

SBi-anvisning 240

Efterisolering af småhuse – byggetekniske løsninger



Statens Byggeforskningsinstitut
AALBORG UNIVERSITET

1. udgave 2012



Efterisolering af småhuse – byggetekniske løsninger

Eva B. Møller

Titel	Efterisolering af småhuse – byggetekniske løsninger
Serietitel	SBI-anvisning 240
Format	E-bog
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2012
Forfattere	Eva B. Møller
Redaktion	Niels Samsø Nielsen
Sprog	Dansk
Sidetæl	160
Litteratur- henvisninger	Side 150
Emneord	Bygningsdel, byggeteknik, efterisolering, energireovering, fugt, klimaskærm, krybekælder, kuldebro, kælder, risici, småhus, tag, terrændæk, udførelse, varmeisolering, ydervæg
ISBN	978-87-563-1567-8
Layout	Finn Gattmann
Tegninger	Bo Amstrup Vestergaard og Hans Møller
Fotos	Eva B. Møller, Niels Samsø Nielsen
Omslags- illustration	Mai-Britt Amsler
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet Dr. Neergaards Vej 15, 2970 Hørsholm E-post sbi@sbi.dk www.sbi.dk

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

Indhold

Forord.....	7
Indledning.....	9
Anvisningens formål.....	9
Effekter af efterisolering	9
Brug af anvisningen	11
1 Varmetab og fugtforhold.....	13
1.1 Fugt og temperatur	13
1.2 Varmetab.....	14
1.3 Fugt	21
2 Klimaskærmens funktion og materialer	27
2.1 Klimaskærmens opbygning.....	27
2.2 Regnskærm	28
2.3 Vindspærre	31
2.4 Varmeisolering	32
2.5 Dampspærre	37
2.6 Indvendig beklædning.....	42
2.7 Vinduer.....	43
3 Placering af efterisolering	46
3.1 Tre typer efterisolering	46
3.2 Valg af efterisoleringstype	47
3.3 Udvendig efterisolering	50
3.4 Hulrumisolering	53
3.5 Indvendig efterisolering.....	58
4 Tag og loft.....	64
4.1 Ventileret tagrum	64
4.2 Ventileret paralleltag	72
4.3 Uventileret paralleltag	78
4.4 Skunkrum	83
5 Ydervæg.....	90
5.1 Opbygning af ydervæg.....	90
5.2 Massiv ydervæg.....	92
5.3 Hulmur.....	102
5.4 Let ydervæg	111
5.5 Brystning	116
5.6 Indervæg mod kolde rum	119
5.7 Tilslutning ved vinduer og yderdøre	121

6 Kælder, krybekælder og terrændæk	127
6.1 Gevinster og udfordringer	127
6.2 Kælder- og krybekælderdek	128
6.3 Krybekælder	132
6.4 Kælderydervægge	139
6.5 Terrændæk og kældergulv	144
Litteratur	150
Appendiks A. Varmeledningsevne for byggematerialer	153
Appendiks B. Eksempler på diffusionsmodstand	155
Appendiks C. Terminologi	156
Stikordsregister	159

Forord

Denne anvisning omhandler byggetekniske løsninger til efterisolering af småhuses klimaskærm med særlig fokus på, at løsningerne er robuste og fugtteknisk forsvarlige.

Efterisolering af småhuse udgør både samfundsøkonomisk og for den enkelte husejer et stort potentiale for energibesparelse. Det skyldes, at mange småhuse er opført i perioder med væsentligt lempeligere krav til varmeisolering end i dag, og at hustypen tegner sig for godt 50 % af det danske energiforbrug til opvarmning. Bygningsreglement 2010 (BR10) (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) stiller derfor også i en række tilfælde krav om efterisolering i forbindelse med renovering.

Denne anvisning giver løsninger på efterisolering, hvor energiforbruget nedbringes, indeklimaet forbedres, og byggeskader undgås. Desuden gives en bygningsfysisk forklaring på, hvorfor nogle løsninger er mere fugtteknisk forsvarlige end andre og dermed hvilke løsninger, der kræver ekstra opmærksomhed.

Småhuses primære bygningsdele: tag, ydervægge, kælder og terrændæk, gennemgås sammen med de muligheder og problemstillinger, der gør sig gældende ved efterisolering. De mest almindelige bygningsdelstyper er medtaget, medens sjældnere bygningsdelstyper, fx bindingsværk og stråtag, ikke er behandlet. Installationer er ikke omfattet. Energimæssige forbedringer af vinduer og døre er kun medtaget som egentlige udskiftninger. I den forbindelse behandles indbygning af nye døre og vinduer mere indgående for at reducere kuldebroer i overgange til ydervægge.

