

Indvendig efterisolering af massive murede vægge

For etageejendomme fra ca. 1850 - 1920 er ydervæggene fuldmurede (massive). Dette kan også være gældende for senere etageejendomme. Disse bygninger har ofte en så stor arkitektonisk værdi, at en udvendig efterisolering ikke vil komme på tale, måske lige bortset fra frilagte gavle eller facader ind mod baggårde. Hvis disse ejendomme ikke kan efterisoleres udefra, kan en indvendig efterisolering være en mulighed.

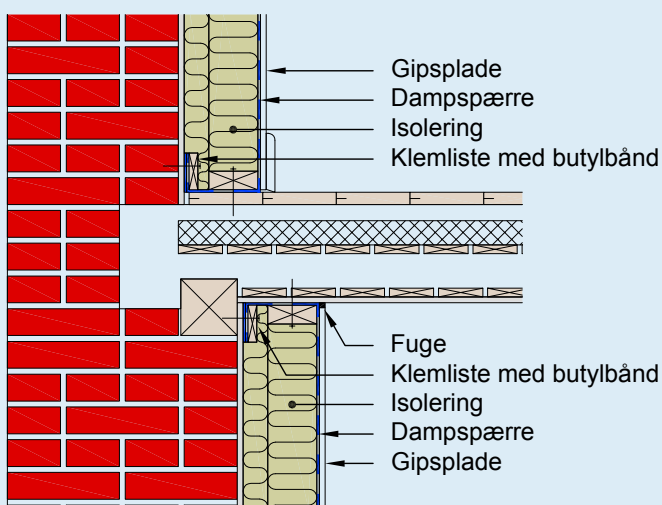
Det er vigtigt at være opmærksom på, at indvendig efterisolering af massive murede vægge kun er den næstbedste løsning i forhold til en udvendig efterisolering, og at det af pladshensyn og fugttekniske årsager oftest ikke vil være hensigtsmæssigt at efterisolere op til nugældende standarder eller lavenerginiveau. Hvor udvendig efterisolering er mulig, henvises til energiløsningen "Udvendig efterisolering af tung ydervæg".

Efterisoleringen indefra kan udføres med en isoleret skeletkonstruktion som forsatsvæg, og skal så udføres som beskrevet i denne energiløsning for at undgå problemer med fugt og deraf følgende svamp og skimmel. Det er særdeles vigtigt, at konstruktionen udføres damp- og lufttæt på den varme side af isoleringen. Indvendig ef-

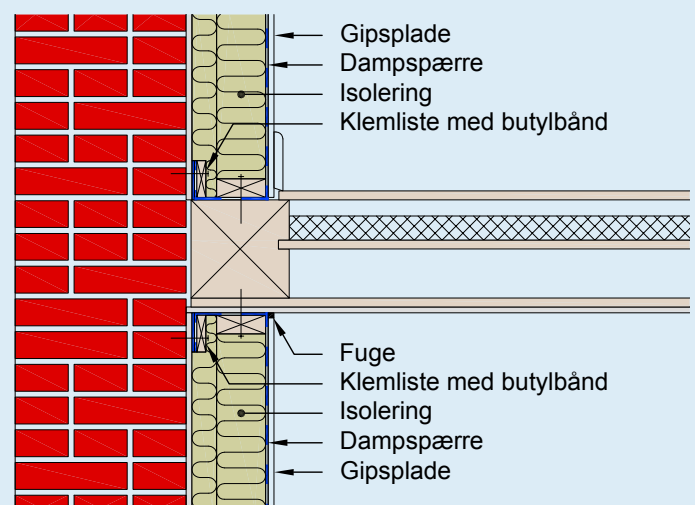
terisolering af vægge under terræn (kældervægge) kan ikke anbefales og bør ikke udføres. For efterisolering af vægge under terræn henvises til energiløsningen "Udvendig efterisolering af kældervæg".

