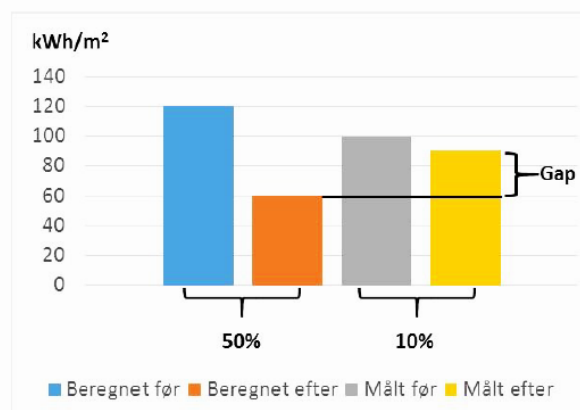


## Dokumentation af energibesparelser ved energirenovering

Erfaringer fra energirenoveringer er, at de beregnede, og dermed forventede energibesparelser ikke altid opnås. Det skyldes typisk, at forventningerne er baseret på simple før registreringer og forenkede standardberegninger af energibesparelser uden hensyntagen til ændringer i bygningens brug. Den korte forklaring på en reduceret effekt af en energirenovering er ofte, at en del af energibesparelsen omsættes til komfortforbedring.



Eksempel. Energiforbrug til opvarmning (varme og varmt vand) i etageejendom

Beregnet: Forbrug Før 120 kWh/m<sup>2</sup> / Efter 60 kWh/m<sup>2</sup> – Beregnet besparelse 60 kWh/m<sup>2</sup>

Målt: Forbrug Før 100 kWh/m<sup>2</sup> / Efter 90 kWh/m<sup>2</sup> – Målt besparelse 10 kWh/m<sup>2</sup>

Økonomiberegningen er baseret på en energibesparelse på 60 kWh/m<sup>2</sup>, men den reelle besparelse er 10 kWh/m<sup>2</sup>.

Energiforbruget i en bygning hænger nøje sammen med brugen af energiydelser i bygningen (fx rumopvarmning, varmt vand, ventilation, elforbrug). Derfor ændres energiforbruget i eksempelvis en bolig fra år til år typisk i afhængighed af familiens størrelse og sammensætning, og familiemedlemmernes brug af energiydelser, ligesom energiforbruget i en boligblok afhænger af ændringer i de enkelte familier, herunder af fra- og tilflytninger.

En energirenovering tager udgangspunkt i flere sammenhængende forhold, herunder:

- Krav i forbindelse med Lovgivning
- Ønsket om nedsat energiudgift
- Komfortmæssige hensyn, arbejdsmiljø
- Hensyn til vedligeholdelse
- Ønsket om et forbedret energimærke
- Økonomisk besparelse (vedligehold, energibesparelse, nedsatte driftsudgifter)
- Forøgelse af ejendomsværdi
- Æstetiske grunde
- Miljøbevidsthed

Da energibesparelsen og reduktion af energiregningen ofte er i fokus, er der behov for en metodik, der bidrager til at sikre den, efter forholdene, bedst mulige overensstemmelse mellem en beregnet energibesparelse og den faktisk opnåede, og som samtidig kan bidrage til forklaring af væsentligste forskelle og deres effekt.

Den skitserede dokumentationsmetode er nyttig i forbindelse med de energirenoveringer hvor energibesparelsen er afgørende for finansieringen - og for beslutningen om energirenovering. Eksempelvis når lejeforhøjelsen forventes balanceret af en mindre energiudgift i en boligbebyggelse.



En dokumentation af forhold før, under og efter energirenovering er for nogle byggerier omfattende og ressourcekrævende. Indsatsen skal derfor tilpasses den aktuelle energirenovering: Bygherrens ønsker til energirenoveringen, bebyggelsens størrelse og kompleksitet, tid og økonomi, organisation af processen, samt foreliggende oplysninger og praktiske forhold. Resultatets anvendelighed skal stå mål med indsatsen. Dokumentationen kan typisk gennemføres af bygherrerådgiver og rådgiver.

