

# CHALMERS



## Fukt på kallvindar

- en kartläggning av småhus i Västra Götalands län

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

CAROLINE AHRNENS

EMMA BORGLUND

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
*Avdelningen för byggnadsteknologi*  
*Byggnadsfysik*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2007  
Examensarbete 2007:11



EXAMENSARBETE 2007:11

## Fukt på kallvindar

- en kartläggning av småhus i Västra Götalands län

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

CAROLINE AHRNENS

EMMA BORGLUND

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
*Avdelningen för byggnadsteknologi*  
*Byggnadsfysik*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, 2007

Fukt på kallvindar

- en kartläggning av småhus i Västra Götalands län

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

CAROLINE AHRNENS

EMMA BORGLUND

© CAROLINE AHRNENS OCH EMMA BORGLUND, 2007

Examensarbete 2007:11

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för byggnadsteknologi

Byggnadsfysik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Chalmers Reproservice  
Göteborg, 2007

Moisture in cold pitched roofs

- a mapping survey of single-family houses in Västra Götaland County, Sweden

Master's Thesis in Civil Engineering

CAROLINE AHRNENS

EMMA BORGLUND

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Building Technology

Building Physics

Chalmers University of Technology

## **ABSTRACT**

Ventilated cold pitched roofs represent a building construction that has been used in Sweden for hundreds of years. Today, 1 300 000 out of 2 million houses are estimated to have this type of roof. Due to changed building conditions, such as increased insulation thickness in the attic floor, heating systems without combustion and increased moisture production in the dwelling area, cold pitched roofs are considered a risk construction from a moisture perspective. There are statistics revealing that at least 50 % of Sweden's cold pitched roofs are in the risk zone to develop, or already have developed, moisture problems.

This thesis presents results from a mapping survey of cold pitched roofs and their moisture condition for single-family houses in Västra Götaland County, Sweden. The survey is based on literature studies and a field study carried out among 200 randomly selected properties during the autumn of 2006. Based on the literature studies hypotheses increasing the risk of moisture problems have been formulated. The field study was designed to test these hypotheses and consisted of a questionnaire, a moisture quota measurement and a mycological analysis. All the material samples were taken by the property owners themselves and sent to Chalmers University of Technology where the moisture quota measurement was carried out by the authors. Doctoral Candidate Gunilla Bok at the University of Gothenburg carried out the mycological analysis.

Key words: moisture, cold pitched roofs, single-family houses, Västra Götaland County, Sweden, moisture quota measure, mycological analysis

Fukt på kallvindar

- en kartläggning av småhus i Västra Götalands län

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

CAROLINE AHRNENS

EMMA BORGLUND

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för byggnadsteknologi

Byggnadsfysik

Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Småhus med ventilerade kallvindar är en byggnadskonstruktion som förekommit under flera hundra år i Sverige, idag uppskattas cirka 1,3 av Sveriges 2 miljoner småhus ha kallvind. På grund av förändrade byggnadsvillkor, med ökade isoleringstjocklekar i vindsbjälklag, uppvärmningssystem utan förbränning och ökad fuktproduktion i den bebodda ytan, anses kallvindar idag vara en riskkonstruktion ur fuktsynpunkt. Det finns statistik som uppger att minst 50 % av landets alla kallvindar är i riskzonen för att utveckla eller redan har utvecklade fuktproblem.

Rapporten redogör för en kartläggande studie av kallvindar och deras fuktförhållanden i friliggande småhus belägna i Västra Götalands län. Studien bygger dels på litteraturstudier och dels på en kartläggning utförd bland 200 stycken slumpmässigt utvalda fastigheter under hösten 2006. Utifrån kallvindars fukt- och värmetransporter och tidigare studier har hypoteser om aktuella riskfaktorer för ökade fuktproblem tagits fram. Kartläggningen utformades för att möjliggöra hypotesprövningen och bestod av tre delar; enkät, fuktkvotsmätning samt mykologisk analys. Alla materialprover togs av husägarna själva och skickades till Chalmers tekniska högskola där fuktkvotsmätningen utfördes av författarna. Den mykologiska analysen utfördes av Gunilla Bok, doktorand vid Göteborgs universitet.

Kartläggningen fick en svarsandel på 50 %. Med en signifikansnivå på 5 % visar resultaten att 83 %  $\pm$  7 % av alla friliggande småhus i Västra Götalands län kan antas ha kallvind och att 72 %  $\pm$  12 % av dem kan antas ha en förhöjd förekomst av mögelsvamp på yttertaketts inneryta och således fuktproblem. Fuktproblem definieras i denna studie som ett överskridande av 75 % *RF* i inbyggda byggnadsmaterial och/eller en förhöjd förekomst av mögelsvamp. Fuktkvotsmätningens resultat förkastades på grund av att provbitarna uppvisat orimligt låga fuktkvoter för årstiden och därför ansetts torra innan mätfallet.

Följande slutsatser drogs av litteraturstudier, kartläggningens resultat och hypotesprövningens, icke statistiskt säkerställda, resultat; att ventilation som skapar ett övertyck relativt vinden, att uppvärmningssystem utan förbränning, att hög fuktproduktion, att träfiberskivor och särskilt plywood som material på yttertaketts inneryta, att stora isoleringstjocklekar och att otätheter i vindsbjälklaget alla ökar risken för fuktproblem på kallvindar. Risken för fuktproblem antas öka med antalet

uppfyllda riskfaktorer. Vidare drogs slutsatsen att kallvindars ventilation i kalla och fuktiga kustklimat kan öka vindens fuktbelastning.

Studiens rekommendationer lyder som följer; att mekanisk ventilation som skapar ett undertryck relativt vinden bör väljas för nybyggda hus, att uppvärmning med förbränning bör väljas, att fuktproduktionen i den bebodda ytan bör minimeras, att plywood på yttertaketets inneryta bör undvikas, att isoleringstjocklek ska väljas efter husets förutsättningar samt att lufttäthet i vindsbjälklaget bör eftersträvas för att minska risken för fuktproblem på kallvindar. Vidare bör regelbundna inspektioner av kallvinden utföras för att begränsa konsekvenserna av en eventuellt hög fuktbelastning.