En meget vigtig forudsætning for at udføre indvendig efterisolering er, at murværket er tæt over for slagregn. Derfor skal murværk og fuger eftergås og eventuelt repareres inden en indvendig efterisolering udføres.

Hvis der er tegn på frostskeer i murværket, må det forventes at disse tager til efter en indvendig efterisolering, da muren på den udvendige side af isoleringen vil blive koldere og få et generelt højere fugtniveau med øget risiko for at murværket nedbrydes hurtigere. Hvor kuldebroer, f.eks. ved skillevægge og etageadskillelser, er i kontakt med det koldere murværk, vil temperaturen også blive lavere der, og den relative fugtighed i området vil stige. Det medfører øget risiko for fugtrelaterede skader, og særligt bjælkeenderne i træbjælkelag kan være udsatte, hvis de i forvejen er påvirket af lave temperaturer og fugt udefra.



Figur 1: Indvendig isolering af massiv muret facade. Etageadskillelse af træbjælkelag.



Figur 2: Indvendig isolering af massiv muret gavl.

Anbefaling til isoleringstykkelse ved efterisolering

Af fugttechniske årsager kan det som udgangspunkt kun anbefales at efterisolere massive murede vægge indvendigt med op til 100 mm. Med den isoleringstykkelse vil væggen ikke opfylde kravene i Bygningsreglementet, men tiltaget er stadig attraktivt i forhold til at nedbringe energiforbrug og modvirke kuldestråling og kuldene-fald fra kolde vægoverflader.

Evt. isolering med større tykkelser end 100 mm kræver en nærmere undersøgelse af murværkets beskaffenhed og fugt- og temperaturforhold omkring bjælkeender i træbjælkelag.

Ved indvendig efterisolering vil det være nødvendigt at anvende forskellige isoleringstykkelser, alt efter om det er vægge, brystningspartier under vinduer eller vinduesfalske omkring vinduer, der skal isoleres.

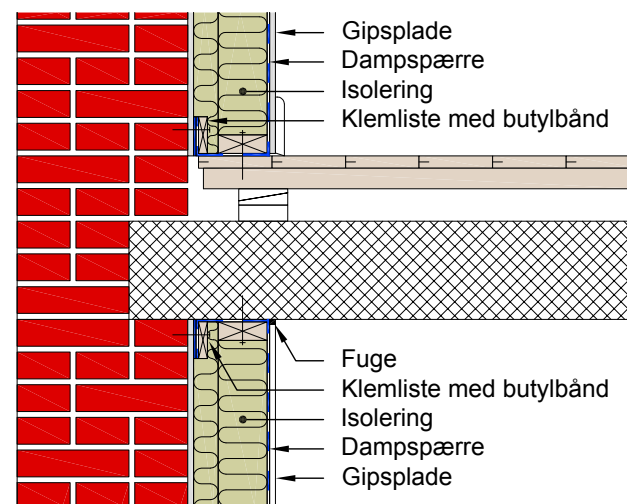
Valg af isoleringstykkelser vil i praksis ofte afhænge af, om den indvendige efterisolering udføres som en selvstændig energiforbedring af ydervæggen eller som en del af en større renovering af ejendommen, hvor også vinduerne og evt. radiatoranlæg udskiftes.

Hvor den indvendige efterisolering står alene, kan det være nødvendigt at tilpasse valg af isoleringstykkelse til de eksisterende forhold i brystningspartier og ved vinduets karme i vinduesfalsen.

Hvor den indvendige efterisolering udføres samtidig med udskiftning af radiatoranlæg med radiatorer placeret i brystningspartierne, kan isoleringstykkelserne lettere øges, hvilket kan ske ved flytning af radiatorer og fordelingsrør længere ind i rummet.

Fordele

- Mindre varmetab gennem ydervæggene
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Husets værdi forøges
- Mulighed for at opholde sig i en større del af rummet, idet ydervæggene er varmere
- Mindre risiko for skimmelangreb bag møbler placeret op ad ydervægge



Figur 3: Indvendig isolering af massiv muret facade. Etageadskillelse af beton.