Metoden omfatter retningslinjer til brug ved dokumentation af energibesparelser og energiydelser ved energirenovering. Dispositionen tager udgangspunkt i traditionelle projekter med rådgiver til projektering, udbud, byggeledelse og tilsyn:

1. Beslutning og mål, logbog
2. Før dokumentation
3. Projekt og renovering
4. Drift og brug
5. Efter dokumentation og analyse

Retningslinjerne kan bidrage til korrigerende handlinger i de enkelte led af processen og bidrage til en bedre forståelse for og accept af forskellen mellem beregnede og faktiske energibesparelser. Metoden i det følgende skal ses som et grundlag, der kan udbygges og tilpasses med rådgiverens erfaringer til brug ved fremtidige energirenoveringer.

Energirenovering kan være del af en proces, der yderligere omfatter byfornyelsestiltag, som fx etablering af baderum, tilbygning af tagetage, inddragelse af tidligere køkkentrapper mv. Nærværende metode omfatter udelukkende en energimæssig opgradering af bygningen.

## 1. Beslutning og mål, logbog



I idéfasen vælges energirenoveringens omfang ud fra en liste af enkelttiltag fx fra en energimærkningsrapport, fra andre rådgiverrapporter eller beslutningsstøtteværktøjet BSV.

Afhængigt af udgangspunktet og målet for energirenoveringen kan det være en god idé at sammensætte alternative pakked løsninger. Ét mål kan realiseres på flere måder, ikke mindst når både energimærke, egentligt energiforbrug og totaløkonomi skal indgå i beslutningsgrundlaget.

Beslutningsstøtteværktøjet BSV giver brugeren mulighed for let at opstille alternative sammenlignelige løsninger til en omfattende energirenovering (se "Energirenovering 2020 - Valg mellem løsninger til energirenovering – beslutningsværktøj"). For hver pakked løsning genererer værktøjet: Liste med valgte tiltag; forventet anlægsudgift og totaløkonomi (inkl. evt. udgift til rådgivning, byggeledelse, byggeplads, mv.); energiforbrug før og efter; energibesparelser under std. forudsætninger eller med ændrede indetemperature, liste over fordele og ulemper, og reduktion af drivhusgasser.

Fokus bør være på en samlet pakked løsning til en éngangsenergirenovering, der energimæssigt fremtidssikrer bygningen. Pakked løsningen kan dermed indeholde tiltag med både positiv og negativ nutidsværdi, men have en samlet positiv nutidsværdi. Forskellige beregningsprogrammer og -metoder kan føre til forskellige resultater. Ved større projekter hvor værdien af energibesparelsen er afgørende bør kontrolberegning gennemføres i et andet og mere detaljeret program end første gennemregning.

Metoden er baseret på en energilogbog. Logbogen er et gennemgående dokument med bilag, der løbende opdateres og udbygges ud fra retningslinjerne i pkt. 2 til 5 med hovedvægt på dokumentation

af før- og efterniveau. Den består kort af to dele: et "Energidokument" med baggrunden for energiforbruget, og "Energiberegninger og målinger" der yderligere indeholder analyser.

## Logbogen

Energidokument:

- a. Bygningsdata: Bygningskategori, opførelsesår, eventuelle tidligere forbedringer, ejerforhold, adresse, bygherre, kontaktdata, foto
- b. Mål med energirenoveringen, energimæssigt mål – reduceret energiforbrug og ydelser fra vedvarende energi  
/ bilag: Beslutningsgrundlag for valgt løsning
- c. Konstruktioner, arealer, U-værdier (før og efter renovering) kommentarer fx om vedligehold, fejl og mangler  
/ bilag: fx tegninger, registreringer, ...
- d. Installationer, inkl. vedvarende energi, og automatik, energimæssig stand (før og efter renovering), kommentarer fx om vedligehold, fejl og mangler  
/ bilag: tegninger, diagrammer, registreringer, produktblade, ...
- e. Driftsmæssige forhold (før og efter renovering) automatik og anvendelse, opvarmningssæsonens længde, temp. niveauer mv.  
/ bilag: Driftsjournaler, ...
- f. Vurdering af energiydelser (før og efter renovering): Inde-temperaturer, ventilation og varmtvandsforbrug  
/ bilag: Indeklimamålinger

