

Frost och kondens i mineralull

Frost och kondens bildas i mineralull när luften är fuktig och temperaturen är tillräckligt låg på någon sida av isolermaterialet. Vid avdelningen för Byggnadsteknik på Kungliga Tekniska högskolan (KTH) har en utrustning för studium av detta byggts upp. De första resultaten visar att mineralull då når fuktnivåer som är högre än vad som kan förväntas utifrån en sorptionskurva. I en vägg- eller takkonstruktion med stor tjocklek av värmeisolering kan fukt i dessa fall stängas in, vilket kan få negativa konsekvenser.

I ett uthålligt modernt samhälle fokuseras kraftfullt på välisolerade byggnadskonstruktioner. Eftersom byggnadssektorn står för cirka 40 procent av Sveriges energianvändning så är en effektivare värmeisolering i detta sammanhang mycket betydelsefull, både för de svenska klimatmålen och för de boendes ekonomi. Kraven på värmeisolering i nya byggnader kommer att öka generellt. Det är troligt att ekonomiska drivkrafter här kommer att väga lika tungt som normkrav.

Ett spännande exempel är de passivhus som byggts under senare år och som har upp emot 40 cm tjock mineralullsisolering i väggarna. Detta sätt att bygga innebär att byggmaterialen används på ett något annorlunda sätt än vad som tidigare varit fallet. Tack vare att värmeisoleringarna är så tjocka så blir fuktkapaciteten i vägg eller tak ganska stor. Att bygga energisnålt är givetvis bra men samtidigt måste de speciella risker beaktas som detta medför för konstruktionens fortlevnad.

Värmeisoleringsmaterialen finns alltid i lägen där temperaturen varierar över materialets tjocklek. Förutsättningarna för uppfuktning och uttorkning av byggmaterial påverkas mycket av temperaturförhållandena kring materialen.

Fukt kan på flera sätt komma in i väggar. Exempelvis vid läckage i detaljer vid takfot och fönster eller i händelse av slagregn. Fukt kan även tillföras inifrån vid läckage av fuktig luft genom otäta ångspärrar. I takkonstruktioner förekommer i allmänhet stora tjocklekar av värmeisolering. Risken för att denna blir fuktig är

stor både i fall av regn eller snö under byggtiden och om taket läcker.

Byggnaderna blir knappast tätare mot fukt med tiden, men tätheten och fuktskyddet kan försämrats. Resultatet av detta kan bli att klimatskalet fuktas upp. Beroende på de aktuella temperaturförhållandena så kan både kondens och frost bildas i materialen. Det blir även en påtaglig risk för att fukten blir instängd i konstruktionen.

Även om det inte finns några larmrapporter för ögonblicket om speciella problem av detta slag så är det viktigt att utveckla förståelsen kring hur värmeisolering fungerar i dessa sammanhang. Arbetet som beskrivs här är ett led i att bygga upp förståelsen kring processer av fukt i mineralull.