Nyckelord: fukt, kallvindar, småhus, Västra Götalands län, fuktkvotsmätning, mykologisk analys

# Innehåll

|  |      |
|--|------|
| ABSTRACT                                     | I    |
| SAMMANFATTNING                               | II   |
| INNEHÅLL                                     | IV   |
| FÖRORD                                       | VII  |
| BETECKNINGAR                                 | VIII |
| <br>   |      |
| 1 INLEDNING                                  | 1    |
| 1.1 Bakgrund                                 | 1    |
| 1.2 Syfte och målsättningar                  | 2    |
| 1.3 Fokus och avgränsningar                  | 2    |
| 1.4 Tillvägagångssätt                        | 3    |
| 1.5 Läsanvisningar                           | 3    |
| <br>   |      |
| 2 FUKT – EN TEORIBAKGRUND                    | 4    |
| 2.1 Fukt i luft                              | 4    |
| 2.2 Fukt i material                          | 6    |
| 2.3 Fukttransport                            | 7    |
| <br>   |      |
| 3 MÖGELSVAMP – EN TEORIBAKGRUND              | 8    |
| 3.1 Förutsättningar för tillväxt             | 8    |
| 3.2 Gränsvärden för tillväxt                 | 11   |
| <br>   |      |
| 4 KALLVINDAR I SMÅHUS                        | 13   |
| 4.1 Kallvindars fukt- och värmetransporter   | 15   |
| 4.2 Faktorer som påverkar kallvindars klimat | 16   |
| 4.2.1 Byggnadens lokalisering                | 16   |
| 4.2.2 Byggnadens ventilationssystem          | 18   |
| 4.2.3 Byggnadens uppvärmningssystem          | 19   |
| 4.2.4 Fuktproduktionen i byggnaden           | 20   |
| 4.2.5 Kallvindens material                   | 21   |
| 4.2.6 Vindsbjälklagets isoleringstjocklek    | 22   |
| 4.2.7 Vindsbjälklagets lufttäthet            | 22   |
| <br>   |      |
| 5 FUKTBELASTNING PÅ KALLVINDAR               | 24   |
| 5.1 Fuktkällor och fuktsäkring               | 24   |
| 5.2 Konsekvenser vid hög fuktbelastning      | 25   |
| 5.2.1 För kallvindar                         | 26   |
| 5.2.2 För material                           | 27   |



|          |   |    |
|----------|---|----|
| 5.2.3    | För människor                                   | 28 |
| 5.3      | Faktorer som påverkar fuktbelastningens storlek | 29 |
| 6        | STUDIENS UPPSTÄLLDA HYPOTESER                   | 33 |
| 7        | KARTLÄGGNING                                    | 34 |
| 7.1      | Enkät   | 36 |
| 7.1.1    | Metod   | 36 |
| 7.1.2    | Felkällor                                       | 36 |
| 7.1.3    | Resultat  | 37 |
| 7.1.4    | Analys  | 41 |
| 7.2      | Fuktkvotsmätning                                | 43 |
| 7.2.1    | Metod   | 43 |
| 7.2.2    | Felkällor                                       | 44 |
| 7.2.3    | Resultat  | 44 |
| 7.2.4    | Analys  | 45 |
| 7.3      | Mykologisk analys                               | 49 |
| 7.3.1    | Metod   | 49 |
| 7.3.2    | Felkällor                                       | 50 |
| 7.3.3    | Resultat  | 50 |
| 7.3.4    | Analys  | 51 |
| 8        | HYPOTESPRÖVNING                                 | 53 |
| 9        | SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER                 | 66 |
| 9.1      | Slutsatser                                      | 66 |
| 9.2      | Rekommendationer                                | 67 |
| 10       | FÖRFATTARNAS REFLEKTIONER                       | 69 |
| 10.1     | Kartläggning                                    | 69 |
| 10.2     | Hypotesprövning                                 | 69 |
| 11       | FÖRSLAG PÅ FORTSATTA STUDIER                    | 70 |
| 12       | REFERENSER                                      | 71 |
| BILAGOR  |   |    |
| Bilaga 1 | Enkät   |    |
| Bilaga 2 | Informationsbrev till husägarna                 |    |

|          |  |
|----------|--|
| Bilaga 3 | Resultat från enkät                        |
| Bilaga 4 | Resultat från fuktkvotsmätning             |
| Bilaga 5 | Beräkning av förväntad fuktkvot i takstol  |
| Bilaga 6 | Känslighetsanalys av provbitars uttorkning |
| Bilaga 7 | Resultat från mykologisk analys            |

## Förord

Denna rapport är ett 20-poängs examensarbete som avslutar studierna på civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad, med inriktning Byggnaders tekniska funktion, vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Examensarbetet har utförts på Institutionen för bygg- och miljöteknik, Avdelningen för byggnadsteknologi, Byggnadsfysik. Studien genomfördes under hösten 2006 och finansierades av Swedisol.

Examensarbetet är utfört av Caroline Ahrnens och Emma Borglund i samverkan med forskargruppen för Byggnadsfysik.Handledare för arbetet är teknologie doktor Mihail Serkitjij och examinator är biträdande professor Anker Nielsen. Opponenten för arbetet är Anna Holmström och Lina Karlsson. Stort tack till er!

Författarna vill tacka all personal på Avdelningen för byggnadsteknologi, Byggnadsfysik. Ett speciellt stort tack till professor Carl-Eric Hagentoft som väsentligt höjt kvalitén på studien.

