



ENERGIRENOVERING AF STØRRE BYGNINGER – METODE OG PROCES

Lone H. Mortensen
Jacob Birck Laustsen
Mette Havgaard Vorre
Steffen E. Maagaard
Simon Kamper
Peter Noyé

SBI-anvisning 269
Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København
2017

TITEL	Energirenovering af større bygninger – metode og proces
SERIETITEL	SBI-anvisning 269
FORMAT	E-bog
UDGAVE	1. udgave
UDGIVELSEÅR	2017
UDGIVET DIGITALT	Maj 2017
FORFATTER	Lone H. Mortensen, Jacob Birck Laustsen, Mette Havgaard Vorre, Steffen E. Maagaard, Simon Kamper, Peter Noyé
REDAKTION	Niels Samsø Nielsen
SPROG	Dansk
SIDETAL	95
LITTERATURHENVISNINGER	Side 78
EMNEORD	Byggeproces, energirenovering, energibesparelser, energiforbrug, renovering, planlægning, metode, proces
ISBN	978-87-563-1839-6
LAYOUT	Finn Gattmann
TEGNINGER	Niels Samsø Nielsen, Michael Ulf Bech, Bo Amstrup Vestergaard
OMSLAGSILLUSTRATION	Michael Ulf Bech
UDGIVER	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post sbi@sbi.aau.dk www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er
omfattet af ophavsretsloven

INDHOLD

FORORD	7
INDLEDNING	9
Afgrænsning af målgruppe	11
Læsevejledning	11
1 IDE OG VISION	20
1.1 Eksisterende forhold	21
1.2 Fremtidige forhold	23
1.3 Økonomi og energibesparelser	24
1.4 Usikkerheder og robusthed	26
1.5 Verifikation og kontrol	27
2 PROGRAMMERING	30
2.1 Baseline (Eksisterende forhold)	30
2.2 Fremtidige forhold	35
2.3 Økonomi og energibesparelser	37
2.4 Usikkerheder og robusthed	41
2.5 Verifikation og kontrol	44
3 DESIGN OG PROJEKTERING	50
3.1 Eksisterende forhold	51
3.2 Fremtidige forhold	52
3.3 Økonomi og energibesparelser	53
3.4 Usikkerheder og robusthed	56
3.5 Verifikation og kontrol	58
4 UDFØRELSE OG IBRUGTAGNING	64
4.1 Eksisterende forhold	64
4.2 Fremtidige forhold	66
4.3 Økonomi og energibesparelser	67
4.4 Usikkerheder og robusthed	68
4.5 Verifikation og kontrol	68

5 DRIFT	72
5.1 Eksisterende forhold (drift efter energirenoeringen)	72
5.2 Fremtidige forhold (forudsætninger for energibudget)	74
5.3 Økonomi og energibesparelser	74
5.4 Usikkerheder og robusthed	75
5.5 Verifikation og kontrol	76
LITTERATUR	78
APPENDIKS A. VÆRKTØJER TIL ENERGIRENOVERING	79
APPENDIKS B. TERMINOLOGI	93

FORORD

Denne anvisning omhandler metode og proces for gennemførelse af energirenovierungsprojekter for større bygninger fra idefase til driftsfase. Større bygninger omfatter etageboliger, bygninger til privat handel- og service samt offentlige institutioner.

Formålet er at skabe overblik over alle faser i et energirenovierungsprojekt og derved sikre vidensdeling og optimering af metoderne i hver fase i forhold til den samlede proces.

Fokus er på at estimere energibesparelser, der reelt kan opnås, og at give bygherrer overblik over den samlede proces og væsentlige dele i de enkelte faser. Derudover vil øvrige involverede parter vide specifikt, hvad der forventes af dem, hvad de skal levere, og hvordan det skal dokumenteres og følges op i forhold til de efterfølgende faser.

Usikkerhed på beregninger er et nyt element, som er gennemgående i denne anvisning. Det betyder, at en energiberegning vil føre til et interval for en energibesparelse frem for et enkelt tal.

Til anvisningen er knyttet en webside (www.anvisninger.dk/269) med information og links til specifikke værktøjer, dokumenter, tjeklister, beregningsprogrammer og metoder, der kan opdateres i takt med ny lovgivning og ny viden.

Anvisningen er udarbejdet på baggrund af et udbud for Energistyrelsen.

Civilingeniør Jacob Birck Laustsen, civilingeniør, ph.d. Mette Havgaard Vorre og civilingeniør Peter Noyé, alle fra Niras, samt civilingeniør Steffen E. Maagaard og civilingeniør Simon Kamper, begge fra Moe, har stået for manuskriptet. Projektleder for SBI har været seniorforsker Lone H. Mortensen.

Forfatterne har været bistået af en styregruppe for projektet bestående af:

- Torben Kaas (Dansk Byggeri)
- Graves K. Simonsen (Bygherreforeningen)
- Inge Ebbensgaard (Foreningen af Rådgivende Ingeniører, FRI)
- Fredrik Krogsøe (DI Byg)
- Søren Aggerholm (Statens Byggeforskningsinstitut)
- Runa Cecilie Lund (Bygningsstyrelsen)
- Henrik Andersen og Renato Ezban (Energistyrelsen)
- Søren Meyer (Grundejernes Investeringsfond).