Energibesparelse

Eksisterende forhold og isoleringstykkelse	Tykkelse på tilføjet indvendig efterisolering			
	20 mm U = 0,8	45 mm U = 0,5	70 mm U = 0,4	95 mm U = 0,3
	Energibesparelse i kWh/m ² pr. år			
3 stens væg uden isolering	20	27	30	33
2½ stens væg uden isolering	25	33	37	40
2 stens væg uden isolering	33	44	49	53
1½ stens væg uden isolering	44	59	66	71
1 stens væg uden isolering	62	84	93	100
½ stens væg uden isolering	97	132	146	158

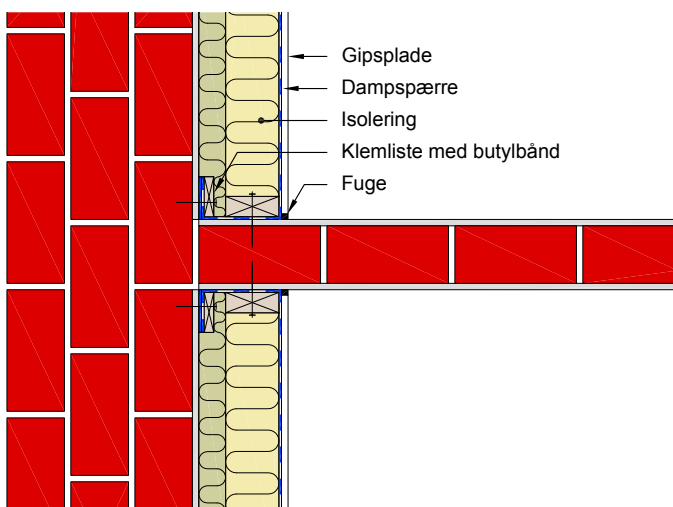
Energibesparelser ved indvendig efterisolering af massive murede vægge, brystningspartier og vinduesfalske.

Eksempel på energibesparelse

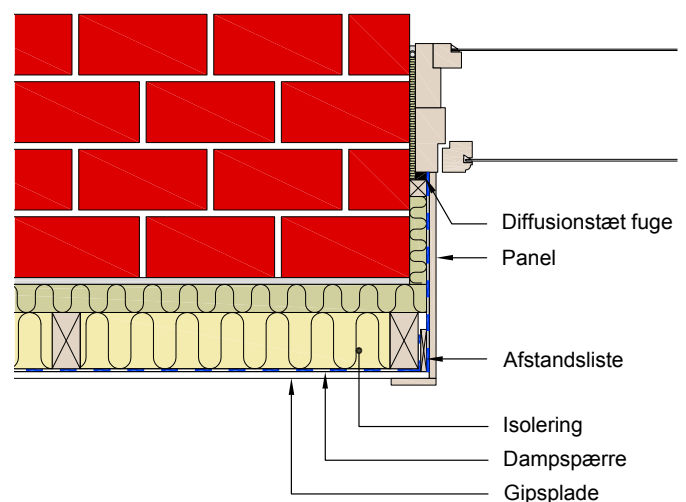
Forudsætninger	<p>I etageejendom på 5 etager uden fritliggende gavle isoleres facaderne indvendigt i alle rum. Arealet af de to facader er 500 m². Heraf udgør arealet af vinduer og facade ud for etageadskillelser og indvendige skillevægge i alt 200 m², som skal fratrækkes arealet. Herefter er arealet med indvendig isolering 300 m².</p> <p>Facader er i eksemplet valgt som 2½ stens mur på alle etager, dog er brystningspartier under vinduer valgt som 1½ stens mur. Typisk vil vægtykkelser dog kunne variere fra etage til etage.</p> <p>Facader isoleres indvendigt med 95 mm isolering.</p> <p>Fordeling af vægtykkelser er flg.: 220 m² med 2½ stens mur og 80 m² med 1½ stens mur.</p> <p>Fjernvarmepris: 0,60 kr. pr. kWh</p>
Årlig energibesparelse kWh pr. m²	<p>2½ stens mur: 40 kWh/m²</p> <p>1½ stens mur: 71 kWh/m²</p>
Årlig energibesparelse kWh fjernvarme	<p>2½ stens mur: 40 kWh/m² x 220 m² = 8.800 kWh</p> <p>1½ stens mur: 71 kWh/m² x 80 m² = 5.680 kWh</p> <p>I alt 14.480 kWh</p>
Årlig økonomisk besparelse kr.	0,60 kr./kWh x 14.480 kWh = 8.688 kr.
Årlig CO₂-besparelse kg	0,115 kg/kWh x 14.480 kWh = 1.665 kg