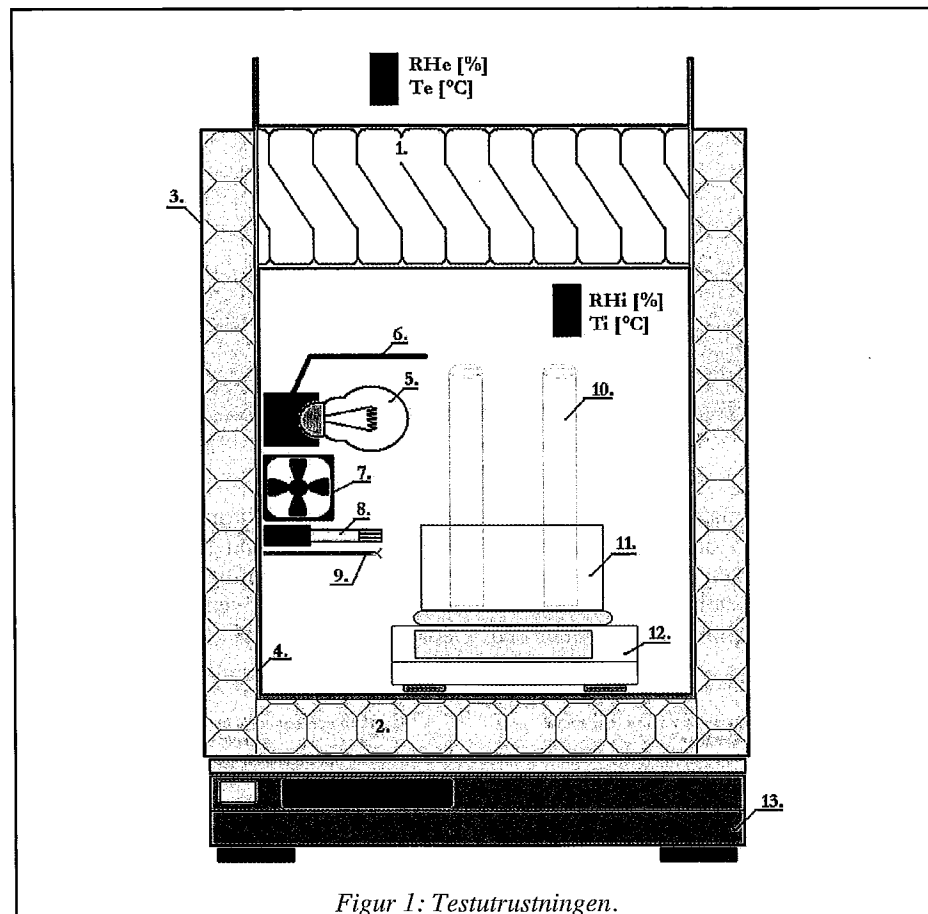
Arbete på KTH

På Institutionen för bygghvetenskap på KTH har vi byggt upp en testutrustning för att undersöka kondensbildning och frost-

bildning i värmeisoleringsmaterial. Det arbete som presenteras här finns utförligt beskrivet i *Tomas Vranas* licentiatavhandling som lades fram i september 2007.

Utrustningen består av en box av plast där en av väggarna är öppen och ersatt med ett värmeisoleringsmaterial, i detta fall mineralull, *figur 1*. I försöken som hittills gjorts har boxens ovansida varit av mineralull. Den har varit 100 mm tjock och med en yta av 400 gånger 400 mm. Det är viktigt att boxen är tät så att ingen fukt går förlorad åt något annat håll än genom mineralullen. Boxens övriga väggar är på utsidan värmeisolerade med styrencellplast som är skyddad med aluminiumfolie.

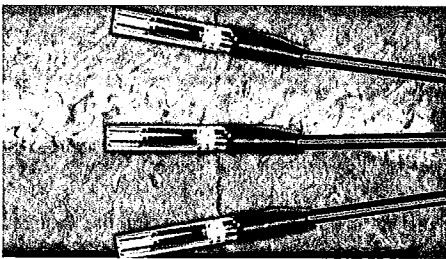
Inne i boxen finns en skål med vatten placerad på en våg. Boxen värms med hjälp av en glödlampa kopplad till en spänningsregulator. Glödlampen är avskärmad för att stålningvärmen inte värma isoleringen med sin strålning. En radi-



Figur 1: Testutrustningen.

1. Materialprov (100 mm tjockt).
2. XPS-isolering utanpå boxens väggar (40 mm tjock).
3. Utvändigt beklädnad av aluminiumfolie.
4. Box av plast (3 mm vägg tjocklek).
5. Glödlampa som värmer lådan.
6. Avskärmning för att undvika strålningssuppvärmning av provet.
7. Radialfäkt.
8. Fuktgivare.
9. Temperaturgivare.
10. Rullar av Wettexduk som ökar vattenavgången.
11. Vattenreservoar cirka 400 ml.
12. Våg som registrerar vattenreservoarens viktändring.
13. Våg som registrerar hela systemets viktändring.