Styregruppens medlemmer takkes for et kritisk, indsigtfuldt og konstruktivt bidrag til anvisningens udarbejdelse.

Udarbejdelse af anvisningen er støttet økonomisk af:

- Energistyrelsen
- Grundejernes investeringsfond.

SBi takker de mange, der har gjort udarbejdelsen af anvisningen mulig gennem deres økonomiske eller faglige bidrag.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København
Afdelingen for Bygningers Energieffektivitet, Indeklima og Bæredygtighed

Søren Aggerholm
Forskningschef

INDLEDNING

Baggrund og formål

Ved energireoveringer af større bygninger er der flere eksempler på, at de forventede besparelser ikke realiseres. Årsagerne til de manglende besparelser kan findes i næsten alle projektets faser lige fra kravspecifikationer, projektering, udførelse og den daglige drift. For realistisk at kunne vurdere rentabiliteten af en energireovering er det nødvendigt, at der skabes bedre sammenhæng mellem de forventede og de realiserede besparelser.

Et energireoveringsprojekt er ofte opdelt med forskellige bemandinger i hver fase. En række studier har kigget på de forskellige faser og fundet punkter, der er væsentlige for optimalt udbytte i den enkelte fase, fx:

- *Branchevejledning for energiberegninger* (Mortensen et al., 2014), der er udviklet i InnoBYG-regi
 - Den engelske TM54, *Evaluating operational energy performance of buildings at the design stage* (CIBSE, 2013)
- og
- *Performancetests før AB-aflevering* (Bygningsstyrelsen, 2014).

Disse udgivelser beskriver god praksis for hver fase med mulighed for at tjekke, om alt er udført med tilstrækkelig grundighed. Der findes således flere eksisterende metoder og værktøjer, men de giver ikke det fulde billede. Man kan se det som et puslespil, hvor brikkerne ligger uden struktur og sammenhæng, så man ikke kan se det fulde billede, og selv hvis man samler brikkerne, vil man opleve, at brikkerne ikke til fulde passer sammen, og at der måske endda mangler en brik eller to.

Formålet med denne anvisning er at skabe et samlet overblik over alle faserne i et energireoveringsprojekt og derved sikre vidensdeling og optimering af metoderne i hver fase i forhold til den samlede proces for bygherre og rådgivere. Anvisningen er specifikt rettet mod energireovering af større bygninger, dvs. etageboliger, bygninger til privat handel og service samt offentlige institutioner. Anvisningen kan også anvendes som inspiration ved mindre energireoveringsprojekter, selv om det ikke har været hovedsigtet. Udfordringen ved mindre energireoveringsprojekter er, at der på disse opgaver normalt ikke er en professionel bygherre og rådgivere involveret.

Fokus er på at estimere energibesparelser, der reelt kan opnås, og at give bygherrer overblik over den samlede proces og væsentlige dele i de enkelte faser. Derudover vil øvrige involverede parter vide specifikt, hvad der forventes af dem, hvad de skal levere, hvordan det skal dokumenteres og hvordan der følges op i forhold til de efterfølgende faser. Brikkerne vil passe og puslespillet samles til et fuldt billede.

Usikkerhed på beregninger er et nyt element, som er gennemgående i denne anvisning. Det betyder reelt, at en energiberegning vil føre til et interval for en energibesparelse frem for et enkelt tal. Det vil i høj grad afhænge af bygningens brug, hvor stor besparelse, der kan opnås i praksis. Paradokset ved dette er, at det kræver yderligere analyser at mindske usikkerheden og dermed større omkostninger til rådgivning, hvilket medfører, at rentabiliteten bliver dårligere. Derfor skal der findes en balance i forhold til hvor stor usikkerhed, der kan accepteres.

Anvisningen bygger på viden dels fra danske og udenlandske forskningsprojekter, anvisninger, praktiske erfaringer fra rådgivere baseret på et stort antal renoveringsprojekter og ikke mindst fra de mange input, der er kommet fra branchen selv gennem afholdelse af fire workshops.

De fire workshops er gennemført som en indledende del af arbejdet med udviklingen af anvisningen. I de fire workshops deltog repræsentanter for private, almene og offentlige bygherrer samt fra rådgivende ingeniører, som alle bidrog med viden om deres behov og udfordringer i forbindelse med energirenoveringer.

Energibesparelser er ofte ikke en hovedprioritet ved renovering. Det skyldes ofte lav rentabilitet af de nødvendige foranstaltninger, hvilket ikke er motiverende for bygherrer. Derfor er formålet med denne anvisning at fremme energirenoveringer på et kvalificeret og incitamentsskabende grundlag.

Anvisningen beskriver den gode energirenoveringsproces, der sikrer, at de gode hensigter ikke tabes på gulvet i forløbet. Processen er tidsmæssigt opdelt i fem faser fra den initierende ide frem til, at den energioptimerede bygning er i drift.