



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

# Reelle energibesparelser ved energirenovering af etageejendomme

## Eksempelsamling af renoveringsprojekter

---

August 2018



**Projekt**

Reelle energibesparelser ved energirenovering af etageejendomme

**Rapport titel**

Eksempelsamling af renoveringsprojekter

**Udarbejdet af**

Kasper Furu Nielsen (projektleder)

Lasse Skammelsen Trankjær

Peter Svendsen

Teknologisk Institut

Energieffektivisering og Ventilation

Gregersensvej 1

2630 Taastrup

**Udarbejdet for**

Grundejernes investeringsfond

Realdania

# Indhold

A. Indledning .....	4
B. Læsevejledning.....	4
B.1 Anvendelse af rapporten .....	4
B.2 Tekniske forklaringer .....	4
C. Ejendomsoversigt .....	6
D. Ejendomseksempel 1 .....	8
D.1 Bygningen før renovering .....	8
D.2 Renoveringstiltag og formål .....	9
D.2.1 Energi- og indeklimatekonomiseringstiltag.....	9
D.2.2 Planløsning - før og efter renoveringen .....	10
D.2.3 Byggeprocessen .....	11
D.3 Indeklima .....	12
D.4 Ventilation.....	13
D.5 Energi.....	16
E. Ejendomseksempel 2 .....	17
E.1 Bygningen før renovering.....	17
E.2 Renoveringstiltag og formål .....	18
E.2.1 Energi- og indeklimatekonomiseringstiltag .....	19
E.2.2 Byggeprocessen .....	19
E.3 Indeklima.....	20
E.4 Ventilation .....	21
E.5 Energi .....	22
F. Ejendomseksempel 3 .....	24
F.1 Bygningen før renovering.....	24
F.2 Renoveringstiltag og formål .....	24
F.2.1 Energi- og indeklimatekonomiseringstiltag .....	24
F.2.2 Byggeprocessen .....	25
F.3 Indeklima.....	27
F.4 Ventilation .....	28
F.5 Energi .....	29
G. Ejendomseksempel 4.....	30
G.1 Bygningen før renovering .....	30
G.2 Renoveringstiltag og formål .....	30
G.2.1 Energi- og indeklimatekonomiseringstiltag .....	31
G.2.2 Byggeprocessen.....	31
G.3 Indeklima .....	32
G.4 Ventilation.....	33
G.5 Energi .....	33
H. Ejendomseksempel 5.....	35

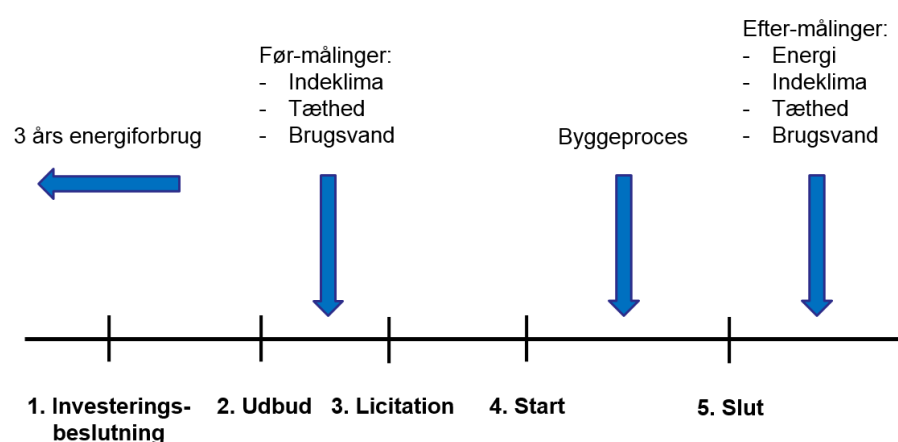
H.1. Bygningen før renovering .....	35
H.2. Renoveringstiltag og formål .....	36
H.2.1 Energi- og indeklimatekonomiseringstiltag .....	36
E.2.2 Byggeprocessen .....	37
H.3. Indeklima .....	37
H.4. Ventilation.....	38
H.5. Energi.....	38
I. Ejendoms eksempel 6.....	40
I.1 Bygningen før renovering .....	40
I.2 Renoveringstiltag og formål .....	40
I.2.1 Byggeproces .....	41
I.3 Indeklima .....	41
I.4 Ventilation.....	42
I.5 Energi.....	42

