

Reflektert varme ved riktig bruk

Reflekerende folier kan redusere varmetapet i bygningskonstruksjoner, men de må brukes på rett plass og på riktig måte.

Brukt i vegger kan en reflekterende folie bidra til at et lukket, luftfylt hulrom får samme varmemotstand som et 30 mm tykt lag med vanlig mineralullisolasjon. Den reflekterende folieoverflaten tar nesten bort varmeoverføringen ved stråling, men varme vil fortsatt transporteres gjennom hulrommet ved ledning og konveksjon.

Varmetransport

Varme transporteres gjennom en vegg på fire måter:

- ved ledning gjennom faste materialer eller i stillestående luft
- ved stråling i hulrom
- ved strømning inne i veg-

gen (naturlig konveksjon)

– ved luftlekkasjer (strømning gjennom veggen)

I et hulrom som er fylt med for eksempel mineralull, skjer varmeoverføringen i hovedsak ved ledning i fibrene og i lufta mellom fibrene. Fibrene begrenser andre former for varmeoverføring ved at de er «i veien for» strålingen og ved at de holder lufta i ro slik at det blir minimal naturlig konveksjon. Mineralull er for øvrig et «luftåpent» materiale og hulrommet må begrenses av lufttette materialer som innvendig dampsperre, utvendig vindsperre og bindingsverk av tre for å hindre varmetransport ved luft-

lekkasjer.

Hvis en tar vekk mineralulla i en bindingsverksvegg, slik at det bare er luft i hulrommene, vil varmeoverføringen i hulrommene bli dominert av direkte strålingsoverføring fra varm til kald side. Strålingsoverføringen vil være tilnærmet konstant og uavhengig av hulromstykkelser. Strålingsoverføringen kan imidlertid reduseres betydelig hvis minst én av overflatene gjøres reflekterende, for eksempel ved hjelp av en folie med reflekterende overflate vendt mot hulrommet. Da vil varmetransporten hovedsakelig skje ved naturlig konveksjon inne i hulrommene.

Naturlig konveksjon

«Drivkraften for naturlig konveksjon er temperaturforskjellen mellom varm og kald side i hulrommet. Konveksjonen vil derfor øke når temperaturforskjellen øker og er størst når det er kaldest ute. Konveksjonen begrenses av strømningsmotstanden i lufta i hulrommet og for tynne hulrom er motstanden så stor at lufta forblir tilnærmet i ro. Strømningsmotstanden avtar med økende hulromstykkelser. Hulromstykkelser må være over en viss grenseverdi for at konveksjonen skal bli så stor at det betyr noe for varmetapet. Graden av konveksjon i et hulrom er altså avhengig av både temperaturforskjellen og hulromstykkelser. I tillegg har hulrommets helingsvinkel og varmestrømsretningen stor betydning. Det blir nærmere omtalt seinere.

Hvis hele «veggkonstruksjonen» består av en innvendig og en utvendig kledning med hulrom mellom, som for eksempel en tolags isolerrute i et vindu, vil varmemotstanden (isolasjonsevnen) øke med økende hulromstykkelser inntil tyk-

Refleksfolie i debatt



14 lag består Triso-Super 9-isolasjonsmatte, hvorav 6 reflekterende aluminiumsfolie og like mange lag med skumplast. De to siste lagene er fiberduk.

I Byggmesterens aprilutgave presenterte vi en flerlags reflekterende isolasjonsmatte som ifølge produsenten skulle redusere behovet for tilleggisolasjon vesentlig. Isoleringsverdier tilsvarende 24 centimeter mineralull skulle oppnås med kun 2 centimeter tykke isolasjonsmatter med flere reflekslag.

Selv om produsenten kunne vise til tester og ISO-sertifisering fra det anerkjente britiske sertifiseringsinstituttet BM Trada, er sivilingeniør Sivert Uvsløkk ved Sintef Byggforsk i Trondheim skeptisk til de oppgitte resultatene. Her redegjør han for hvordan reflekterende folie fungerer i hulrom og hvordan varme beveger seg i konstruksjonen.

kelsen er ca. 16 mm. Deretter vil varmetransporten ved konveksjon øke med økende hulromstykkelser. Varmetransporten ved ledning i lufta vil derimot avta omtrent like mye når luftlagtykkelsen øker slik at samlet varmetap og hulrommets isolasjonsevne forblir tilnærmet konstant.

Dette er grunnen til at hulromstykkelser i tolags isolerruter vanligvis ikke er større enn 16 mm. Om rutetykkelsen øker, vil U-verdien likevel forbli omtrent den samme.