Vidare vill författarna tacka Gunilla Bok vid Göteborgs universitet som genom sin generositet och sitt engagemang möjliggjort den mykologiska analys som författarna själva aldrig kunnat åstadkomma. För hjälp med hypotesprövningen vill författarna tacka Aila Särkkä och Fredrik Lundin på Institutionen för matematiska vetenskaper vid Chalmers tekniska högskola.

Ett särskilt tack också till Erik Hedenryd och Carl Martin som bistått författarna vid utskicket till husägarna.

Sist men inte minst vill författarna tacka Claes-Göran Stadler för stöd och synpunkter under arbetets gång samt Swedisol för finansieringen.

Göteborg, januari 2007

Caroline Ahrnens och Emma Borglund

# Beteckningar

## Beteckningar för teknisk del av rapport

|           |  |
|-----------|--|
| $A$       | area [ $\text{m}^2$ ]                        |
| $G$       | fuktproduktion [ $\text{g/h}$ ]              |
| $RF$      | relativ fuktighet [%]                        |
| $T$       | temperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ]            |
| $Z$       | ånggenomgångsmotstånd [ $\text{s/m}$ ]       |
| $d$       | diameter [ $\text{m}$ ]                      |
| $m_o$     | massa torrt material [ $\text{kg}$ ]         |
| $m_w$     | massa förångningsbart vatten [ $\text{kg}$ ] |
| $u$       | fuktkvot [%]                                 |
| $v$       | ånghalt [ $\text{kg/m}^3$ ]                  |
| $v_s$     | mättnadsånghalt [ $\text{kg/m}^3$ ]          |
| $w$       | fukthalt [ $\text{kg/m}^3$ ]                 |
| $\lambda$ | värmeledningsförmåga [ $\text{W/mK}$ ]       |
| $\rho$    | torrdensitet [ $\text{kg/m}^3$ ]             |

## Beteckningar för analytisk del av rapport

|                 |   |
|-----------------|---|
| $BA$            | bortfallsandel [%]  |
| $N$             | antal [st]  |
| $SA$            | svarsandel [%]  |
| $n_S$           | element som tillhör målpopulationen och deltagit helt eller delvis [st] |
| $n_B$           | element som tillhör målpopulationen och ej deltagit [st]                |
| $n_O$           | element utan information om tillhörande till målpopulationen finns [st] |
| $n_{\emptyset}$ | element som inte tillhör målpopulationen, så kallad övertäckning [st]   |
| $p$             | skattad andel [-]   |
| $z$             | kritiskt värde beroende av vald signifikansnivå och intervalltyp [-]    |

# 1 Inledning

Småhus med ventilerade kallvindar är en byggnadskonstruktion som förekommit under flera hundra år i Sverige. Motivet till konstruktionen var från början att slippa snösmältning med istappsbildning som följd under vinterhalvåret genom att taket hölls kallt. Idag har konstruktionen givits nya förutsättningar med ökad isoleringstjocklek i vindsbjälklaget, uppvärmningssystem utan förbränning och en ökad fuktproduktion i den bebodda ytan. Detta leder till att dagens ventilerade kallvindskonstruktioner alltid kan betraktas som riskkonstruktioner ur fuktsynpunkt menar Ingemar Samuelson, Forsknings- och utvecklingschef vid enheten för Energiteknik, Byggnadsfysik och innemiljö på SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (Samuelson, 2002).

Denna rapport redogör för en kartläggning av kallvindar och deras fuktförhållanden för småhus belägna i Västra Götalands län utförd under hösten 2006. Rapporten belyser dagens situation och analyserar möjliga riskfaktorer för ökad fuktbelastning på kallvindar. Vidare ges bakgrundskunskap inom området för byggnadsfysik med fokus på fukt samt en kort introduktion till mögelsvamp i byggnader.

## 1.1 Bakgrund

I Sverige är huskonstruktioner med ett ventilerat vindsutrymme ovan ett isolerat vindsbjälklag, så kallad kallvind, en vanlig byggnadsteknisk lösning i både gamla och nybyggda hus. Uppskattningsvis har 1,3 miljoner av Sveriges cirka 2 miljoner befintliga småhus en kallvind (Brogren, 2006).

Idag finns statistik från Anticimex som uppger att 50 % av alla kallvindar i Sverige är i riskzonen för att utveckla fuktproblem och att 10 % redan har utvecklade fuktproblem med allvarlig mögelpåväxt. Detta skulle betyda att 650 000 småhus kan eller redan har utvecklat fuktskador på kallvinden. Även Ingemar Samuelson påtalar, det delvis dolda, problemet med fuktskador på kallvindar när han säger: *”Vi kan konstatera att det idag finns ett stort antal skadade vindar och man kan befara ett stort mörkertal”* (Brogren, 2006).

Den pågående debatten kring fuktskadade kallvindar har fått energirådgivare i kommuner runtom i landet att bli alltmer restriktiva i sina rekommendationer att tilläggsisolera vindsbjälklag och i de allra flesta kommuner ges inte längre bidrag för denna typ av åtgärd (Energimyndigheten [1], 2006). Detta trots att tilläggsisolering av vindsbjälklag är en mycket kostnadseffektiv energibesparingsåtgärd för småhus (Hemgren och Wannfors, 2004). Anledningen till försiktigheten är att tilläggsisolering och även andra energieffektiviseringsåtgärder såsom byte av värmekälla leder till ändrade fukt- och värmetekniska förhållanden i huset, vilket i sin tur kan leda till ökad fuktbelastning på kallvindar (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut [1], 2006).

På vilket sätt en ökad fuktbelastning påverkar byggnader och deras boende är ett omdiskuterat ämne. Belagt är att fuktskador kan orsaka kemisk eller biologisk nedbrytning av material och att det finns undersökningar som visar på ohälsa hos de boende i fuktskadade hus (Ekstrand-Tobin, 2003). Boverket har utifrån detta

formulerat byggregler om fukt som utgår ifrån försiktighetsprincipen; ”Byggnader skall utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som **kan** påverka människors hälsa” (Boverket, 2006).