## A. Indledning

Gennem et firårigt forløb har konsulenter fra Teknologisk Institut fulgt renoveringsprocessen af syv forskellige etagebebyggelser. Bygningerne er blevet fulgt helt fra opstartsfasen, hvor de indledende beregninger på renoveringen blev foretaget og inde byggetilladelserne lå endeligt på plads. Det har været væsentligt for projektet, at opnå viden om de udvalgte bygningers tilstand, brug og energiforbrug, inden renoveringen, så der på den måde kunne skabes en god sammenligningsbase til efter renoveringen. Tillige var det målet at følge bygningerne et år efter deres renovering.

Rapporten her er opdelt i de forskellige ejendomstyper og beskriver hele forløbet før, under og efter renoveringen, og laver en simpel opsummering af det opnåede resultat.

Formålet med hele projektet er at belyse hvorfor der så ofte ikke opnås den beregnede energibesparelse ved en renovering, samt at pege på nogle enkle parametre, som kan være med til at skabe øget sikkerhed i de indledende beregninger.



Figur A.1 - Tidslinie for projektets forløb

## B. Læsevejledning

### B.1 Anvendelse af rapporten

Denne læsevejledning forklarer hvordan denne rapport kan anvendes med udgangspunkt i 6 forskellige ejendomme, der har været undersøgt i projektet "Reelle energibesparelser ved energirenoveringer". Derudover beskrives enkelte grundlæggende principper så de ikke gentages.

Rapporten fungerer primært som støtte til projektets hovedrapport med ekstra information, der kan læses supplerende. Ideen er, at denne rapport også sekundært kan anvendes, hvis man står overfor at skulle foretage en energirenovering. Man finder det renoveringsprojekt af de 6 i oversigten, der matcher sit eget forestående projekt bedst, og går direkte videre til det tilhørende kapitel.

Informationen i kapitlet indiker således hvad man selv eventuelt kan opnå af indeklima, eller energimæssige resultater ved sin egen tilsvarende renovering. Derudover er der supplerende informationer om indeklima og ventilationsforholdene, der kan hjælpe med at belyse de faktiske tekniske forhold. Det skulle hjælpe til at minimere lignende beregningsfejl og gøre læseren opmærksom omkring den potentielle problemstilling. Hovedrapporten fokuser på at forklare og undersøge i hvor høj grad en række specifikke mekanismer forårsager denne differentiering mellem det beregnede og reelle energiforbrug ejendommen.

### B.2 Tekniske forklaringer

I selve renoveringsprojekterne kan der have været fokus på flere indeklimaparametre, men i dette projekt er kun temperaturen og den relative luftfugtighed dokumenteret. De målte indetemperaturer benyttes til at tilpasse temperatursetpunktet i Be10/15/18 energiberegningen, hvis der måles en afvigelse ift. de stan-

dard 20 °C. Således at et reelt energiforbrug, der afviger fra det teoretisk beregnede, kan forklares i hovedrapporten. Data angående den relative luftfugtighed anvendes ikke direkte i analysearbejdet af det reelle energiforbrug, men til at skabe dybere indsigt i de faktisk forhold og belyse eventuelle problematikker og forstå brugeradfærd, temperaturforholdene og indikere hvorvidt der bliver luftet tilstrækkeligt ud. Målere har så vidt muligt været placeret centralt i rummene hvor de ikke vil blive udsat for direkte sollys, eller anden indflydelse.

Bygningens luftsiftte er genereret af både mekanisk og naturligventilation inklusiv infiltration igennem bygningens klimaskærm. Der er forskel mellem de enkelte ejendomstype på hvad det har været muligt og fundet meningsfyldt at undersøge. Naturlig ventilation via dør- og vinduesåbninger er ikke undersøgt, men ejendommenes tæthed/infiltration er dokumenteret ved udførelsen af Blowerdoortest før og efter renoveringen. Derudover er der foretaget målinger af luftmængder på de mekaniske ventilationsanlæg. Blowerdoortesten foregår ved 50 Pa over-/undertryk, hvormed utætheder i klimaskærmen påvises. For at kunne måle utætheder er det vigtigt, at alle åbninger som f.eks. udsugningsspjæld, emhætte, yderdøre tætsluttet med tape eller lignende. Friskluftsventiler i vinduer skal lukkes, men behøves ikke tætsluttet, da de anses som en del af klimaskærmens infiltration.