U-verdien (U) er et mål for hvor mye varme som slipper gjennom en konstruksjon pr. m² og pr. grad temperaturforskjell (W/m²K) og beregnes etter formelen $U = 1/Rt$, der Rt er samlet varmemotstand for konstruksjonen.



Byggmestere søkes

Mesterhus ser etter flere solide byggmesterbedrifter som oppfyller mesterbrevets faglige krav til kvalitet og sikkerhet.

Landets største boligbyggerkjede står for trygghet, kvalitet og nytenkning. Som medlem hos oss får du tilgang til bransjens mest omfattende intranett med blant annet:

- Markedets beste innkjøpspriser
- Tilgang til all relevant teknisk dokumentasjon
- Profileringsmateriell og hjelp til lokal annonsering
- Bistand i salgs- og byggeprosessen

Vår katalog er blant markedets mest etterspurte. Mesterhus Lavenergi og oppfølgeren Mesterhus Svanemerket er utviklet med tanke på fremtidens miljøkrav til boligbygging. Vi er tidlig ute for å gi våre kunder større valgmulighet og våre medlemmer trygg forankring i en moderne kjedebedrift. Interessert?

Kontakt Ole Gunnar Ødegård
ole.gunnar@mesterhus.no
tlf 23 37 90 50 / faks 23 37 75 60

MESTERHUS
www.mesterhus.no

Hulrom i vegg og vindu

På tilsvarende måte som reflekterende folier kan forbedre isolasjonsevnen til hulrom i bygningkonstruksjoner, blir isolasjonsevnen til moderne isoleruter forbedret ved hjelp av glass med reflekterende belegg vendt mot hulrommet. Belegget slipper gjennom det meste av det synlige lyset og er derfor tilnærmet usynlig, men reflekterer det aller meste av den langbølgede varmestrålingen. Varmeoverføringen ved stråling i hulrommet blir derfor tilnærmet eliminert og rutens varmeisolasjonsevne vesentlig forbedret.

U-verdien for en luftfylt rute med ett glass med reflekterende belegg (energiglass) kan komme ned i ca 1,5 W/m²K. Det gir omtrent samme isolasjonsevne som om hulrommet var 18 mm og fylt med mineralull. Med argongass i hulrommet i stedet for luft blir U-verdien for midtfeltet av ruta vanligvis 1,2 W/m²K som tilsvarer ca. 25 mm mineralull.

En bindingsverksvegg med bare luft i hulrommene vil med en reflekterende folie som dampspærre få redusert U-verdien fra ca. 1,7 til ca. 1,1 W/m²K. Det er da tatt hensyn til innvendig og utvendig kledning, vindspærren og varmetap gjennom selve bindingsverket.

Det er videre forutsatt at den reflekterende folieoverflaten har emisjonstall $\epsilon = 0,05$ som betyr at folien reflekterer ca 95% av varmestrålingen. Det er en betydelig reduksjon i U-verdien, men fortsatt langt fra nok til å gi tilfredsstillende isolasjonsevne i vegger og tak i land med nordisk klima.

En bindingsverksvegg med 200 mm mineralull har en U-verdi på 0,22 W/m²K og med 250 mm isolasjon blir U-verdien ca. 0,18 W/m²K som er det nye kravet til yttervegger ifølge TEK.

For å oppnå akseptabel varmeisolasjonsevne, er det ikke nok å stoppe varmestrålingen. Varmetapet ved ledning og konveksjon må også reduseres. For en vegg kan det i prinsippet oppnås ved å ha mange nok lukkede luftlag med ca. 30 mm tykkelse og reflekterende folier mellom, eller fyller hulrommene

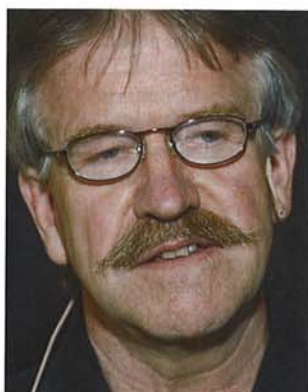
i bindingsverket på vanlig måte med mineralull som både stopper varmestrålingen og holder lufta i ro.

Ja takk, begge deler

Reflekterende folie må kombineres med vanlig isolasjon. Når reflekterende folie og lukkede hulrom kombineres med vanlig isolasjon, kan hulromstykkelsen økes til ca 30 mm før konveksjonstapet blir dominerende. Det skyldes som før nevnt at temperaturforskjellen over hulrommet, og dermed drivkraften for konveksjon, blir mindre. Et luftfylt hulrom får da omtrent samme varmemotstand som om hulrommet var fylt med vanlig mineralull.