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,265 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,115 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,440 kg CO₂ pr. kWh



Figur 4: Tilslutning af indvendig isolering mod skillevæg.



Figur 5: Indvendig isolering ved vinduesfals.

Udførelse

Efterisolering af ydervæggen indvendig bør foretages under hensyntagen til fornuftig isoleringstykkelse i forhold til energibesparelse, og den plads den indvendige isolering tager i rummet.

Radiatorer nedtages, og evt. nødvendig ændring af rørføring udføres før opsætning af væg. Vær opmærksom på, at der ikke må forekomme skjulte samlinger på rørene.

Fodpaneler, evt. stuk og afslutningsmateriel til elinstallationer nedtages. For at undgå senere gennembrydning af dampspærren kan det være en god ide at flytte placeringen af stikkontakter og lampeudtag til boligens skillevægge. Dette skal i givet fald forbedres, inden efterisolering påbegyndes.

Indersiden af ydervæggen afrenses for maling, tapet og andet organisk materiale, så væggen står rå i enten mursten eller puds. Dette gøres for at fjerne:

- Organisk materiale, som kan danne grobund for svamp og skimmel, hvis der er tilstrækkeligt fugtigt.
- Damptætte lag, der kan medføre kondensdannelse og dermed skabe gode levevilkår for svamp og skimmel.

Der opsættes skelet i form af slidsede stålrigler eller evt. træstolper på indersiden af den afrensede væg. Stålrigler eller træstolper skal holdes fri af væggen, f. eks. med underliggende 10-50 mm isolering for at slippe for kuldebro og tilhørende sortsværtning af væggen ind mod rummet.

Det inderste lag isolering på 10-50 mm isolering skal enten fuldklæbes eller på anden måde tilpasses, så den slutter helt tæt til den afrensede væg, for at der ikke kan ske luftcirkulation mellem væg og isolering. Der isoleres mellem skelettet, således at isoleringen sidder stramt imellem træstolper/stålrigler.

Hvis der er stikkontakter i den væg der efterisoleres, skal disse flyttes med indad i rummet. Stikkontakter bør placeres på den nye vægbeklædning længst ind

mod rummet for ikke at ødelægge dampspærren. Hvis stikdåserne indbygges, skal de være lufttætte og være samlet lufttæt med dampspærren. Vær opmærksom på, at der ikke må forekomme skjulte samlinger på kablerne.

Der, hvor kablet trækkes gennem dampspærren, skal også tætnes med en såkaldt kabelkrave.

Der opsættes dampspærre med tape i alle samlinger og med tæt tilslutning mod tilstødende konstruktioner som vinduer, loft, gulv og tilstødende vægge samt gennemgående installationer. Alle samlinger skal ske over fast underlag. Den tætte tilslutning er ekstremt vigtig for at undgå, at varm fugtig luft kommer ind bag isoleringen og kondenserer, hvilket giver risiko for svamp og skimmel.

Væggen beklædes f.eks. med gipsplade. Eventuelle stikkontakter, radiatorer og udeluftventiler monteres.