Artikelförfattare är **Tomas Vrana** och **Folke Björk**, Institutionen för Bygghvetenskap, Kungliga Tekniska högskolan, Stockholm.



Figur 2: Fukt- och temperaturgivare placerade inne i provet av mineralull.

mängd av fukt som avgår från vattenytan och den mängd fukt som transporteras genom den av boxens sidor som är av mineralull. I detta experiment eftersträvade vi fuktförhållanden nära mättnad i boxen. För att uppnå detta monterades rullar av Wettexduk i boxen. Dessa hänger ned i skålen för att fungera som vekar som suger upp vatten och därmed förstöras den yta där förångning av vattnet sker. Det bildas en temperaturgradient i värmeiso-

Boxen utgör ett system som fukten lämnar efter hand. Hur mycket fukt som lämnar detta system registreras med vågen som boxen är placerad på. Vågen inne i boxen registrerar mängden fukt som avgår ut till boxen. Den fukt som förångas inne i boxen kan gå genom mineralullisoleringsen och ut i omgivningen. Den kan också åter kondensera på väggarna i boxen eller i skålen med vatten. Det som också händer är att fukt kondenseras i mineralullisoleringsen. Är omgivningens temperatur tillräckligt låg kan också frost bildas i värmeisoleringen.

Boxen är placerad i en klimatkammare med reglerbar temperatur. I de försök som utförts hittills har denna klimatkammare styrts till så låga temperaturer som $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Luften i klimatkammaren får då en låg ånghalt. Tre kvaliteter av mineralull med olika densitet ingick i testet: (Material A: 145 kg/m^3 , Material B: 112 kg/m^3 , material C: 44 kg/m^3).

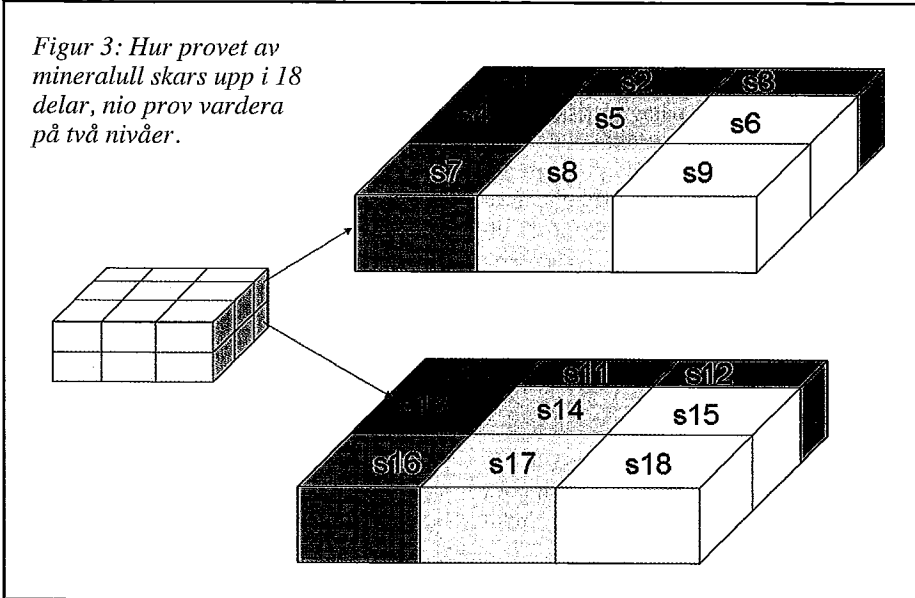
Under dessa betingelser accumulerades fukt i värmeisoleringsmaterialet både i form av kondens och som frost. Det är viktigt att notera att det under dessa förutsättningar även var en hel del fukt som passerade värmeisoleringsmaterialet och gick direkt ut ur boxen.

