



# Murede ydervægge

## - udvendig efterisolering afsluttet med formur

Energiløsningen gælder for udvendig isolering af massive murede ydervægge, kanalmure, hule mure og udfyldningsmurværk i etageejendomme.

Størstedelen af etageejendommene opført i perioden 1850 til 1970 er muret byggeri, der fremstår med blank mur. Bygningerne repræsenterer en vigtig del af den danske kulturarv. Derfor er efterisoleringsløsninger, der ikke ændrer en muret bygnings fremtræden og arkitektoniske værdi væsentligt, en vigtig del af indsatsen både i bevaringsværdigt og mere anonymt byggeri.

Energiløsningen er især anvendelig på bebyggelser med få facadedetaljer, typisk murede bygninger fra 1940 til 1970. Den kan anvendes på alle murede flader som alternativ til udvendig isolering med puds eller beklædning, fx på gavle i ældre karrébebyggelser.

Ydervæggene i bygningerne er opført uden egentlig varmeisolering og varmetabet er stort selvom murtykkelser, materialer og konstruktioner varierer. Udvendig efterisolering er varmeteknisk og fugtteknisk set den bedste løsning. Isoleringen afsluttes med ny formur, eller med den eksisterende formur, der nedtages og genanvendes (rykkes ud). Formuren kan evt. udføres med smallere sten. Løsningen kan tilpasses, så gavle har én isoleringstykkelse og facader en anden. Energiløsningen anvendes typisk på gavle, hvor følgearbejderne er relativt få.

Se i øvrigt disse Energiløsninger for store bygninger: Udvendig efterisolering af massive murede vægge og Hulmursisolering.

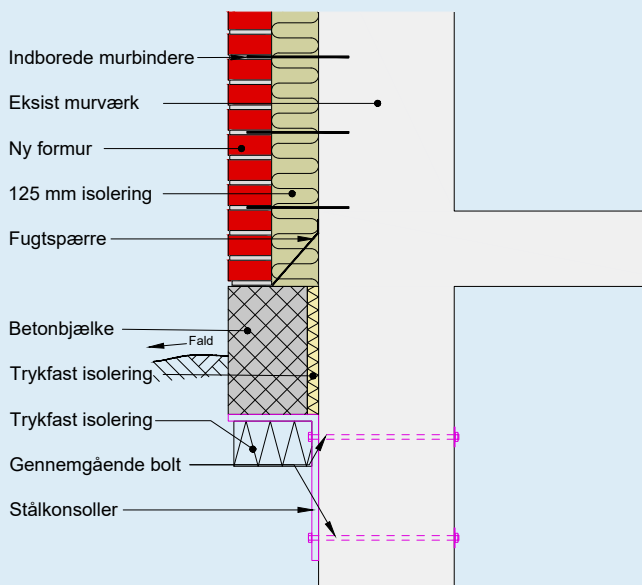
### Anbefaling til samlet isoleringstykkelse

Minimum: 125 mm  
Lavenergi: 225 mm

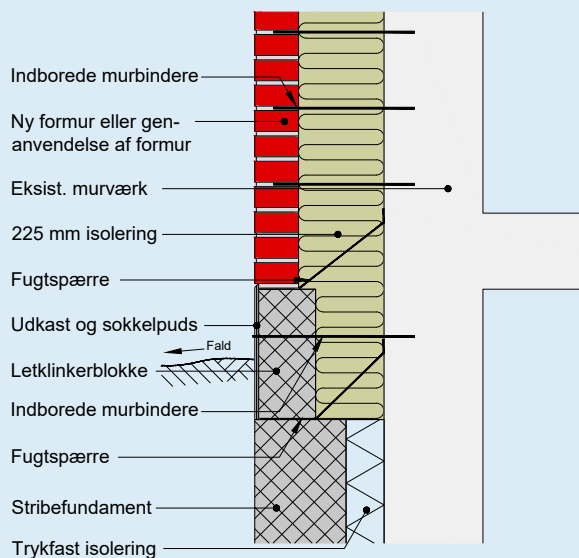
Konstruktionen bør om muligt opfylde Bygningsreglementet svarende til lavenergiløsningen. Dette må i nogle bygninger fraviges på grund af konstruktive forhold eller hensyn til arkitektur.

