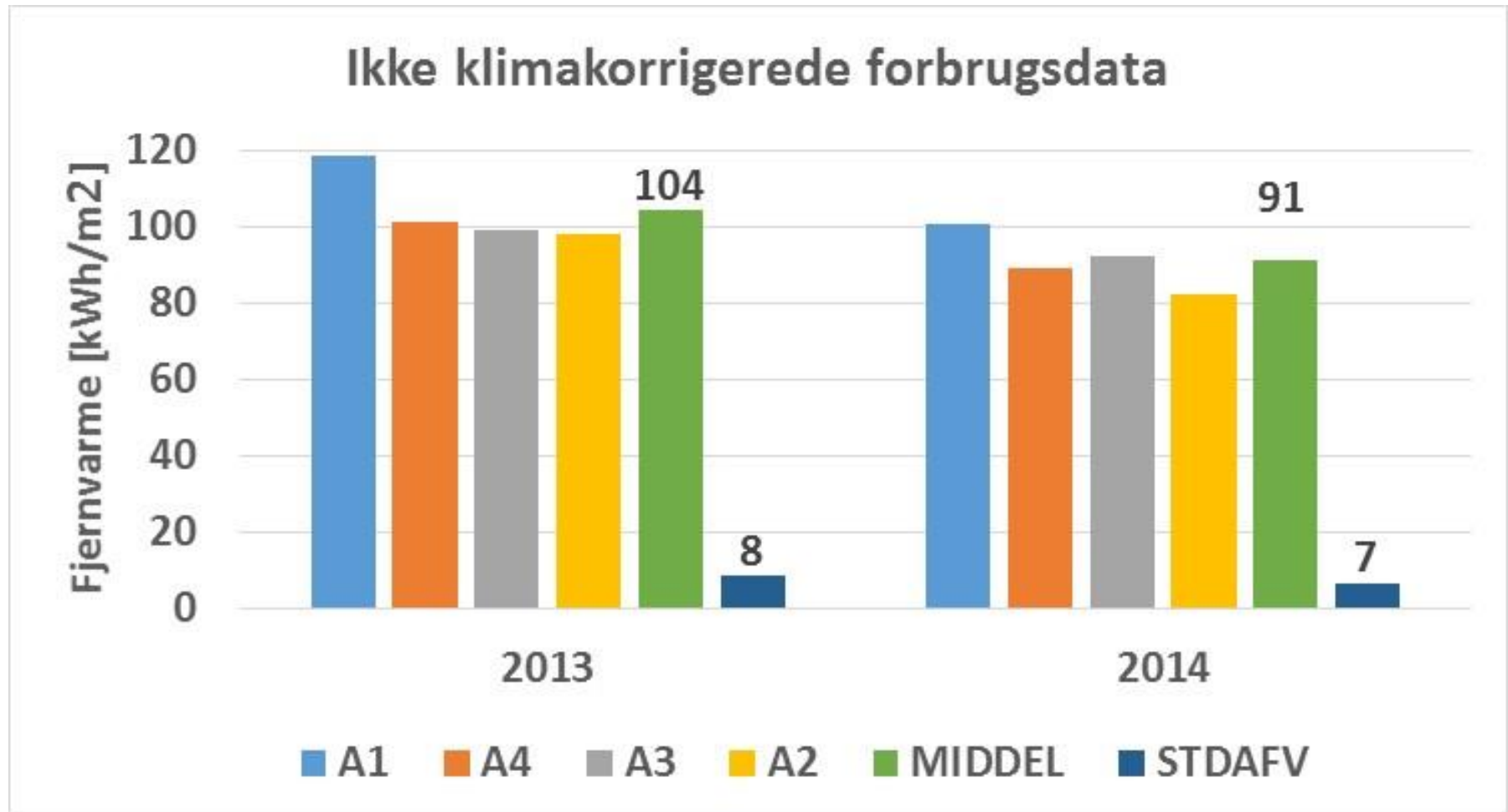


TEKNOLOGISK  
INSTITUT

- **Fjernvarmemåling** (afregningsmåler)
- **Ingen målinger af varmt brugsvand** (fordeles efter kvadratmeter)
- Nødvendigt at etablere målere på varmtvandsbeholder