Energiberegninger og målinger:

- g. Beregnede energiforbrug (før og efter renovering): Samlet forbrug og delforbrug - rumvarme, varmt vand og elforbrug til bygningsdrift, energibesparelser, VE ydelser, forudsætninger, herunder temperaturer og ventilation  
/ bilag: Beregningsfiler, Justeret før beregning, justeret efter beregning.
- h. Målt energiforbrug (før og efter renovering) – størrelse og fordeling  
/ bilag: Energiregnskaber, graddagekorrektion, hoved- og bimålere – placeringer og produktblade, måleplan
- i. Evaluering af energibesparelser, vedvarende energi og energiydelser (indeklima, varmt brugsvand, ...)

Retningslinjer, der giver input til logbogen er markeret med **a** til **i** i det følgende.

## 2. Før dokumentation



Effekten af en energirenovering er typisk en reduktion af energiforbruget til energiydelser – primært til indeklima, varmt vand, samt hjælpeenergi. Ændringen afhænger af de tekniske tiltag og af forskellen i brug af energiydelser før og efter energirenoveringen. Effekten kan derfor ikke dokumenteres med enkle før- og efteraflysninger på en hovedmåler, men vil kræve en lidt mere omfattende indsats, hvor energiforbrug og de væsentligste forhold af betydning for energiforbruget måles før og efter energirenoveringen.

Før-dokumentationen skal:

- give et overblik over det faktiske energiforbrugs størrelse og fordeling



- give oplysninger om baggrunden for energiforbruget
- gøre det muligt at justere beregninger af energiforbrug og energibesparelser så der er troværdig overensstemmelse mellem beregnede og faktiske besparelser

Før dokumentationen kan omfatte:

- Måling af energiforbruget (**logbog h**)
- Måling af energiydelser (**logbog f**)
- Teknisk Check – konstruktioner, varmeisolering, tæthed, drift (**logbog c, d og e**)
- Før beregning tilpasset faktiske forhold og målt før forbrug (**logbog g**)

### Måling af energiforbruget (logbog h)

Oftest må energiforbruget i før situationen baseres på fakturaer for energi baseret på hovedmåler aflæsninger for varme og evt. el. Energiforbruget i en bygning ændres fra år til år - i en etageejendom ændres det eksempelvis ved til og fra flytning, ved ændrede brug og ændrede vaner (fx når børn kommer i puberteten), ændret brug af fritidsbolig, teknisk udstyr mv. Derfor bør det målte forbrug være et gennemsnit for flere år.

Et årligt energiforbrug til opvarmning inkl. hjælpeenergi kan skønnes ud fra det afregnede forbrug for fx 3 år forudsat, at der ikke er gennemført tiltag i perioden. Forbruget for hver år opdeles i et Graddage Afhængigt Forbrug, GAF (rumopvarmning med tilhørende tab) og et Graddage Uafhængigt Forbrug, GUF (varmt brugsvand med tilhørende tab), og korrigeres til et normalår. Derpå kan et gennemsnit for de tre år anvendes.

Det anbefales dog, at der som minimum installeres separat bimåler på varmtvandsbeholderens primærside, så varmtvandsforbruget kendes for fx 3 måneder inden renoveringen, og kan indgå i en mere præcis fastlæggelse af GUF ved graddagekorrektionen.

Måling af elforbrug til pumper, ventilatorer, køle- og varmeblæser kan ske ved etablering af bimåler(-e). Elforbrug til hjælpeenergi, mekaniske ventilationsanlæg, og fælles elforbrug bør måles i de tilfælde, hvor der gennemføres en ændring eller en ny installation. Vedvarende energi – sol-el og solvarme bør ligeledes forsynes med målere, der viser produktion af el eller varme. Det samlede elforbrug bør registreres, da en del af forbruget indgår i rumopvarmningen.