Resultat

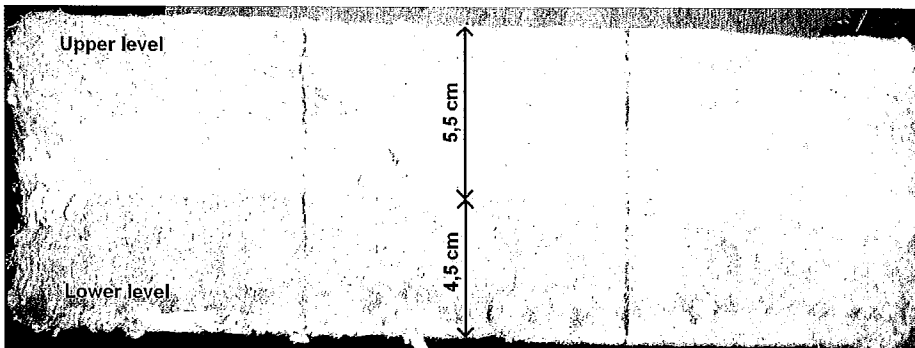
Testerna fortgick under perioder av 100 timmar. Mineralullisoleringsen skars efter testningen upp i 18 delar (nio prover på vardera två nivåer). Fuktkvoten i dessa materialstycken mättes genom vägning före och efter torkning. Dessutom fotograferades ett tvärsnitt av materialet och det noterades var i materialet som fronten mellan frost och kondens fanns. Vi noterade att frost bildades i värmeisoleringsmaterialet i den zon där temperaturen går under $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

I figur 5 visas fukttinnehållet i produkt C. Den vänstra figuren visar fukttinnehållet hos den frusna övre delen av provet och den högra figuren fukttinnehållet i den varmare undre delen av provet. En sorptionskurva för ett motsvarande material visas i figur 6. I den varma sidan av mineralullen samlades kondens. Nivån av fukt här var betydligt högre än vad som förväntas vid avläsning av en sorptionskurva. Under de aktuella förutsättningarna kom det sig att den övre delen av isoleringen i allmänhet var frostig medan den nedre var fylld av kondens. En stor del av kondensfukten är ansamlad i provets understa del. Gränsen mellan frost och kondens syntes tydligt för material A, figur 4.

Balansen mellan fukt i olika delar av uppställningen visas i tabell 1. Kolumnerna 2 till 5 i tabellen är mätvärden. Det var mycket svårt att hantera den fukt och frost som samlades i tätningslistan mellan provet och boxen. Därför är kolumnen längst till höger uträknad som skillnaden mellan den förångade fuktmängden och den mängd fukt som kunde registreras



Figur 3: Hur provet av mineralull skars upp i 18 delar, nio prov vardera på två nivåer.

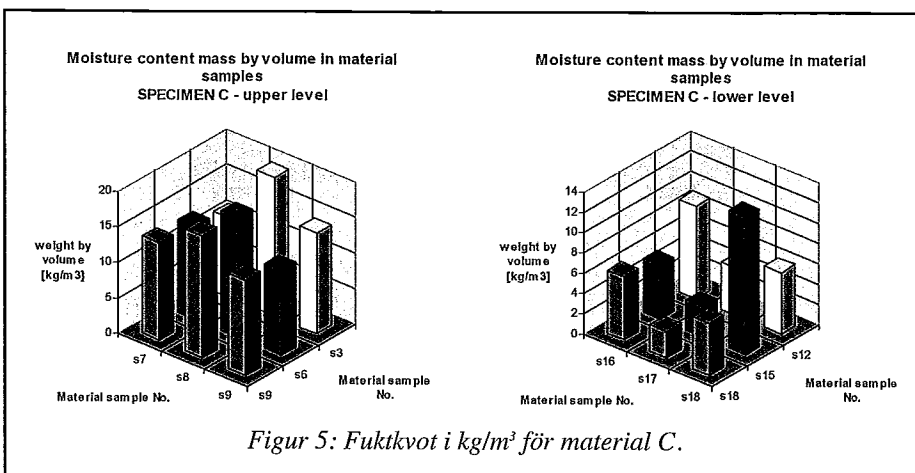


Figur 4: Material A. Frostbildning i den övre delen av provet och kondens i provets nedre del.

allfäkt skapar cirkulation av luften i boxen. Hela boxen är i sin tur placerad på en våg. Klimatet i boxen mäts av en fuktsensor och en termometer och registreras.