## 1.2 Syfte och målsättningar

Huvudsyftet med studien och dess målsättning är att kartlägga kallvindar och deras fuktförhållanden i friliggande småhus belägna i Västra Götalands län genom att studera ett slumpmässigt urval av beståndet. Vidare syftar studien till att pröva uppställda hypoteser kring faktorer som antas öka risken för höga fuktbelastningar på kallvindar.

I en förlängning av måluppfyllelsen hoppas författarna att rapporten ska ge en ökad kunskap och förståelse för fuktrelaterade problem på kallvindar i småhus hos berörda intressenter. Bland dem återfinns småhustillverkare, fastighetsägare, energirådgivare, småhusprojektörer och -entreprenörer, skadeutredare och försäkringsbolag. För att vidare sätta projektet i ett sammanhang hoppas författarna att arbetet ska understödja utvecklingen av sunda hus samt ett bra underhåll av befintliga småhus.

## 1.3 Fokus och avgränsningar

Kartläggningen av kallvindar och deras fuktförhållanden beskriver aktuell situation av byggnaden och dess användning. Studien fokuserar på kallvindars fuktförhållande varför analysen av resultat från fuktkvotsmätning och mykologisk analys är central. För att stödja analysen av materialproverna beskrivs kallvindars fukt- och värmetransporter och de faktorer som påverkar dem. Studien utreder inte hur mycket respektive faktor påverkar vindens fuktförhållande. Ingen analys av kallvindarnas ventilation har utförts utan alla vindarna anses uteluftsventilerade vilket medför att klimatet mer eller mindre följer utomhusklimatet.

För att få jämförbara byggnader utgår studien ifrån taxeringsvärdeklass Typkod 220 (småhusenhet, helårsbostad för 1-2 familjer) och för att ytterligare precisera byggnaden studeras endast friliggande småhus. Eftersom uppgifterna i fastighetsregistret inte inrymmer byggnader med ett taxeringsvärde under 50 000 kronor finns inte heller de representerade i studien (Larsson, 2006).

Tidigare studier utförda i USA av TenWolde och Rose (1999) visar att klimatet är avgörande för hur ventilationen av kallvinden inverkar på vindens fuktförhållande och vidare hur ventilationsluften i fuktiga och kalla kustklimat ger ett ökat fuktillskott. För att få jämförbara klimatmässiga förhållanden och samtidigt studera byggnader där klimatet kan öka kallvindars fuktbelastning avgränsar sig studien geografiskt till Västra Götalands län.

Till sist har husägare vilka haft problem med vattenläckage på kallvinden och de som med professionell hjälp åtgärdat fuktproblem på kallvinden uteslutits ur studien.

## 1.4 Tillvägagångssätt

Kartläggningen är utförd bland 200 stycken framslumpade fastighetsägare till friliggande småhus i Västra Götalands län under oktober och november månad år 2006. Kartläggningen innehöll tre moment som skulle utföras av samtliga husägare. Momenten var en enkät med frågor om aktuellt hus, en fuktkvotmätning av material från takstolen samt en mykologisk analys av material från yttertakets inneryta. Fastighetsägarna slumpades fram av Lantmäteriverket ur fastighetsregistret. Husägarna erhöll enkät och material till provtagning via post som sedan skickades tillbaka till Chalmers tekniska högskola för analys i bifogat returkuvert.

Utifrån litteraturstudier formulerades hypoteser för att pröva identifierade riskfaktorer som troddes orsaka hög fuktbelastning på kallvindar. Kartläggningens resultat prövades sedan mot studiens uppställda hypoteser genom sambandsstudier mellan variabler.

Under förstudierna genomfördes samtal med yrkesverksamma inom fukt- och mykologiområdet. Samtalen var inga regelrätta intervjuer, dock hjälpte samtalen författarna att få en bild av dagens situation samt utforma en ändamålsenlig enkät. Tillfrågade yrkesverksamma; Alf Andersen på Alfasensor AB (2006), Ingemar Samuelson på SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (2006) och Johan Mattsson på Mycoteam AS (2006). Vidare har samtal förts kontinuerligt med anställda i forskargruppen för Byggnadsfysik, Avdelningen för byggnadsteknologi på Chalmers tekniska högskola.

## 1.5 Läsanvisningar

Rapporten inleds med två teorikapitel om fukt (2) respektive mögelsvamp (3) vilka är tänkta att fungera som en kunskapsbas för läsare utan tidigare kunskap inom områdena. Kapitel 4 ger en byggnadsfysikalisk beskrivning av kallvindar som ska ge förståelse för hur en kallvind påverkas av sin omgivning och uppbyggnad. Kapitel 5 ger en redovisning av fuktkällor och fuktsäkring samt konsekvenser vid höga fuktbelastningar på kallvindar. Vidare redogörs i kapitel 5 för de faktorer som påverkar fuktbelastningens storlek och som ligger till grund för studiens uppställda hypoteser vilka finns att läsa i kapitel 6. Kapitel 7 presenterar studiens kartläggning, av kallvindar och deras fuktförhållanden, med metod, felkällor, resultat och analys. I kapitel 8 återfinns hypotesprövningen och till sist studiens slutsatser och rekommendationer i kapitel 9. Författarnas reflektioner samt förslag på fortsatta studier finns i kapitel 10 och 11.

## 2 Fukt – en teoribakgrund

I detta kapitel kommer en teoribakgrund om fukt att ges. Kapitlet redogör för förekomst av fukt i luft och material samt dess transportmekanismer. Kapitlet bygger på litteraturstudier av Petersson (2004), Hagentoft (2001), Burström (2001) samt Nevander och Elmarsson (1994).