Anvisningen henvender sig især til byggeriets projekterende parter, men også udførende kan have glæde af anvisningens byggetekniske løsninger.

Anvisningen er knyttet til SBI-anvisning 239, *Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning* (Møller, 2012), der vejleder om hvor og i hvilket omfang, man ved efterisolering får størst energibesparelse for indsatsen og samtidig opnår bedre indeklima og undgår byggeskader.

Småhuse omfatter fritliggende enfamiliehuse, sammenbyggede enfamiliehuse med lodret lejlighedsskel samt sommerhuse. For mere kompliceret byggeri henvises til SBI-anvisning 221, *Efterisolering af etageboliger* (Munch-Andersen, 2008a).

Fra SBI har forfatteren været bistået af seniorforskerne Ernst Jan de Place Hansen og Jesper Kragh, og professor Claus Bech Danielsen har

bidraget med afsnit om arkitektonisk kvalitet. Derudover har en række andre SBI-medarbejdere støttet det redaktionelle arbejde, særlig arkitekt m.a.a. Niels Samsø Nielsen.

Fagfællebedømmelse er udført af adjungeret professor Ingemar Samuelson.

Til udarbejdelse af anvisningen har der været knyttet en følgegruppe bestående af:

Søren Aggerholm, SBi/Videncenter for energibesparelser i bygninger

Søren Bøgh, (tidligere MURO)

Morten Hjorslev, BYG-ERFA

Anker Jensen, Landsbyggefonden

Claus Jørgensen, Sundolitt

Bjørn Møller Lauersen, Thermisol

Jørgen Munch-Andersen, Træinformation

Michael Petersen, Saint-Gobain Isover

Claus Rudbeck, (tidligere Rockwool)

Niels Strange, Dansk Byggeri.

Følgegruppen takkes for en engageret indsats og et konstruktivt samarbejde.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet

Afdelingen for Byggeri og Sundhed

Juni 2012

Niels-Jørgen Aagaard

Forskningschef

Indledning

Anvisningens formål

Anvisningens formål er at beskrive forudsætninger, opbygning og udførelse af byggeteknisk robuste løsninger for efterisolering af småhuse.

Korrekt efterisolering kan forlænge en bygnings levetid, forbedre indeklimaet og spare energiudgifter. Forkert efterisolering kan i første omgang betyde nedsatte energiudgifter, men på længere sigt resultere i et usundt indeklima og i visse tilfælde nedbryde konstruktionerne.

Forkert efterisolering behøver dog ikke at få så alvorlige konsekvenser. Nogle gange er effekten af forkert efterisolering blot, at energibesparelsen ikke bliver så høj som forventet, hvorved rentabiliteten i tiltaget bliver mindre. Inden en efterisoleringsløsning detailplanlægges og udføres, er det derfor nødvendigt at gøre sig klart, hvilke forudsætninger, der skal være til stede for, at man opnår alle de positive effekter af en efterisolering og hvor man skal være specielt påpasselig for at undgå uhensigtsmæssige effekter.

Effekter af efterisolering

Renovering og efterisolering samtidig

Oftentimes vil man ved en forestående renovering af en skadet klimaskærm med fordel kunne varmeisolere ud over klimaskærmens oprindelige niveau. Dermed får man sammentænkt en aldersbetinget renovering med en efterisolering.

Omfanget af renoveringsarbejdet på en skadet klimaskærm kan øges eller mindskes afhængig af, hvor en eventuel efterisolering placeres. Generelt gælder, at hvis efterisolering sker udvendig på den eksisterende klimaskærm, nedsættes renoveringsomfanget, mens hulrumisolering eller indvendig efterisolering medfører, at de yderste dele af klimaskærmen belastes hårdere. Dermed kan en renovering af klimaskærmen blive mere påkrævet eller omfattende.

Renovering og bygningsreglement

Bygningsreglement 2010 (BR10) (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010) stiller krav om forbedring af bygningsdeles varmeisoleringssevne ved udskiftning, hvor den udskiftede del skal opfylde nutidens krav til varmeisoleringssevne.

Kravene til forbedring af bygningsdeles varmeisoleringssevne i Bygningsreglement 2010 er beskrevet i SBI-anvisning 239, *Efterisolering af småhuse – energibesparelser og planlægning* (Møller, 2012).

Foretræk robuste løsninger

Denne anvisning skal hjælpe med at sikre, at efterisolering detailplanlægges og udføres fugtteknisk forsvarligt. For at øge forståelsen af de beskrevne løsninger er anvisningens første afsnit af mere teoretisk karakter med særlig beskrivelse af, hvordan efterisolering ændrer fugtforholdene i en konstruktion.