Sammenfallende verdier

Beregnet varmeoverføring i hulrom med reflekterende folie



Artikkelforfatter Sivert Uvsløkk gir en detaljert framstilling av hvordan reflekterende folie påvirker varmeoverføringen i hulromskonstruksjoner.

i vegger er vist i figurene 1 – 2.

Figur 1 viser hvordan de forskjellige varmestrammekanismene varierer med hulromstykkelsen. Figur 2 viser hvordan samlet varmemotstand varierer med hulromstykkelsen. For sammenligningens skyld er det også lagt inn en kurve som viser beregnet varmemotstand når hele hulrommet fylles med mineralull.

Beregningene for hulrommene er utført i henhold til «ISO 15099:2003 Utgave: 1 Termiske egenskaper til vinduer, dører og skjerming – detaljerte beregninger». Det er den mest oppdaterte internasjo-



Artikkelforfatter Sivert Uvsløkk gir en detaljert framstilling av hvordan reflekterende folie påvirker varmeoverføringen i hulromskonstruksjoner. Sivert Uvsløkk advarer sterkt mot bruk av plast og aluminiumsfolie på den kalde siden av konstruksjonen. Et slikt damp-tett sjikt vil kunne føre til oppfukning ved kondens, med påfølgende råteskader. Her er et eksempel hvor slike reflekterende isolasjonsmatter er lagt direkte på taksperrene, under sløyfer, lekter og etter hvert takstein.

nale standarden for beregning av varmeoverføring i hulrom.

Ved SINTEF Byggforsk er det tidligere utført målinger på vegger i full størrelse hvor vanlig isolert bindingsverk ble kombinert med ett og to luftlag med reflekterende dampspærre på en side. Det var god overensstemmelse mellom målte og beregnede verdier.

Inntrukket, reflekterende dampspærre

De nye U-verdikravene i TEK innebærer i praksis at bindingsverksvegger må ha en isolasjonstykkelse på 20 eller 25 cm. Samtidig er kravet til lufttetthet skjerpet. Veggløsninger med «inntrukket» dampspærre er en god teknisk løsning som blir enda mer aktuell enn før både fordi en kan bruke tynnere stenderdimensjoner og fordi det er enklere å oppnå god lufttetthet når el-rør og andre skjulte rørføringer kan legges på varm side av dampspærren. Ved å bruke en reflekterende dampspærre i stedet for vanlig PE-folie kan en oppnå en varmeisolasjonsevne tilsvarende ca. 30 mm vanlig mineralull selv med bare luft i hulrommet mellom den reflekterende dampspærren og innvendig kledning.

I tak vil en tilsvarende luftfylt hulrom og reflekterende folie gi noe dårligere isolasjonsevne enn i en vegg. Det skyldes

at varmestramporten ved konveksjonen i hulrommet øker når helningsvinkelen avtar. Det gjelder så lenge det er varmere inne enn ute. En isolerrute i et takvindu har av samme grunn noe dårligere varmeisolasjonsevne, (høyere U-verdi) enn når samme ruta står i et vanlig veggvindu.

Størst potensial i golv

I golv hvor varmestrommen går nedover, er det gunstigere forhold og et stort potensial for bruk av reflekterende folier. Her kan en oppnå stor varmemotstand i hulrom ved bruk av reflekterende folier. Det skyldes at den varme, lette lufta er øverst og den kalde, tyngre lufta er nederst noe som gir stabile luftlag med minimal naturlig konveksjon. Hvis en tar bort det meste av varmestrålingen med en eller flere reflekterende folier, står en igjen med bare ledning i stillestående luft. Varmeledningstallet for luft er forholdsvis lavt, ca. 0,025 mot 0,037 W/mK for vanlig «A-kvalitet» mineralull. Det betyr at selv tykke hulrom i golv i teorien kan ha større varmemotstand og bedre isolasjonsevne enn om hulrommet var fylt med vanlig isolasjon.

I praksis er det likevel ikke så enkelt. Bærekonstruksjoner som golvbjelker vil i tillegg til å transportere varme ved led-



Byggmesterforbundet

Bransjeorganisasjon for profesjonelle byggefirma

10 gode grunner...