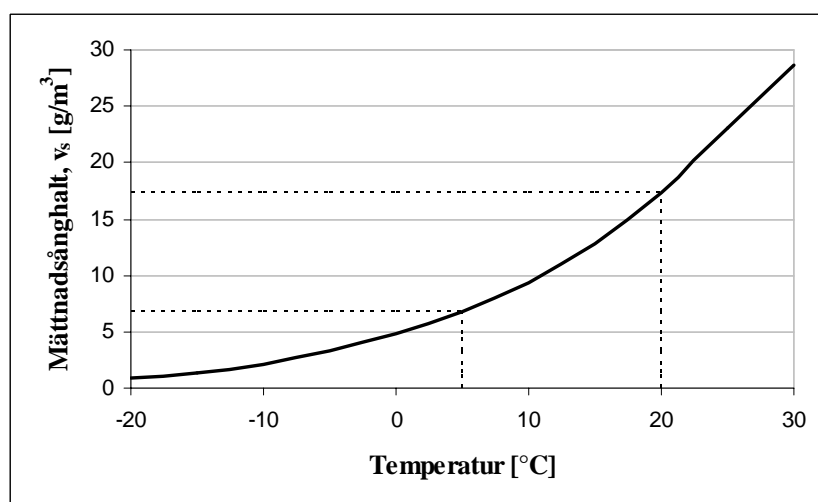
### 2.1 Fukt i luft

Luft har alltid ett visst fukttinnehåll i form av vattenånga som bland annat beror av luftens temperatur, ju varmare luft desto mer fukt kan luften innehålla. Ett mått på hur mycket vattenånga luften innehåller jämfört med dess mättnadsvärde är relativ fuktighet,  $RF$ . Värdet bestäms av kvoten mellan luftens aktuella ånghalt  $v$  och dess mättnadsånghalt  $v_s$  vid aktuell temperatur, se ekvation (2.1).

$$RF = \frac{v}{v_s} \cdot 100 \quad (2.1)$$

|       |  |
|-------|--|
| $RF$  | relativ fuktighet [%]                      |
| $v$   | ånghalt [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]         |
| $v_s$ | mättnadsånghalt [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] |

En relativ fuktighet på 100 % medför att luften är mättad med vattenånga, det vill säga att luften innehåller maximal mängd vattenånga vid rådande temperatur. Sambandet mellan temperatur och maximal mängd vatten per volym luft visas i Figur 2.1.

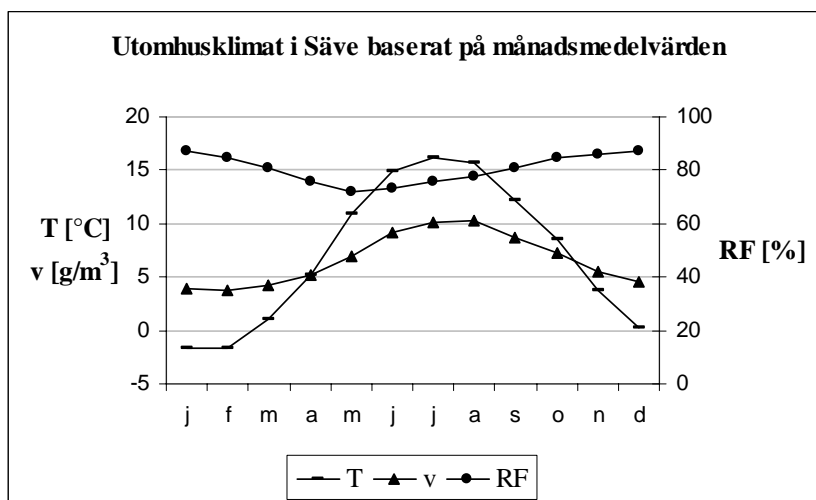


Figur 2.1 Diagrammet visar sambandet mellan luftens aktuella temperatur och maximala ånghalt, här med streckade linjer. Egen bearbetning (Petersson, 2004).



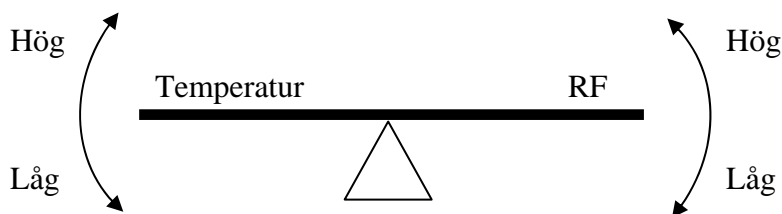
Om varm och fuktig luft kyls av i kontakt med en kall yta uppstår kondensation vilket ger en fuktutfällning på den kalla ytan. Detta eftersom kall luft inte kan hålla lika mycket vattenånga som varm. På ett fysikalisk sätt beskrivs detta som att temperaturen sänks till under dagtemperaturen, den temperatur där ånghalten är lika med mättnadsånghalten, vilket medför att vattenånga kondenserar till vatten.

Utomhusluftens temperatur, ånghalt och relativa fuktighet varierar med årstiderna, se Figur 2.2. Figuren visar att under sommarhalvåret är utomhusluftens relativa fuktighet som lägst jämfört med vintern då luftens relativa fuktighet är mycket hög. Enligt tidigare resonemang betyder inte detta att luftens ånghalt är lägst sommartid utan tvärtom högst eftersom den varmare luften kan hålla mer fukt, se Figur 2.2.



Figur 2.2 Diagrammet visar utomhusluftens variation av temperatur, ånghalt och relativ fuktighet över året i Säve, Göteborgsregionen. Egen bearbetning (Nevander och Elmarsson, 1994).

Till sist visas sambandet mellan temperatur och relativ fuktighet för en viss volym luft i Figur 2.3. När temperaturen sjunker ökar den relativa fuktigheten och tvärtom, förutsatt att ånghalten hålls konstant. Detta förklarar varför inomhusluften vintertid har en låg relativ fuktighet trots att utomhusluften har en hög relativ fuktighet.



Figur 2.3 Gungbrädan visar sambandet mellan temperatur och relativ fuktighet förutsatt att ånghalten hålls konstant. Egen bearbetning (Mattsson, 2004).