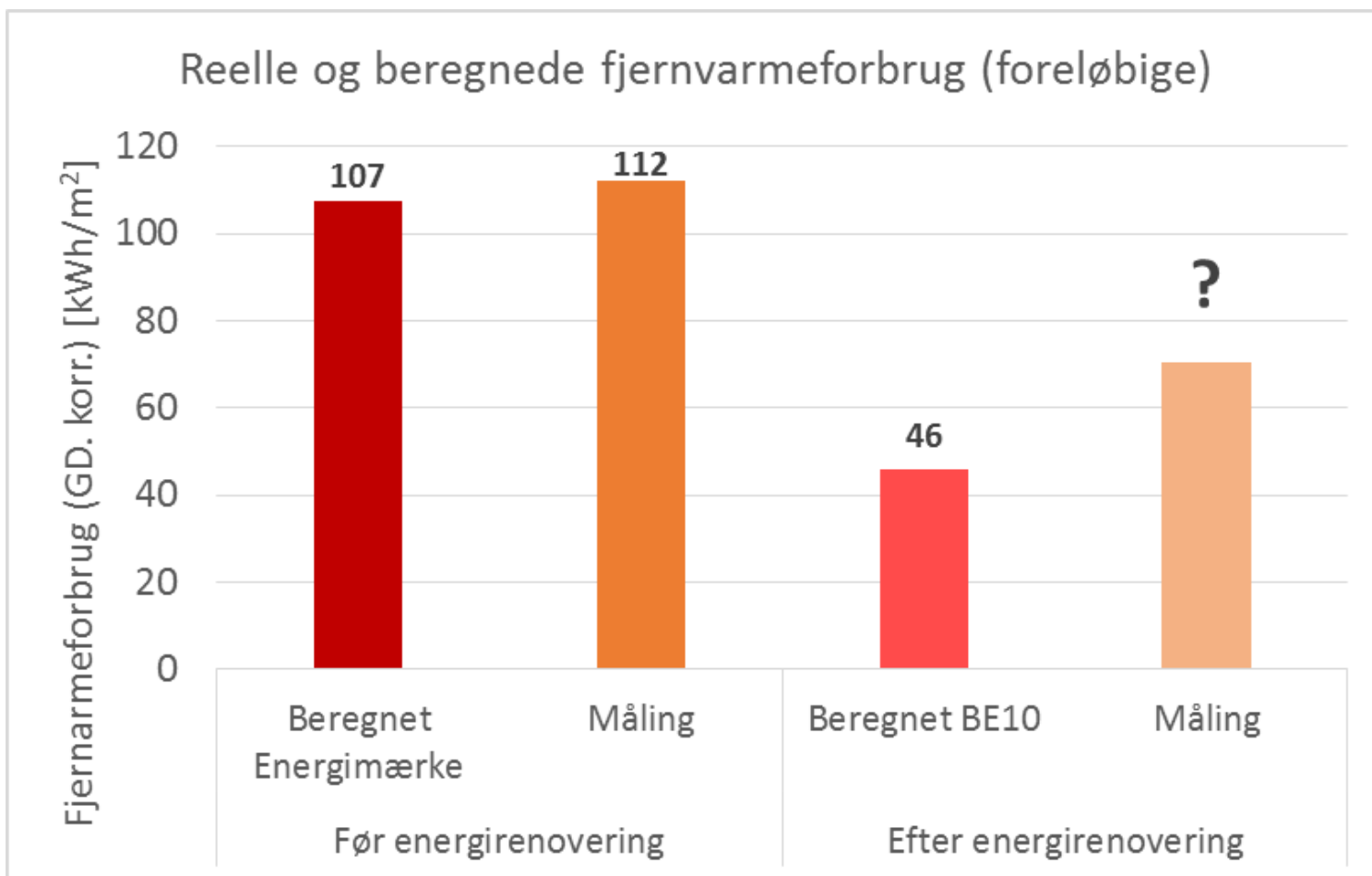
# Fjernvarmeforbrug for 4 ens etageboligblokke



# Reelle og beregnede varmeforbrug (foreløbige)



TEKNOLOGISK  
INSTITUT



Brutto opvarmning	88 kWh/m <sup>2</sup>	78 kWh/m <sup>2</sup>	28 kWh/m <sup>2</sup>	37 kWh/m <sup>2</sup>
Ventilationsmængde	0,37 l/s pr. m <sup>2</sup>	0,07 l/s pr. m <sup>2</sup>	0,39 l/s pr. m <sup>2</sup>	0,47 l/s pr. m <sup>2</sup>
Rumtemperatur	20°C	21°C	20°C	22°C
VBV inkl. distributionstab	19 kWh/m <sup>2</sup>	34 kWh/m <sup>2</sup>	18 kWh/m <sup>2</sup>	34 kWh/m <sup>2</sup>



# Agenda



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

1. Introduktion til projektet "Reelle energibesparelser i ved energirenovering af etageboliger"
2. Før-målinger: Hvor godt kender vi energiforbrug og andre forhold i bygningerne før renovering? Hvordan får vi overblik?
3. **De første resultater og konklusioner**

# Hvor skal vi starte?



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

- Hvis **energibesparelsens størrelse** er vigtig, er det nødvendigt at få **godt styr på før-forbruget**:
  - **Mindstekrav**: Adskillelse af energi til rumopvarmning og **varmt brugsvand (måling)**
  - **Energistyring**: Månedlige aflæsninger af målere for flere år tilbage
  - Evt. CTS
  
- **Timing**: (for) Sent at gå i gang med **indeklimamålinger**, når udbud går i gang (men også **vanskeligt før der ligger en investeringsbeslutning!**)
  
- **Tætheds- og ventilationsmålinger**: Kan være omfattende og indgribende for beboerne



## .....og hvad er målet?

### ■ **Hvad lover vi og hvornår er energibesparelsen i hus?:**

- Når den faktiske reelle energibesparelse vi lover beboerne (med lidt tolerance) er nået
- Når energimærket efter renovering stemmer med det projekterede
- ...

### ■ **Målet er ofte et helt andet, men energibesparelsen bliver brugt til at sælge projektet:**

- Undgå skimmel
- Reducere vedligehold (vinduer)
- Gøre ejendomme attraktive/tidssvarende
- Maksimere afkast m.v.