I bygninger hvor klimaskærmens lufttæthed er undersøgt ved trykprøvning med 50 Pa, bestemmes infiltrationsen i brugstiden som:

$$q_{infiltration} = 0,04 + 0,06 \cdot q_{50} \text{ [l/s pr. m}^2\text{]}$$

Dermed vil resultaterne både præsenteres for trykprøvning og infiltrationsmængden, som beregnet i formelen ovenfor. Hermed kan der både sammenholdes med Bygningsreglementets forskrifter og den reelle tilførsel af naturlig friskluft.

Angående de mekaniske ventilationsanlæg, kan der være problemer i forhold til hvor balancerede systemer reelt er. Det kan f.eks. skyldes upræcis indregulering af ventilerne. Hvis anlægget ikke er i balance, kan det f.eks. have stor betydning for hvor effektiv varmegenvinding er, hvilket kan medføre et forøget energiforbrug andetsteds for at opnå den ønskede rumtemperatur og dermed skabe en afvigelse ift. det forventet forbrug.

Energiforbruget målt over forskellige perioder er korrigeret for de klimatiske forhold ved brug af en beregnet energisignatur, og kan direkte sammenlignes. De beregnede energiforbrug stammer ikke fra forfatteren af denne rapport, men er udleverede beregninger fra de pågældende ingeniører/energikonsulenter, der har været involveret i selve renoveringen. Beregningerne er baseret på beregningsværktøjerne Energy10 og SBI's Be10/15/18. Projektet er begrænset til kun at inkludere varmerelateret energi og ikke elektricitet. Vær derfor opmærksom på forskellen, hvis energiforbrugene sammenlignes med Bygningsreglementet energikrav.

## C. Ejendomsoversigt

### Ejendomseksempel 1

80'er bebyggelse

Beton sandwichelement facade

Ældre vinduer

Nedslid isolering

Udsugningsventilation fra køkken og bad

Renoveringen

- Udvendig facadeisolering
- Isolering af loft/tagrum
- Vinduesudskiftning
- Decentralt mekanisk ventilation
- Lukkede altaner
- Solceller

Formål med renovering

- Energibesparelser
- Vedligehold



### Ejendomseksempel 2

70'er bebyggelse

Beton sandwichelement facade

Ældre vinduer

Nedslid i isolering

Udsugningsventilation fra køkken og bad

Renoveringen

- Udvendig facadeisolering
- Nyt tag og isolering
- Vinduesudskiftning
- Centralt mekanisk balanceret ventilation

Formål med renovering

- Energibesparelser
- Vedligeholdelse



### Ejendomseksempel 3

København byggeri fra 1900-1940.

Murstensfacade

Ældre vinduer

Ingen eller lidt isolering

Udsugningsventilation fra køkken og bad

Renoveringen

- Vinduesudskiftning
- Indvendig facadeisolering
- Decentralt mekanisk balanceret ventilation
- Nye taglejligheder

Formål med renovering

- Energibesparelser
- Øget komfort
- Sanitære forhold
- Vedligeholdelse og bevaring





#### Ejendomseksempel 4

70'er bebyggelse

Beton sandwichelement facade

Ældre vinduer

Nedslid isolering

Udsugningsventilation fra køkken og bad

Renoveringen

- Isolering af gavle
- Rensning af ventilationskanaler

Formål med renovering

- Generel optimering
- Vedligeholdelse



#### Ejendomseksempel 5

Murstensbyggeri fra efterkrigstiden

Murstensfacade

Ældre vinduer

Ingen eller lidt isolering

Udsugningsventilation fra køkken og bad

Renoveringen

- Tagudskiftning inkl. isolering
- Nyt varmeanlæg, konvertering

Formål med renovering

- Energibesparelser
- Vedligeholdelse



#### Ejendomseksempel 6

København byggeri fra før 1900

Murstensfacade

Ældre vinduer

Ingen eller lidt isolering

Udsugningsventilation fra køkken og bad

Renoveringen

- Vinduesudskiftning

Formål med renovering

- Vedligeholdelse