Måling af koldt vand kan bruges til et groft skøn over varmtvandsforbruget.

Der bør udarbejdes en måleplan med de nødvendige målere, placering og type, før og efter energirenoveringen. Målere bør etableres før energirenoveringen så før forbruget kan opdeles, og effekt af tiltag vurderes mere præcist i efter situationen. Måleplanen kan omfatte: Måler ID, Placering, hvad måles, aflæsning, hyppighed og periode, ansvarlig.

En særlig udfordring er knyttet til vurderingen af energiforbrug til supplerende opvarmning i boliger – fx el radiatorer og brændeovne. Der må skønnes ud fra brugstider, effekt, brændeforbrug og ovns skønnede nyttevirkning.

### Måling af energiydelser (logbog f)

Energiforbruget til rumopvarmning varierer typisk med 5 – 15 % pr. grad afhængigt af en bygningsisolering. Jo bedre isolering desto større procentvis ændring. I beregninger anvendes ofte et gennemsnit på 20-21°C som udgangspunkt, selvom faktiske temperaturer ofte er højere, - for boliger ofte 22-23°C. Rumtemperaturen varierer fra rum til rum, over døgnet og over året, hvorfor en gennemsnitlig indetemperatur, typisk må betragtes som et skøn. Indetemperaturen før (og efter) en energirenovering kan skønnes ud fra driftsdata, og ud fra stikprøvemålinger af indetemperaturen i en række repræsentative rum eller boliger.



Da en forbedring af indeklimaet ofte er centralt ved evaluering af en energirenovering, bør før- (og efter-) målinger omfatte indetemperatur, luftfugtighed og CO<sub>2</sub> niveau, samt evt. udefrakommende lyd og dagslys. De tre første forhold er rimelige indikatorer for komfort og luftkvalitet, der kan give input til vurdering af ventilationen.

Ventilationen af en bygning i før situationen omfatter luft via infiltration, friskluftventiler, mekanisk ventilationsanlæg, naturligt aftræk, emhætter, samt udluftning via vinduer mv. Der er ingen rimelig sikker metode til at fastlægge luftskiftet i en bygning. Den samlede ventilation kan estimeres (med væsentlig usikkerhed) ud fra passive sporgasmålinger, evt. suppleret med målinger på mekanisk ventilation, målinger af indeklima, og blowerdoor-test. Usikkerheden kan mindskes ved gentagelse af sporgasmålinger i 2-3 perioder.

Energiforbruget til varmt vand kan måles med bimålere, se ovenfor.

### **Teknisk Check – konstruktioner, varmeisolering, tæthed, drift (logbog c, d og e)**

Registrering/vurdering af eksisterende bygningskonstruktioner tager ofte udgangspunkt i Energimærket og er baseret på konsulentens viden og erfaringer, forenkede U-værdi tabeller, tegningsmateriale og ejerens oplysninger.

Typisk er omfanget af kuldebroer vanskeligt at fastlægge, ligesom de sjældent indgår i de samlede U-værdier og energiberegninger. En fejlsvurdering af før U-værdier kan give væsentlige fejlsvurderinger af de mulige energibesparelser. Som led i før-dokumentationen kan termografering af bygningsdele med kuldebroer være en god hjælp.

Varme- og ventilationsanlæggets drift bør kontrolleres med målinger af temperaturniveau og luftmængder.

Forhold af betydning for det beregnede før forbrug dokumenteres bedst muligt, så før beregningen svarer til normal bygningsdrift. Der kan være fejl og mangler, og fejlindstillet automatik selvom anlæg har kørt i årevis. Varmecentraler og større teknikrum bør i den sammenhæng gennemgås, så evt. indreguleringsmangler kan indgå ved sammenligning af beregnet og faktisk før forbrug.

Hvis bygningen har mekanisk udsugning/ventilation, så skal effektivitet og elforbrug også registreres. På mindre anlæg kan elforbruget estimeres ud fra motorens effektoptag, og på større og nyere anlæg, er det ofte muligt at registrere anlæggets effektoptag på en frekvensomformer.