## 2.2 Fukt i material

I material finns dels fysikaliskt bundet vatten och dels kemiskt bundet vatten. Det fysikaliskt bundna vattnet är det till materialet absorberad fukt samt fritt vatten i materialets porer som kan avges i form av vattenånga vid uttorkning. Det kemiskt bundna vattnet är del av materialets struktur och därför icke-förångningsbart, det vill säga att det avges först vid förbränning. Avgång av det kemiskt bundna vattnet innebär att materialets kemiska struktur bryts och att materialet förstörs.

Material som förvaras i ett visst klimat med en konstant temperatur och ånghalt strävar efter fuktjämvikt med omgivande lufts relativa fuktighet. Är omgivande klimat fuktigare vill materialet fuktas upp (absorption) och är klimatet torrare nås fuktjämvikt genom att materialet torkas ut (desorption). Det är enbart andelen fysikaliskt bundet vatten som varierar med klimatet som materialet befinner sig i.

Ett materials förmåga att styra in- och utflödet av vattenånga vid varierande relativ fuktighet i luften benämns fuktbuffering och har studerats av bland andra Svennberg (2006). Trä är ett material med god fuktbufferingskapacitet varför det kan minska effekten av tillfälligt höga fuktbelastningar genom att lagra fukten i materialet och sedan avge den igen när omgivande lufts fuktinnehåll minskat. Ett material helt utan fuktbufferingskapacitet är till exempel stål varför det är känsligt även för kortvarigt höga fuktbelastningar som kan leda till kondens.

Mängden fysikaliskt bundet vatten eller förångningsbart vatten kan anges i fukthalt  $w$  som beskriver materialets aktuella fuktinnehåll som massa vatten per volym material. Ett annat begrepp för att beskriva ett materials fuktinnehåll är fuktkvot  $u$  och begreppet används ofta då trämaterial studeras. Fuktkvoten är förhållandet mellan massan förångningsbart vatten och massan torrt material, se ekvation (2.2).

$$u = \frac{m_w}{m_o} \cdot 100 \quad (2.2)$$

|       |                                   |
|-------|-----------------------------------|
| $u$   | fuktkvot [%]                      |
| $m_w$ | massa förångningsbart vatten [kg] |
| $m_o$ | massa torrt material [kg]         |

Sambandet mellan fuktkvot och fukthalt visas i ekvation (2.3).

$$w = \rho \cdot u \quad (2.3)$$

|        |                                   |
|--------|-----------------------------------|
| $w$    | fukthalt [kg/m <sup>3</sup> ]     |
| $\rho$ | torrdensitet [kg/m <sup>3</sup> ] |
| $u$    | fuktkvot [-]                      |

## 2.3 Fukttransport

Fukttransport i material sker på grund av potentialskillnad i exempelvis ånghalt, lufttryck eller fuktkvot på grund av en strävan mot jämvikt. Denna transport sker i byggnader framförallt genom tre mekanismer:

- Diffusion
- Konvektion
- Kapillärsugning

Diffusion drivs av ånghaltsskillnader där fukten transporteras från hög till låg ånghalt tills jämvikt uppnås. Ånghalten är normalt högre i inomhusluften än i utomhusluften eftersom temperaturen vanligtvis är högre inomhus och det sker en fuktproduktion i den bebodda ytan. Att ånghalten normalt är högre inomhus medför transport av vattenånga genom diffusion ut igenom byggnadens klimatavskiljande delar.

Potentialen för konvektion är lufttryckskillnader i byggnaden. Vattenånga transporteras med luftrörelser från utrymmen med högt lufttryck mot utrymmen med lägre lufttryck. Drivkraften för en lufttryckskillnad kan bero av temperaturdifferenser, vindtryck och tryck skapat av mekanisk ventilation.

Kapillärsugning drivs av potentialskillnader i fuktkvot, där fukt i vätskefas transporteras från högre till lägre fuktkvot. Kapillärsugning uppstår i porösa material med ett sammanhängande kapillärsugande porsystem då tillgång till fritt vatten finns. Kapillärsugning är en mycket snabb process och därför kan inverkan av diffusion och konvektion försummas när denna transport är aktuell i ett material.

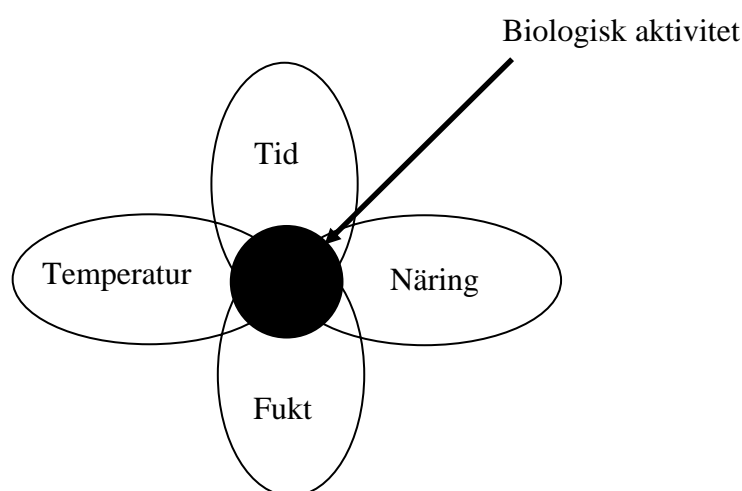
### 3 Mögelsvamp – en teoribakgrund

I detta kapitel kommer en teoribakgrund om mögelsvampar att ges. Kapitlet redogör för förekomst av mögelsvampar och deras förutsättningar för tillväxt eftersom mögelsvampar oftast dominerar skadebilden vid höga fuktbelastningar. Vidare fastställs studiens uppsatta gränsvärden för möjlig förekomst av mögelsvamp. Kapitlet bygger på litteraturstudier av huvudsakligen Johansson med flera (2005), Mattsson (2004) samt Burström (2001).