En efterisoleringsløsning må aldrig vælges alene på baggrund af overvejelser om energiforhold – andre forhold, herunder fugtforhold skal altid inddrages. Mange løsninger er teoretisk set fugtteknisk mulige, men nogle er i praksis mere robuste og fugtteknisk forsvarlige end andre. Det kan vise sig i udførelses- eller brugsfasen, hvor nogle metoder kan være meget følsomme over for fejl eller brugeradfærd.

De mest robuste og fugtteknisk forsvarlige løsninger kan samtidig have nogle ulemper, fx øgede omkostninger eller ændret facadeudtryk, der gør, at løsningen samlet set ikke er den bedste løsning i det konkrete tilfælde. Husejeren må derfor opveje fordele, ulemper og risici ved forskellige mulige løsninger, inden det endelige valg af løsning træffes. I overvejelserne kan der indgå forhold som:

- Potentielle energibesparelser
- Omkostninger til planlægning, udførelse og drift
- Følsomhed over for fejl i planlægning og udførelse
- Konsekvenser ved svigt
- Arkitektonisk kvalitet
- Vedligehold og patineringsforhold
- Brugsfysiske forhold.

Energibesparelse og omkostninger

Forkert efterisolering kan betyde højere fugtniveau i klimaskærmen, hvilket kan betyde risiko for angreb af skimmelsvampe eller træødelæggende svampe, hvis fugtniveauet bliver tilstrækkeligt højt.

Fugtskader kan være vanskelige at opdage, fordi efterisoleringen kan skjule skaderne, og der gå lang tid inden det reelle problem opdages; eller skaderne kan blive meget omfattende inden, der reageres. Skjulte fugtskader opdages typisk på grund af dårligt indeklima, eller når dele af konstruktionen er så nedbrudt, at de ikke længere står til at redde.

Denne anvisning fokuserer især på fugttekniske forhold og betegnelsen 'risikofyldt' løsning betyder, at der er forhold ved løsningen, der kan gøre det vanskeligt at sikre, at der ikke opstår fugttekniske problemer. Det kan være, at løsningen er følsom over for fejl i udførelsen eller brugeradfærd. Det kan også være, at forudsætningerne for, at løs-

ningen kan fungere fugtteknisk, er vanskelige at opfylde, kontrollere eller sikre vedbliver at være opfyldt.

En risikofyldt løsning virker, hvis forudsætningerne er opfyldt. De løsninger, anvisningen beskriver som risikofyldte er sandsynligvis gennemført mange steder, uden at dette har medført problemer, men de omtales som risikofyldte, fordi der er set en del eksempler på, at forudsætningerne ikke har været til stede eller har ændret sig, og løsningen derfor ikke har fungeret fugtteknisk.

Afvejning af fordele og risici er nærmere beskrevet i SBI-anvisning 239, *Efterisolering af småhuse – energibesparelser og planlægning* (Møller, 2012).

Brug af anvisningen

Ændring af temperatur- og fugtforhold

Anvisningen indledes med tre afsnit om generelle forhold vedrørende varme- og fugttransport gennem klimaskærmen. Afsnittene skal give en forståelse af, hvilke funktioner klimaskærmens enkeltdele har.

Ved efterisolering ændres varme- og fugttransporten gennem den eksisterende klimaskærm, og formålet med disse teoretiske afsnit er at forklare, hvilke konsekvenser efterisoleringen har for enkeltdelene, og dermed hvilken betydning efterisoleringens placering har for:

- Hvordan temperatur- og fugtforhold i klimaskærmens enkeltdele ændres, så nogle dele fremover belastes hårdere, mens andre får mindre udsving.
- Hvilke konsekvenser det har for klimaskærmen og dennes opbygning, således at det er muligt at sikre, at klimaskærmen fortsat fungerer. Herunder beskrives det hvilke dele af konstruktionen, der fremover bliver kritiske.

Derigennem forklares, hvorfor nogle efterisoleringsløsninger er mere risikofyldte end andre og derfor kræver større omhu i planlægnings- og udførelsesfasen end mere robuste løsninger.