Da energirenoveringer ofte omfatter konvertering til fx fjernvarme, varmepumpe eller naturgas, bør årsnytttevirkningen for eksisterende kedelanlæg fastlægges. Dette kan gøres med egnet beregningsprogram og med udgangspunkt i målinger (servicerapport) og data om anlægget.

### **Før beregning tilpasset faktiske forhold og målt før forbrug (logbog g)**

Før beregningen af energiforbruget i et normal år til opvarmning, ventilation og varmt vand justeres bedst muligt til de aktuelle forhold og resultatet sammenholdes med det målte forbrug.

Om nødvendigt anvendes et mere egnet beregningsprogram end det tidligere anvendte.

Jo mere detaljerede og præcise oplysninger, desto bedre grundlag for beregning af før og efter forbruget, og energibesparelsen ved renoeringen.

De energimæssige forhold i en bygning er ofte så komplekse, at de ikke kan håndteres i et beregningsprogram, så en vis usikkerhed i resultaterne må accepteres alene af denne grund.

Grunden til væsentlige afvigelser (fx mere end 15%) mellem det beregnede og målte forbrug afklares bedst muligt – og energidokumentet og beregningen justeres til den endelige før-beregning.

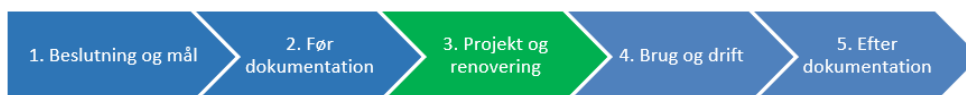
Hvis forskellen på før-beregningen og før-målingen ikke kan indsnævres, må det accepteres at den beregnede energibesparelse vil afvige fra den målte i eftersituationen. Hvis det målte forbrug fx er



15% lavere end det beregnede, kan det overslagsmæssigt antages, at den faktiske besparelse også vil være 15% lavere end den beregnede.

Når der er opnået en rimelig overensstemmelse mellem beregnet og målt før forbrug, genberegnes effekten af mulige tiltag, under forudsætning af uændret brug, hvorpå evt. ny pakkelse løsning sammensættes (logbog b og g)

### 3. Projekt og reovering – projektering, byggeproces og dokumentation af færdige konstruktioner og installationer.



Energidokumentet ajourføres under energireoveringen til evt. revision af efter-beregningen.

#### Projekt (logbog c, d, g)

Omfanget af projektmateriale i små projekter begrænses ofte ved henvisning til principløsninger, som fx VEB's energiløsninger, evt. suppleret med detaljer for særlige udfordringer. For større projekter er et egentligt projektmateriale (hoved- og detailtegninger, renderinger, diagrammer, beskrivelser) afgørende for reoveringsprocessen.

I projektmateriale skal stilles krav til arbejdets udførelse, samt materialer og komponenter, med fokus på velafprøvede og -dokumenterede løsninger, levetid og vedligeholdelse. Yderligere skal stilles krav så der ikke opstår tidsmæssige problemer i byggeprocessen.

Den æstetiske effekt af tiltag, der ændrer en bygnings udseende markant, som fx vinduesudskiftninger og udvendig isolering, bør vurderes inden beslutning. Det kan ske ud fra facadetegninger eller 3D renderinger - i farver.

Da projektmateriale er en væsentlig del af aftalegrundlaget, bør det være detaljeret og præcist, så der fra start til slut er enighed om projektets omfang og indhold. Et godt materiale kan give gode tilbud, til den forventede kvalitet.

Der kan stilles specifikke krav til løsningerne, fx til tæthed i forbindelse med de arbejder der udføres.

Projektmateriale tager udgangspunkt i de energimæssige forbedringer, der indgår i beslutningen og startberegningen. Hvis der under projekteringen ændres afgørende i de valgte tiltag, eller i enkelt tiltags omfang, opdateres logbogen.