1.
Bli oppfattet som profesjonell og seriøs

2.
Økonomisk gevinst ved å benytte medlemsfordeler

3.
Riktige og gode forsikringer for å sikre dine ansatte, deg selv og din bedrift

4.
Faglig utvikling for din bedrift og dine ansatte

5.
Trygghet for at det bedriften gjør er riktig

6.
De rette hjelpemidlene for å gjøre hverdagen enklere

7.
Nettverk og faglig tilhørighet

8.
Juridisk bistand og veiledning med kontrakter

9.
Advokatkontor ved rettstvister og forhandlinger

10.
Systematisk etter- og videreutdanning

... bli medlem i dag!



Ta kontakt på tlf. 23 08 75 00
eller besøk oss på
www.byggmesterforbundet.no

ning også bidra til at strålingsoverføringen i hulrommet øker. Bjelkene vil også få en litt annen temperatur enn lufta, spesielt ved kantene mot det fri, noe som vil gi noe konveksjon også i hulrom i golv.

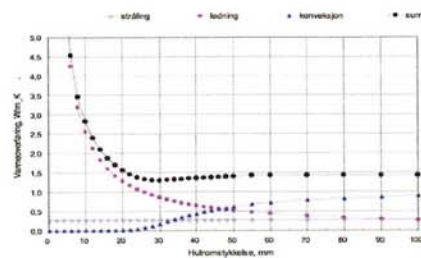
Beregnet varmemotstand for hulrom avhengig av helningsvinkel er vist i figur 3.

Feilaktig markedsføring

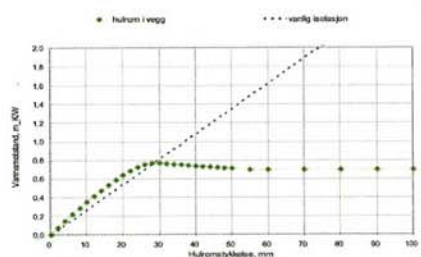
Det er etter hvert flere reflekterende produkter som tilbys også i byggemarkedet. Dessverre er ikke alle aktørene like seriøse. Enkelte produsenter og forhandlere av reflekterende folier hevder at deres produkter med tykkelse på ca 12 mm gir en varmeisolasjonsevne tilsvarende 200 mm mineralull også i vegger og tak. Det er fysisk umulig ettersom varme overføres også ved ledning og naturlig konveksjon og ikke bare ved stråling som forklart tidligere.

Reflekterende produkter som er bygd opp som laminat av bobleplast eller PE-skum med mellomliggende reflekterende folier har samme strålingsminskende virkning for et tilliggende hulrom som en tynn reflekterende folie. De gir i tillegg en ekstra varmemotstand som er omtrent like stor som det en får med et lag vanlig isolasjon med samme tykkelse. Eventuelle reflekterende folielag midt inne i et slikt laminert produkt virker bare på hulrommene i PE-skummet/bobleplasten og forbedrer isolasjonsevnen bare minimalt ettersom varmetransporten i hulrom som er bare noen mm tykke domineres av ledning i luftporene og i det faste materialet. En reflekterende folie klemt mellom faste materialer, har ingen isolerende virkning.

Brukt i bygningskonstruksjoner, med normale krav til var-



Diagrammet viser hvordan de ulike formene for varmeoverføring i et vertikalt hulrom varierer med hulromstykkelser. Det er forutsatt at det er 148 mm vanlig mineralullisolasjon utvendig for dampsperran og at det lukkede luftrommet står mellom den reflekterende dampsperran og den innvendige kledningen.



Diagrammet viser hvordan samlet varmemotstand varierer med hulromstykkelser for et vertikalt hulrom. Samme konstruksjon som i figur 1. For sammenligningens skyld er det også lagt inn en kurve som viser beregnet varmemotstand når hele hulrommet fylles med mineralull

meisolasjonsevne, er derfor slike laminerte produkter av PE-skum og bobleplast bortkastede penger ettersom en oppnår det samme med en tynn reflekterende folie og vanlig isolasjon.

Noen forhandlere viser også løsninger hvor slike produkter av plast og aluminiumsfolie er montert på kald side av bærekonstruksjonene. Det er en svært skummel løsning som vi advarer sterkt mot. Ettersom folier av plast og aluminium vanligvis er svært dampette, vil risikoen for oppfukning ved kondens fra innelufta være svært stor med overhengende fare for vekst av mugg- og råtesopp. Reflekterende folier på kald side av en konstruksjon må være dampåpne. I golv hvor det er liten fare for konveksjon, trenger ikke folien å være lufttett og en kan bruke perforerte folier for å få nødvendig uttørkingsevne.

Sivert Uvsløkk, sivilingeniør,
Sintef Byggeforsk