Eftersom studien behandlar kallvindar i småhus där den bärande takkonstruktionen och yttertakets inneryta normalt består av trä och träbaserade material kommer detta kapitel att fokusera på dessa material.

#### 3.1 Förutsättningar för tillväxt

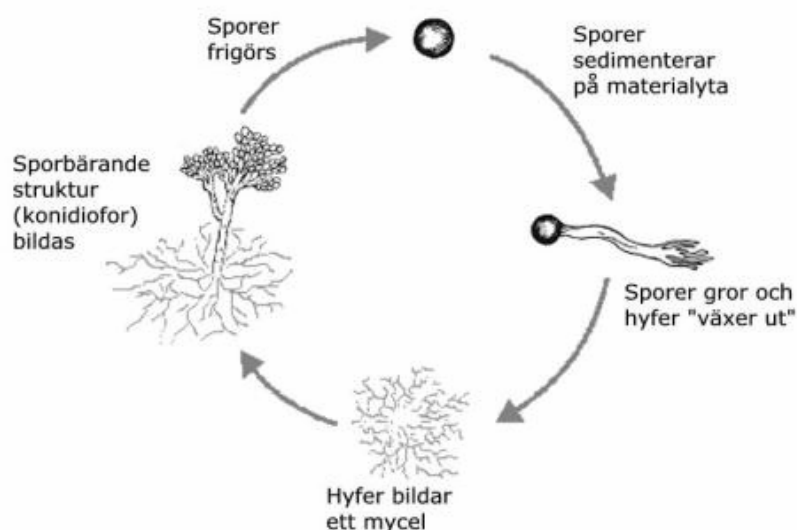
Mögelsvampar är en stor heterogen grupp av saprofyter, det vill säga att de lever av dött organiskt material. Svamparna växer ytligt och kan inte bryta ner träets vedfibrer vilket medför att de inte påverkar träets hållfasthet. Däremot kan mögelsvampangrepp underlätta för ett rötsvampangrepp som i sin tur kan minska hållfastheten. Mögelsvamparna sprids med sporer som de producerar i riklig mängd. Sporena sedimenterar på öppna ytor men enbart en förekomst av sporer medför inte att ett material är skadat. För att en mögelsvamp ska kunna etablera sig krävs tillgång till näring, vatten och en god tillväxttemperatur under tillräckligt lång tid, se Figur 3.1.



Figur 3.1 Förutsättningar för tillväxt av mögelsvamp som alla måste vara uppfyllda samtidigt. Egen bearbetning (Mattsson, 2004).

Mögelsvampar som återfinns i byggnader kräver tillgång på syre vilket förutsätts tillgängligt och därför inte diskuteras vidare. Tillgången på mögelsvampsporer i luften påverkar möjligheten för etablering, ju fler sporer desto större chans för tillväxt och rikligare utbredning. Generellt krävs en högre fuktighet vid etablering än vid fortsatt tillväxt eftersom svampsporer deponeras på materialytan av luftströmmar och

således kräver god tillgång till vatten på ytan för att gro. Om förutsättningar för etablering och tillväxt råder groer mögelsvampens sporer och hyfer växer ut. Hyferna bildar ett nätverk, så kallat mycel, som i sin tur kan utvecklas vidare till en sporbärande struktur, så kallad konidiofor. Nya sporer produceras, frigörs och sprids vidare med luften för att sedimentera på nya materialytor. Mögelsvamparnas livscykel åskådliggörs i Figur 3.2.



Figur 3.2 Bilden visar mögelsvampars livscykel, från spor till produktion av nya sporer (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut [2], 2006).

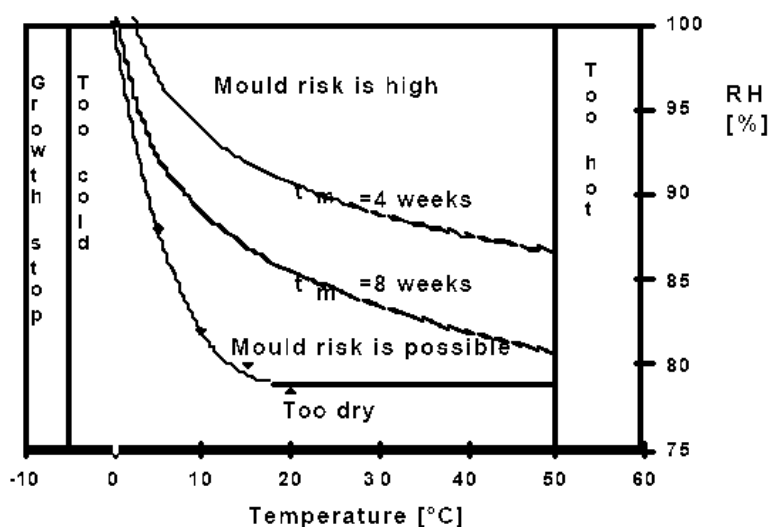
Som nämndes tidigare krävs tillgång på näring, vatten och en gynnsam temperatur under tillräckligt lång tid för att en etablering och en tillväxt av mögelsvampar ska ske. Mögelsvamparnas näring består av lättlösliga sockerarter ifrån cellulosa. Utöver detta kräver mögelsvamparna tillgång till kväve och mineraler vilket sällan är en begränsningsfaktor för tillväxt. Trä och träbaserade material kan lätt angripas av mögelsvampar i inomhusmiljö. Givetvis kan även andra cellulosabaserade material på kallvindar angripas av mögelpåväxt, exempel på detta är organiska isoleringsmaterial och kartonger för förvaring av föremål eller kläder, detta kommer dock inte att diskuteras vidare här. För att oorganiska material exempelvis mineralull ska angripas krävs att materialet är nedsmutsat och på så vis kan erbjuda den näring som mögelsvamparna kräver för sin tillväxt. Experimentella studier visar att en god tillgång på näring kan leda till att material angrips vid lägre fuktnivåer än normalt.