Ved udbud: Når udbudsprocessen er afsluttet og entreprenør er udpeget, justeres tiltag og beregning om nødvendigt, svarende til udbudsmateriale med evt. ændringer i forbindelse med kontrahering. Ved tilbud: Hvis der indhentes tilbud fra håndværkere / entreprenør skal det sikres at tilbuddene mindst svarer til tiltagene, der indgår i efter-beregningen. Ved væsentlige afvigelser justeres energidokument og efterberegning, så den energimæssige effekt og økonomien for den samlede pakkelse kendes.

Hvis resultatet ikke opfylder kravene til bygningens energieffektivisering eller hvis økonomien afviger væsentligt justeres målet, eller projekt og aftalegrundlag, så det sker.

## Byggeproces (logbog c, d, g)

Ligesom renoveringsprojektet afviger fra de forenkede beregningsforudsætninger afviger udførelsen fra projektet. I byggeprocessen kan de udførte tiltag afvige fra de aftalte, på grund af ændrede løsninger, og afvigelser i arbejdets kvalitet, som fx:

- valg af komponenter med andre specifikationer end de i projektet forudsatte (fx vinduer eller gulvvarmesystem)
- valg af andre materialer end de foreskrevne (fx isolering med en anden  $\lambda$  værdi),
- valg af andre løsninger end de forudsatte (fx andre isoleringstykkelser valgt af pladshensyn)
- fejl og sjuksk – ringe kvalitet i udførelsen (fx mangelfuld tætning omkring vinduer, fejl i damptæt membran eller undertag, luftlommer i isoleringen mv.)

Byggeledelse og fagtilsyn skal sikre overensstemmelse mellem udbudsmaterialet og det byggede. Projektmaterialet bør i princippet revideres løbende i overensstemmelse med justeringer i det faktisk udførte. Uanset om dette sker, skal ændringer af betydning for energiforbruget fremgå af byggemødereferater og tilsynets notater, ligesom det skal indføres i logbogen.

Under selve byggeriet er der mulighed for at få bedre viden om konstruktioner og installationer i før-situationen, til supplement af det tekniske check i før-dokumentationen.

Afvigelser fra tidligere vurderinger, justeres i logbogen, så før-situationen er bedst muligt dokumenteret, af betydning for de beregnede besparelser.

## Aflevering (logbog c, d, e, g)

Tætning og isolering kan i et vist omfang kontrolleres via henholdsvis blower-door test og termografering (forudsætter lave udetemperaturer). Det bemærkes at kontrolundersøgelser bør gennemføres på et tidspunkt hvor fejl og mangler kan udbedres.

Kontrol bør hvor muligt foretages på et tidspunkt i byggeprocessen hvor evt. fejl kan lokaliseres præcist og rettes, det gælder ikke mindst tætning i forbindelse med udførte tiltag.

Efter byggeriets afslutning afholdes afleveringsforretning, hvor byggeriet gennemgås – konstruktioner, tekniske installationer, teknikrum. Fejl og mangler afklares til udbedring hvor muligt. I afleveringen indgår yderligere indregulering, kontrol og idriftsætning af anlæg, som sikrer at varmeanlæg og evt. ventilationsanlæg styres så de ønskede rumtemperaturer / luftmængder sikres ved det lavest mulige energiforbrug.

## 4. Drift og brug



### Drift (logbog e)

En energieffektiv drift forudsætter energistyring, en engageret energiansvarlig, og mulighed for et samlet overblik over installationernes og automatikkens indstillinger og funktion. Energistyringen tilpasses projektet og skal fastholdes fremover for at sikre det lavest mulige energiforbrug og dermed den ønskede effekt af energirenoveringen.

Ved opstilling af mål for en energirenovering tages udgangspunkt i før og efter beregninger ud fra gennemsnitlige antagelser om indetemperaturer, luftskifter, varmtvandsforbrug (inkl. samlet vandforbrug) og forudsætninger om solindfald og varme fra personer og elforbrug.



De opnåede energibesparelser er dermed helt afhængige af drift og brug. Selvom varme- og ventilationsanlæg er indreguleret og fungerer korrekt, er en løbende vurdering af indstillingen af automatik og de driftsmæssige forhold nødvendig.