Andre løsninger til indvendig efterisolering kan være at anvende præfabrikerede forsatsvægge eller kapillarsugende plader. Præfabrikerede forsatsvægge er f.eks. gipsplader med hård isolering klæbet på bagsiden. Her skal der etableres dampspærre uden på de præfabrikerede plader og afsluttes med endnu et lag gips. Det er meget vigtigt, at dampspærren slutter tæt mod alle tilstødende bygningsdele og i samlinger på samme måde, som hvis forsatsvæggen blev opbygget med et skelet af stålrigler eller træstolper.

Kapillarsugende plader er en løsning, der kan optage og afgive fugt, og hvor dampspærre udgår. Løsningen er ikke gennemprøvet i Danmark, hvorfor den ikke er nærmere beskrevet her.

Vinduesfals

I forbindelse med indvendig efterisolering af ydervægge skal vinduesfalsene også isoleres.

Oftest vil der kun være plads til et ganske tyndt lag isolering (20-30 mm), når isoleringen skal tilpasses til karmen på et eksisterende vindue, eller hvis lysindfald ikke skal mindskes for meget ved udskiftning til nye vinduer. Ved pudsede fals kan pudsens fjernes for at skabe mere plads til isolering.

Hvor der i stedet er lysningspaneler, kan disse nedtages for efterfølgende genmontage og tilpasning, efter at isolering af falsen er udført. I begge tilfælde skal det sikres, at dampspærren i fasen udføres med tæt dampspærre, der samles tæt og klemmes mod vægisoleringsens hjørnestolpe og mod diffusionstæt fuge ved vinduets karm. På væggen i falsen monteres der tæt ved vinduets karm en liste som underlag for den klemte og klæbede dampspærre. Mellem listen og vinduets karm udføres diffusionstæt fuge. Inden efterisolering af falsen skal det sikres, at fuge mellem vinduets karm og murværk er intakt og korrekt udført.

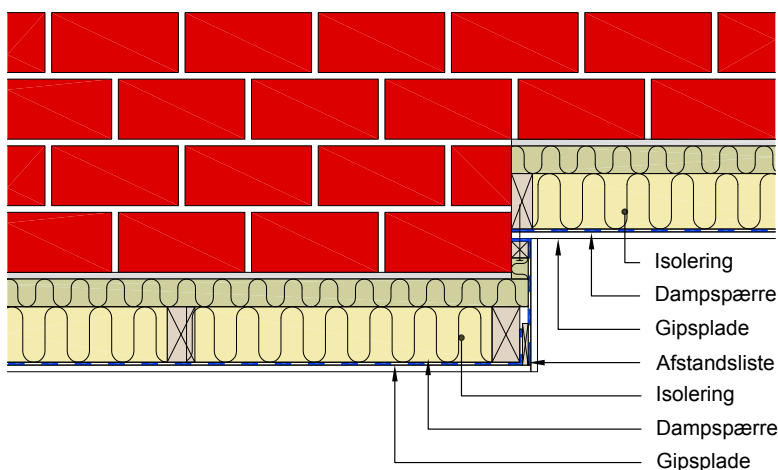
Brystningspartier

Isolering af brystningspartier under vinduer kan udføres som beskrevet i løsning til indvendig isolering af facader.

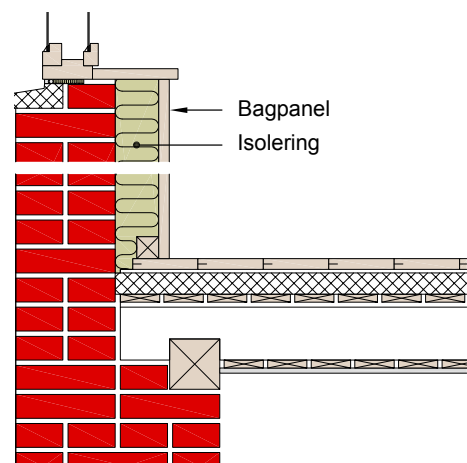
Mange brystningspartier er imidlertid udført med et bagpanel af træ, hvor på radiatoren er monteret. Hvis det er tilfældet, kan isolering udføres ved indblæsning af egnet isoleringsgranulat i mellemrum mellem murværk og bagpanel. Indblæsning kan ske udefra som ved almindelig hulmursisolering eller indefra gennem borede huller i panelet. Indblæsning af isolering i hulrum foretages af specialiserede firmaer. Vælg et firma, der er tilknyttet en garantiordning.