I boxen uppstår en balans mellan den

leringen. För att få kontroll på förhållandena monterades fukt- och temperaturgivare på värmeisoleringens ovansida och undersida, samt även mitt i värmeisoleringen, se figur 2.

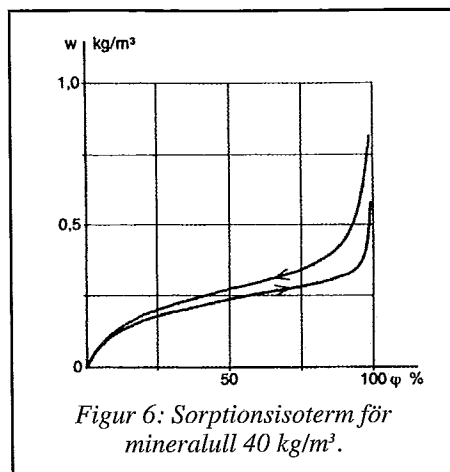


Figur 5: Fuktkvot i kg/m^3 för material C.

Tabell 1: Fuktbalans vid testerna.

Material	Förångad vattenmängd (g)	Hela systemets viktändring (g)	Kondens i boxen (g)	Frost och kondens i materialprovet (g)	Fukt uppsamlad i tätningslistan runt provet (g)
A	166	28	30	86	22
B	164	35	23	72	34
C	166	30	35	55	46

som avgången fukt, fukt som kondenserat i boxen och fukt som ackumulerats i värmeisoleringen.



Figur 6: Sorptionsisoterm för mineralull 40 kg/m³.

Vi noterade att även om mängden ackumulerad fukt i isoleringmaterialet ökade med tiden så var transporten av fukt genom isoleringsmaterialet konstant genom hela försöket. Detta bör betyda att den ansamlade fukten hade en genomsläpplig struktur.

Slutord

Detta projekt har nu nått dithän att det finns en fungerande metod för studium av fuktprocesserna av frost och kondens. Kondensen och frosten bildades inte i gränser mellan materialskikt utan mitt i själva värmeisoleringen. Utrustningen var ganska svår att bygga upp vilket gör att det inte är välkänt att dessa fenomen finns. Vi kan konstatera att vid höga fuktnivåer och låga temperaturer får värmeisoleringsmaterial annorlunda fuktegen-

skaper än vad som förväntas utifrån sorptionskurvan.

Fukt i värmeisolering kan ha olika konsekvenser: När värmeisoleringsmaterial är fuktiga så försämras deras värmeisoleringsförmåga. Bindemedlen i mineralull är härdplaster av typen fenolformaldehydharts eller melaminformaldehydharts som är känsliga för fukt. En fråga är om värmeisoleringen skadas av att vara fuktig? En annan fråga är om fukten i en tjock värmeisolerad vägg vandrar ut efter hand eller om den blir kvar? I detta sammanhang kan också frågan ställas om fukten kan orsaka skador på konstruktionen medan den finns i väggen.

En fortsättning av projektet kommer att behandla dessa frågor samt belysa processen när mineralullsmaterialet tar upp fukt? Hur stor är sannolikheten att en vattenmolekyl fångas upp på en materialyta och bildar frost eller kondens när den kolliderar med en materialyta?. Sker motsvarande process av förångning eller sublimation i någon större utsträckning? ■

Referenser

Tomas Vrana: *Impact of moisture on long term performance of insulating products based on stone wool*, Licentiatavhandling i byggnadsteknik, KTH Stockholm 2007.