Løsninger

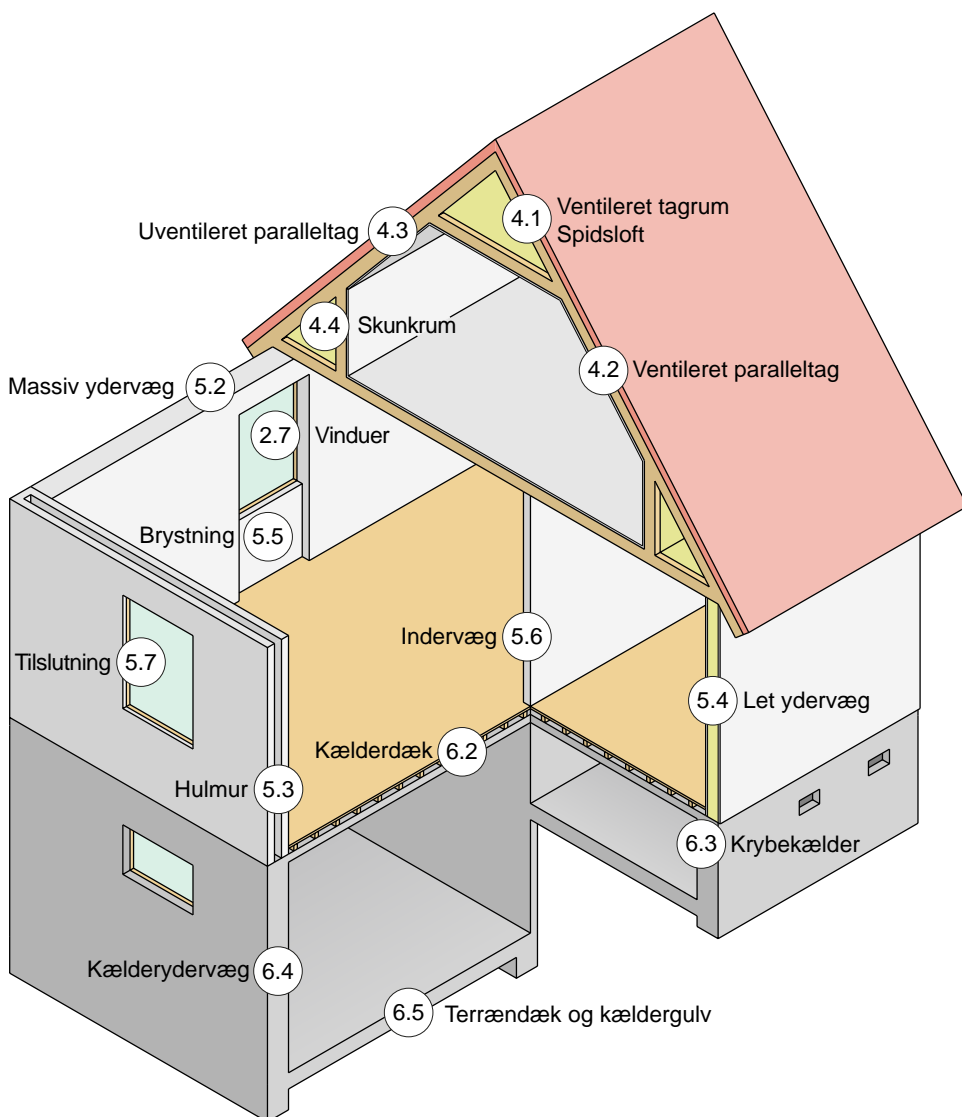
I anvisningens afsnit 4-6 beskrives, hvordan klimaskærmens enkeltdele kan efterisoleres. Der er i tegninger og tekst beskrevet principper for hvordan efterisoleringsløsningerne kan gennemføres. Især er der lagt vægt på at beskrive udførelsesprincipper. Ved detailplanlægning af løsninger skal der tages hensyn til, at det i praksis skal være muligt at følge disse udførelsesprincipper. En løsning kan kun blive korrekt, hvis den både er detailplanlagt og udført korrekt.

Løsninger er vist som snittegninger og isometriske udsnit. Der er taget udgangspunkt i typiske eksisterende konstruktioner i småhuse.

På detaljeniveau varierer udformningen af konstruktioner i eksisterende småhuse dog meget fra hus til hus, fx med hensyn til samlinger af spær og overgange ved tagfod og sokkel. Illustrationer og tekst anviser derfor principper for efterisolering mere end de i alle detaljer vil svare til de faktiske forhold i et konkret tilfælde.

For at få den fulde gavn af en efterisolering af huset, bør hele huset efterisoleres, men for at gøre anvisningen mere overskuelig er den delt op efter klimaskærmens primære dele: tag, ydervægge, kælder og terrændæk.

Figur 1 viser opdelingen af anvisningen med angivelse af i hvilke afsnit, de enkelte bygningsdele behandles.



Figur 1. Oversigt over i hvilke afsnit løsninger til efterisolering af de enkelte bygningsdele behandles.