Det skal sikres, at murværket er intakt, inden indblæsning af isolering udføres, samt at det indvendige panel slutter helt tæt mod vinduesfalsene. Inden indblæsning skal hulrummet inspiceres for fugt gennem de borede huller, enten udefra eller indefra. Løsningen med indblæsning i brystningspartier, hvor radiatorer er placeret, kan erfaringsmæssigt udføres uden indbygning af tæt dampspærre ved isoleringstykkelser op til 100 mm og vægtykkelser på minimum 1 sten, da varmen fra radiatoren medvirker til at holde murværket tørt.

Hvis isolering af brystninger finder sted samtidig med en vinduesudskiftning, skal det sikres, at isoleringen forbindes tæt til isolering under vinduet, så man undgår en kuldebro.



Figur 6: Indvendig isolering i brystningsparti under vindue.



Figur 7: Indvendig isolering af brystning under vindue ved indblæsning af isolering.

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Eksisterende ydervæg og fundament	Er der nyere sætningsskader eller revnedannelser?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 1
Mursten, fuger og facadepuds	Er der revnede eller smuldrede mursten, og/eller mangler der fuger i udvendigt murværk?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Fugt i ydervæggen	Er ydervæggen fugtig?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 3
Fugtspærrer mod fundament	Er der fugtspærrer mellem ydervæg i stueetagen og fundament?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 4
Etageadskillelse	Er etageadskillelse udført som bjælkelag?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 5
Brystningspartier eller blændinger	Er den eksisterende væg en halvstensvæg?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 6
Indvendig overflade af eksisterende ydervæg	Er indvendig overflade af ydervæggen total fri for maling, tapet eller andet organisk materiale?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 7
El-installationer	Er der el-installationer i ydervæggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 8
Udeluftventiler	Er der udeluftventiler i ydervæggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 9
Varmeinstallationer	Er der radiatorer og rør for disse på væggen?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 10
Ventilation	Lufter beboerne/brugerne tilstrækkeligt ud?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 11
Ophængning på den nye forsatsvæg	Ønsker brugerne at hænge reoler, malerier eller andet op?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 12

1. Eksisterende ydervæg og fundament

Hvis der er nyere revnedannelser eller sætningsskader, tilkaldes særlig fagkyndig eller forsikringsselskab. Ældre skader udbedres, inden efterisoleringen udføres.

2. Mursten, fuger og facadepuds

Murværket skal være intakt for at være egnet til indvendig efterisolering. Revnede, forvitrede eller frostsprængte sten skal udtages og erstattes med frostfaste sten. Forvitrede, revnede eller bløde fuger skal udkradses og efterfuges, så de er hele, fyldte og tætte. Pudsede facader skal udbedres, hvis pudsen er løs eller skaller af.

3. Fugt i ydervæggen

Hvis den eksisterende ydervæg er fugtig, må den ikke efterisoleres indefra.

4. Fugtspærrer mod fundament

Der skal være fugtspærrer i form af murpap eller lignende mellem muret væg i stueetage og fundament for at undgå, at fugt nedefra trænger op i muren. Hvis der ikke er fugtspærre, skal det etableres, inden væggen kan efterisoleres indefra. Ny fugtspærre kan etableres ved indlægning af murpap eller bølgeformede stålplader

i lejefuger eller ved injektion af vandafvisende væske i murværket.