### Fordele

- Mindre varmetab gennem ydervæggene
- Varmere vægge og bedre indeklima
- Lavere varmeregning
- Lavere CO<sub>2</sub> udledning
- Øget ejendomsværdi
- Ingen markant ændring af murstensfacaden
- Forbedrede fugtforhold og mindre mulighed for skimmelsvamp



Udvendig isolering med ny formur på konsol



Udvendig isolering med udflyttet formur

## Indeklima

Når murene efterisoleres, bliver den indvendige overflade på ydervæggen varmere, så risikoen for kondens og deraf følgende skimmelangreb minimeres.

Samtidig undgås træk i form af kuldenedfald fra kolde ydervægge, så indeklimaet forbedres markant.

## Energibesparelse

Konstruktion før efterisolering	Isoleret ydervæg med ny formur (ny formur, genanvendt formur)	
	125 mm isolering U = 0,28 W/m <sup>2</sup> K	225 mm isolering U = 0,18 W/m <sup>2</sup> K
	Energibesparelse i kWh/m <sup>2</sup> pr. år	
24 cm mur	163	173
30 cm uisoleret hul mur	124	133
30 cm hul mur med leca	83	92
36 cm fuld mur	115	125
36 cm uisoleret kanalmur	120	130
36 cm kanalmur med leca	84	93

### Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et egnet isoleringsmateriale med en lambdaværdi på højst 37 - 38 mW/m K. Der kan med fordel anvendes isolering med særlig lav lambdaværdi af hensyn til ydervæggens dimensioner. Eksempelvis svarer 125 mm isolering med lambda 31 mW/m K til 150 mm med lambda 37 mW/m K.

Ved samtidig efterisolering af sokkel og ydervæg mod opvarmet kælder opnås yderligere besparelser.

Se Videncentrets isoleringstabel:

[www.byggeriogenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkelse.pdf](http://www.byggeriogenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkelse.pdf)



## Eksempel på energibesparelse

<b>Forudsætninger</b>	I en muret boligblok i 3 etager plus udnyttet tagetage er gavlene udført som 36 cm fuld mur. I alt er gavlene 220 m <sup>2</sup> . Den massive mur afstives, og formuren nedtages. Fundamentet udvides med konsol og betonbjælker. Der isoleres med 225 mm isolering, ny formur med trådbindere opmures, og tagkonstruktionen tilpasses. Fjernvarmepris: 0,66 kr. pr. kWh	
Årlig energibesparelse kWh pr. m <sup>2</sup>		125 kWh/m <sup>2</sup>
Årlig energibesparelse i kWh	$125 \text{ kWh/m}^2 \times 220 \text{ m}^2 =$	27.500 kWh
Årlig energibesparelse i kr.	$0,66 \text{ kr./kWh} \times 27.500 \text{ kWh} =$	18.150 kr.
Årlig CO <sub>2</sub> -besparelse i kg	$0,115 \text{ kg/kWh} \times 27.500 \text{ kWh} =$	3.163 kg

### Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m<sup>3</sup> naturgas = 9-11 kWh.  
(højest for nye kedler)

### CO<sub>2</sub>-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO<sub>2</sub> pr. kWh
- Fyringsolie: 0,265 kg CO<sub>2</sub> pr. kWh
- Fjernvarme: 0,115 kg CO<sub>2</sub> pr. kWh
- El: 0,440 kg CO<sub>2</sub> pr. kWh

## Udførelse

### Udvendig isolering med ny skalmur

Eventuelle skader i eksisterende mur af betydning for fugtforhold og statik udbedres.

Nyt sribefundament støbes, eller konsolløsning med betonbjælker/teglbjælker etableres.