Opvarmningssæsonens længde, valgte temperaturniveauer på installationssiden, øvre og nedre grænser for indetemperaturer og luftskifter og behovsstyring har afgørende betydning for energiforbruget til indeklima.

### Brug (logbog f)

Forudsætningerne for en energieffektiv adfærd, eller bare en adfærd der minimerer uhensigtsmæssige overforbrug, er at brugeren kan forstå sammenhængen mellem adfærd – brug af energiydelser, energiforbruget og evt. energiudgiften.

En synliggørelse af energiydelser og energiforbrug kan bidrage til forståelsen. Mulighederne strækker sig fra termometre til omfattende visualiseringssystemer, der viser energiydelser og tilhørende energiforbrug, med mulighed for brugerbaseret styring, link til energispareråd og forsyningselskabernes log in sider med forbrugsaflysninger.

I alle tilfælde bør en energirenovering ledsages af information til brugerne om det gennemførte, om måling og afregning af energi, og om brugerens rolle, med vejledninger til korrekt brug af varme- og evt. ventilationsanlæg, om udluftning, om at få mest muligt ud af et vedvarende energi anlæg, og med relevante energispareråd.

En forståelig energiregning, der opleves som retfærdig, kan være afgørende for brugerens indsats. Hvis der ikke rimelig sammen hæng mellem forbrug og betaling (fx i forbindelse med fast afgift for fjernvarmen) kan det påvirke interessen for en energi effektiv adfærd.

Informationstiltag skal gentages regelmæssigt hvis de skal have den tiltænkte effekt. I den sammenhæng er det afgørende, at brugeren kan se og forstå effekten af sin indsats. Dette er en hovedudfordring.

## 5. Efter dokumentation og evaluering



Efter-dokumentationen skal:

- Sikre et overblik over det faktiske energiforbrugs størrelse og fordeling
- Sikre oplysninger om baggrunden for energiforbruget - bygning, installationer og adfærd
- Bidrage til at dokumentere komfortændringer og driftsmæssige forhold til afklaring af forskelle mellem forventede og faktiske besparelser.

Efter dokumentationen kan omfatte:

- Måling af energiforbruget (**logbog h**)
- Måling af energiydelser (**logbog f**)
- Drift (**logbog e**)
- Efter beregning tilpasset faktiske forhold og målt efter forbrug (**logbog g og h**)
- Analyse og evaluering af energibesparelser og komfortforbedringer (**logbog i**)



### Måling af energiforbruget (logbog h)

Det forudsættes at de nødvendige målere er etableret som led i energirenoeringen i henhold til måleplan (se før dokumentation). Målinger af energiforbrug og ydelser fra vedvarende energianlæg kan indgå i bygningens energistyring.

Erfaringer viser, at indetemperatur og udluftning ændres efter en energirenoering. Dette kan fx skyldes ændret brugersammensætning efter renoering, teknisk mulighed for at opnå højere indetemperaturer, ændrede ventilationsmuligheder mv.

Efter aflevering og en indkøringsperiode igangsættes en måleperiode. Efter ét samlet år med normal drift korrigeres varme og elforbrugene og de opnåede energibesparelser fordelt på rumopvarmning, varmt brugsvand, hjælpeenergi mv. evalueres og sammenlignes med de beregnede.

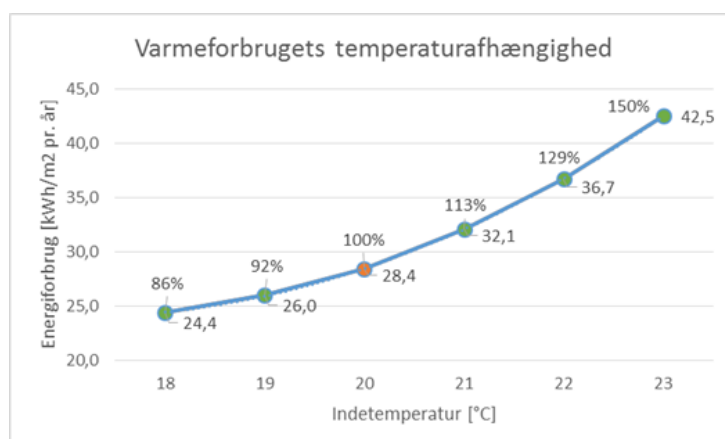
Som princip bør det målte efter-forbrug være et gennemsnit for flere år. Af praktiske grunde anvendes forbruget i ét år med normal brug og drift. Derpå følges udviklingen løbende.