5. Etageadskillelse

Træbjælker i etageadskillelser skal være i god stand og ikke påvirket af fugt. Hvis fugtindhold i træbjælker er kritisk i forhold til et niveau, hvor sænkning af temperaturen kan medføre angreb af trænedbrydende svampe, må der ikke efterisoleres indvendigt. Fugtindhold skal måles inden beslutning om indvendig efterisolering, og i tvivlstilfælde skal særlig fagkyndig tilkaldes.

6. Brystningspartier/ blændinger

Ved halvstensvægge skal fugtforholdene vurderes konkret i det enkelte tilfælde, da murværket i større grad kan være opfugtet indvendigt pga. påvirkning fra slagregn. Hvis ydervæggen er en halvstensvæg skal den indvendige efterisolering udføres med et udeluftventileret hulrum mellem halvstensvæg og isolering. Det ventilerede hulrum medfører, at murværket ikke indgår som en isolerende del i brystningen.

Hvor der er radiatorer i brystningspartier medvirker en opvarmet radiator til at udtørre murværket.

7. Indvendig overflade af eksisterende ydervæg

Den eksisterende overflade på indvendig side af ydervæggen skal være afrenset ind til rå væg inden efterisoleringen udføres.

8. El-installationer

Er der el-installationer i ydervæggen, skal disse flyttes til indvendig side af den nye vægbeklædning. Samlingen mellem el-installationer og dampspærre skal være helt lufttæt. Vær opmærksom på, at der ikke må forekomme skjulte samlinger på kablerne.

9. Udeluftventiler

Udeluftventiler i ydervæggen udskiftes til en længere udgave, så den kan nå indvendig side af ny vægbeklædning. De bør være kondens- og lydisolierende.

10. Varmeinstallationer

Eventuelle radiatorer på væggen og rør for disse flyttes med ind på indersiden af den nye væg. Vær opmærksom på, at der ikke må forekomme skjulte samlinger på rørene.

11. Ventilation

Beboere/brugere skal informeres om vigtigheden af at lufte ud 2-3 gange om dagen i 5-10 minutter samt efter bad og madlavning. En anden mulighed er at få monteret mekanisk ventilation med varmegenvinding.

12. Ophængning på den nye forsatsvæg

I samarbejde med bygningsejeren bør der placeres ophængningsmuligheder i form af vandrette løsholter mellem stolperne placeret i bestemte højder over gulv, så beboerne/brugerne kan hænge malerier og reoler op uden at perforere dampspærren.

Indeklima

Når ydervæggen isoleres, bliver dens indvendige overflade varmere, hvilket nedsætter risikoen for kondens på væggenes inderside og giver mindre træk i form af kuldenedfald.

Når der isoleres indvendigt, bliver væggen koldere. Det betyder risiko for fugtproblemer, hvis dampspærren ikke er tæt. Det er derfor helt afgørende at sikre en tæt dampspærre - både under udførelsen og senere, når man fx skal hænge billeder på væggen.

Indvendig efterisolering medfører, at det indvendige gulvareal bliver formindsket, men at det bliver rarere at opholde sig tæt ved væggen.

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/m²K. Af fugttechniske årsager anbefaler man dog at man normalt ikke isolerer med mere end 150 mm (mineraluld) jf. bygningsreglementets vejledning "Ofte rentable konstruktioner".

Hvis efterisolering til 150 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.

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. dampspærre og 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.

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.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmeisoleringsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi
 SBI-anvisning 221: Efterisolering af etageboliger
 SBI-anvisning 224: Fugt i bygninger
 SBI-anvisning 240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger

www.sbi.dk

BYG-ERFA
 (31) 15 11 15 Indvendig efterisolering - ældre ydervægge af murværk
 (29) 97 12 16: Udførelse af fugtspærre mellem fundament og vægge i ældre, murede bygninger
 (49) 12 12 29 Sortsværtning og støvfigurer
 (39) 15 12 29 Dampspærre - monteringsdetaljer
www.byg-erfa.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



Videncenter for energibesparelser i bygninger