Isoleringen fastgøres, og den ny formur opføres på fundamentet. Trådbindere bores ind i oprindelig mur. Overgange til eksisterende murværk bør udføres med fortanding, som sikrer, at den nødvendige dilatationsfuge ikke fremstår tydeligt. Eksisterende vinduer eller nye vinduer flyttes ud i den kommende facade og fastgøres med beslag i bagmuren.

Fuger og sålbænke i den ny skalmur udføres svarende til det oprindelige murværk. Tagkonstruktionens udhæng ombygges/forlænges om nødvendigt, så den svarer til den oprindelige afslutning over ydervæggen.

### Udvendig isolering med udflytning af formur

Hvis bæreevnen overfor lodret og/eller vandret last ikke er tilstrækkelig for bagmuren etableres midlertidige understøtninger, der sikrer ydervæggens bæreevne i renoveringsprocessen, eksempelvis med stålsøjler.

Formuren nedtages/hugges af. Mørtelpuder fjernes.

Mursten sendes til afrensning, så de kan genanvendes. Eventuelle skader i eksisterende bagmur af betydning for fugtforhold og statik udbedres.

Fundamentsløsning etableres med konsol og betonbjælker/teglbjælker eller sribefundament.

Isoleringen fastgøres, og den ny formur opmures.

De oprindelige mursten blandes med nye mursten, der bedst muligt svarer til de oprindelige genanvendte mursten.

Der udføres om nødvendigt EPS-søjler i murværket for at sikre den fremtidige stabilitet.

Trådbindere bores ind i bagmur.

Overgange til eksisterende murværk bør udføres med fortanding, som sikrer, at den nødvendige dilatationsfuge ikke fremstår tydeligt. Eksisterende vinduer eller nye vinduer flyttes ud i den kommende facade og fastgøres med beslag i bagmuren.

Fuger og sålbænke i den ny formur udføres svarende til det oprindelige murværk. Tagkonstruktionens udhæng ombygges/forlænges om nødvendigt, så den svarer til den oprindelige afslutning over ydervæggen.

## Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Valg af løsning	Er alternative løsninger til ydervægsisoleringen overvejet?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis nej: se 1
Vurdering af udgangspunkt	Er ydervæggens konstruktioner kortlagt?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis nej: se 2
Ydervæggens stabilitet	Er nødvendige tiltag til sikring af murens stabilitet fastlagt?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis nej: se 3
Konstruktion og materialer	Er den eksisterende murs tilstand og fugtforholdene i den ny konstruktion overvejet?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis nej: se 4
Udseende	Er den ny formurs udseende overvejet?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis nej: se 5
Fundament	Er fundamentsløsning overvejet i sammenhæng med isoleringstykkelsen?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis nej: se 6
Tag	Er ændringer ved tag overvejet?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis nej: se 7
Vinduer og altandøre	Er vinduers placering i konstruktionen overvejet?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis nej: se 8
Udeluftventiler, el-installationer, nedløb	Er mindre følgearbejder på facaden overvejet?	Ja [ ] Nej [ ]	Hvis nej: se 9

### 1. Valg af samlet løsning

Overvej mulighederne ud fra ydervæggens konstruktion og tilstand samt arbejdets omfang inkl. følgearbejder som ændring af fundament, ændringer ved vinduer, afslutninger ved tag, ændringer af kældernedgange mv. Se også Energiløsningerne: Udvendig efterisolering af massive murede vægge (pudsløsning) og Hulmursisolering.

### 2. Ydervæggens konstruktion

Et godt overblik kan sikres med termograferinger, der tydeligt vil vise fulde mure, hule mure, kanalure og kuldebroer. Bygningstegninger og projektmateriale er en god hjælp, men er ikke altid helt korrekte. Der kan være forskel på murværkskonstruktionerne fra bygning til bygning i en etagebebyggelse, selvom bygningerne ser ens ud.

### 3. Statik

Udflytning/genanvendelse af formur: En rådgiver bør vurdere, om den ombyggede eksisterende ydervægskonstruktion har styrke nok til at optage lodrette og vandrette belastninger, og hvordan murens stabilitet sikres. Valg af sten og mørteltyper samt tiltag til midlertidig afstivning og tiltag til sikring af murens fremtidige stabilitet, fastlægges af rådgiver.