### Måling af energiydelser (logbog f)

Da en forbedring af indeklimaet som nævnt ofte er centralt ved evaluering af en energirenoering, bør før- (og efter-) målinger omfatte indetemperatur, luftfugtighed og CO<sub>2</sub> niveau, samt evt.

udefrakommende lyd og dagslys. De tre første forhold som rimelige indikatorer for komfort og luftkvalitet, og kan give yderligere give input til vurdering af ventilationen.

Målingerne kan følge retningslinjerne listet under før dokumentationen. Fokus er på ændringer i forhold til før situationen.



Det bemærkes at indetemperaturen har større procentvis indflydelse på rumvarmeforbruget for den energirenoerede bygning, på grund af det lavere forbrug, se ill. for bygning energirenoeret til BR10 niveau.

Hvis der som led i energirenoeringen etableres forbedret individuel måling af forbrug og afregning via fjernaflæste målere med tilhørende information, kan det ændre bruger af energiydelser. Ændring af tariffer og afregningssystemer kan ligeledes påvirke forbruget.

### Drift (logbog e)

Forbruget og driften kontrolleres løbende i forbindelse med energistyringen. Driftsjournalen og forbrugsoversigter indgår i evalueringen af det målte energiforbrug for det første år efter energirenoeringen.

### Efter beregning tilpasset faktiske forhold og målt efter forbrug (logbog g og h)

Efter-beregningen” er en gentagelse af den seneste før-beregning hvor overensstemmelse mellem det beregnede efterforbrug og det målte efterforbrug er i fokus.

Efter beregningen af energiforbruget i et normal år til opvarmning, ventilation og varmt vand, samt el. til drift og evt. fælles el, og ydelser fra VE anlæg tilpasses bedst muligt til de aktuelle forhold og resultatet sammenholdes med det målte forbrug.

Som i før situationen må en vis forskel i et målte og det beregnede forbrug accepteres.



Nøgletal (fx kWh/m<sup>2</sup>) kan være nyttige ved benchmarking med andet energirenoveret byggeri. Nogle tiltag kan ændre bygningens brug og det opvarmede areal, i disse tilfælde skal indflydelsen på nøgletal overvejes.

### **Analyse og evaluering af energibesparelser og komfortforbedringer (logbog i)**

Den simple analyse tager udgangspunkt i:

- Graddagekorrigeret før beregning (tilpasset før målingen) **(logbog g)**
- Graddagekorrigeret efterberegning (tilpasset efter målingen) **(logbog g)**
- Graddagekorrigerede før målinger **(logbog h)**
- Graddagekorrigerede efter målinger **(logbog h)**
- Energiydelser, brug og drift før energirenoveringen **(logbog e, f)**
- Energiydelser, brug og drift efter energirenovering **(logbog e, f)**

Følgende fastlægges ved at sammenholde før og efter dokumentationen:

- De beregnede sammenlignelige energibesparelser - rumopvarmning, varmt brugsvand, elforbrug til drift mv., herunder ydelser fra VE anlæg.
- De målte sammenlignelige energibesparelser - rumopvarmning, varmt brugsvand, elforbrug til drift mv.
- Beregnede og målte ydelser fra solvarmeanlæg og solcelleanlæg.
- Ændringen i brugen af energi ydelser før og efter energirenovering, primært indeklima og varmt brugsvand

Med dette udgangspunkt vurderes om og i hvilken grad målet, den ønskede reduktion af energiforbruget, er nået og i hvilket omfang mulige energibesparelser er omsat i forbedrede energi ydelser og komfort.