### 4. Murværk

Ydervægge og fundament gennemgås for sætningskader og revner. Eventuelle skader vurderes og afhjælpning

fastlægges, så den kan indgå i det samlede arbejde.

I den færdige konstruktion skal bagmuren være lufttæt og formuren være diffusionsåben, så konstruktionen kan fungere fugtmæssigt korrekt. Da formuren i den efterisolerede konstruktion bliver relativt kold og fugtig, skal stenene være frostfaste, så frostsprængninger undgås.

Genanvendelse af formur: Inden valg af løsning afklares, om murstenene kan anvendes i den nye velisolerede konstruktion. En formur med ikke-frostfaste og/eller diffusionstætte facadesten kan medføre afskalninger og revner i mursten.

### 5. Formurens fremtræden

Ikke alle afhuggede sten kan genanvendes, og nye sten skal ligne de oprindelige bedst muligt. Ved opmuringen skal blandingen af nye og gamle sten ske med omtanke. Fugetype skal svare til de oprindelige. Afrensning af ikke ændret murværk kan få den efterisolerede mur og den ikke-ændrede murværk til at fremstå ens.

### 6. Fundament

Afhængigt af isoleringstykkelsen og dermed den nye murs samlede tykkelse kan vælges en konsolløsning med betonbjælker eller tegl bjælker eller et nyt sribefundament støbt på stedet. Hvis løsningen omfatter bedre isolering og/eller tyndere formur, så murtykkelsen kun øges med 10-20 mm, kan det eksisterende fundament anvendes.

## 7. Afslutning ved tag

Ændringer i murtykkelsen vil ofte kunne tilpasses eksisterende tagudhæng. For bygninger uden tagudhæng eller uden tagudhæng i gavle, må tagfladen forlænges, og tagrender og nedløbsrør over facader flyttes ud.

## 8. Vinduer og døre

Ved mindre ændringer af ydervæggens tykkelse bliver ændringer af murfals ved vinduer og altandøre beskudne. Ved større ændringer, fx i forbindelse med ny skalmur bør vinduer og døre flyttes til formuren med traditionel murfals og fastgøres med beslag i bagmuren, så kuldebroer undgås. Det bør i den sammenhæng overvejes om vinduerne skal udskiftes.

## 9. Udeluftventiler, elinstallationer mv.

Ydervægsventiler til ventilation udskiftes. Ledningsføringer, belysning, nedløbsrør mv. flyttes ud til ny formur.

## Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en tung ydervæg stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For en typisk tung ydervægskonstruktion vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,18 W/m<sup>2</sup>K. Dette svarer fx til ca. 200 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Hvis efterisolering til 200 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Virksomhedens stempel og logo:

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis  $Besparelse \times Levetid / Investering > 1,33$ . I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. flytning af installationer. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

### Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmelsoleringsForeningens produktoversigt  
[www.vif-isolering.dk](http://www.vif-isolering.dk)

SBi-anvisninger  
221, Efterisolering af etageboliger  
224: Fugt i bygninger  
[www.sbi.dk](http://www.sbi.dk)

BYG-ERFA Erfaringsblade:  
(21) 98 05 25: Revner i skalmure og formure fra temperatur- og fugtbevægelser  
[www.byg-erfa.dk](http://www.byg-erfa.dk)

Mur- og tagdetaljer (KT93)  
[www.mucdesign.dk/murtag](http://www.mucdesign.dk/murtag)

Energiløsninger, etageejendomme:  
Udvendig efterisolering af massive murede vægge  
Hulmursisolering  
[www.ByggeriOgEnergi.dk](http://www.ByggeriOgEnergi.dk)

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.  
Eller gå ind på hjemmesiden:  
[www.ByggeriOgEnergi.dk](http://www.ByggeriOgEnergi.dk)



Videncenter for  
Energibesparelser i Bygninger