Vatten krävs alltid i någon omfattning, dock har olika mögelsvampar olika krav på fuktighet för tillväxt. Studier visar att risken för mögelsvampangrepp vid rumstemperatur är obefintlig om den relativa fuktigheten underskrider 75 % men risken ökar med ökande relativ fuktighet. Om den relativa fuktigheten ligger över 95 % är risken för angrepp mycket hög. Det finns också studier som pekar på att hur ett nedfuktat material torkar påverkar materialets känslighet för angrepp av mögelsvampar. Det har visats att en snabb uttorkning påverkar svampsporeerna negativt och deras livskraft minskar medan en långsam uttorkning kan leda till att svamparna vänjer sig vid lägre fukthalter och således sedan kan växa vid sämre betingelser. Vidare påverkar ett materials nedsmutsning dess motståndskraft mot

mögelsvampangrepp på så sätt att ett nedsmutsat material kan angripas vid en lägre fuktnivå än ett rent material.

Temperaturen spelar även den en avgörande roll för aktiviteten hos mögelsvamparna. De flesta arter kräver några plusgrader för att starta sin tillväxt, optimal tillväxt för en mesofil svamp sker vanligtvis vid 25-30°C och vid 40-50°C dör de flesta svamparna.

Tidsfaktorn för tillväxt beror helt av hur gynnsamma de övriga förhållandena är samt vilken art av mögelsvampar som avses. Vid optimala förhållanden kan en livscykel, från svampspor till ny svampsporsproduktion, ske under ett dygn för vissa arter. Normalt krävs dock flera veckors fuktbelastning innan fuktproblem uppträder i form av mögelsvampangrepp. Hur tiden för etablering påverkas av temperaturen och den relativa fuktigheten visas i Figur 3.3.



Figur 3.3 Diagrammet visar relationen mellan temperatur, relativ fuktighet och tid för tillväxt av mögelsvamp på trä och träbaserade material (Hukka och Viitanen, 1999).

Till sist kan konstateras att ett material där en etablering och en tillväxt av mögelsvamp har startat, i framtiden kommer att vara mer känsligt för angrepp, det vill säga att tillväxten sker snabbare än om materialet inte tidigare varit angripet. Detta är ett problem i Sveriges kallvindar där dygns- och årsvariationer i temperatur och relativ fuktighet leder till återkommande gynnsamma klimatförhållanden för tillväxt av mögelsvampar under framförallt vår och höst vilket diskuteras vidare i avsnitt 5.2.1.

## 3.2 Gränsvärden för tillväxt

Idag finns inga gränsvärden för människors exponering av mögelsvamp eftersom forskningen ännu inte lyckats fastställa sambandet mellan dos och respons. Människor tycks reagera högst individuellt varför försiktighetsprincipen är det som präglar förordningar och regler om byggande.

### **Förordning (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m.** (Svensk Författningssamling, 2005)

- 5 § *Byggnadsverk skall vara projekterade och utförda på ett sådant sätt att de inte medför risk för brukarnas eller grannarnas hygien eller hälsa, särskilt inte som följd av*
- ...
6. *förekomst av fukt i delar av byggnadsverket eller på ytor inom byggnadsverket.*

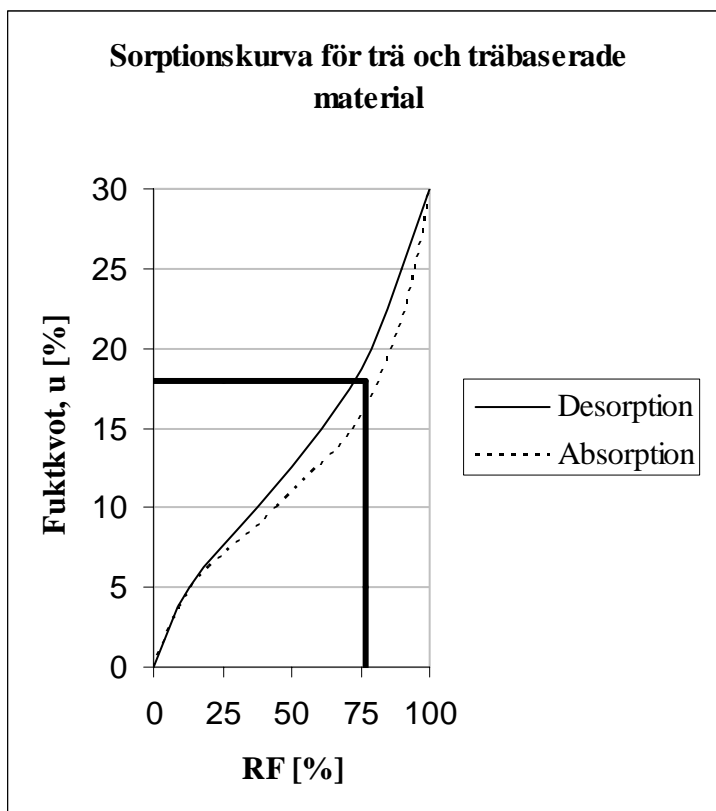
### **Boverkets byggregler avsnitt 6:51** (Boverket, 2006)

- 6:51 *Byggnader skall utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa.*

Eftersom ovanstående regelsamlingar, enligt författarnas tolkning, säger att ingen förekomst av mögelsvamp är tillåten måste all projektering, produktion och förvaltning av småhus inrikta sig på att förhindra all tillväxt av mögelsvampar.

Boverket gav år 2005 SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut uppdraget att sammanställa befintlig kunskap om kritiska fuktillstånd för byggnadsmaterial med avseende på tillväxt av mikroorganismer, vilket resulterade i rapporten *"Kritiska fuktillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial – kunskapssammanfattning"*. Rapporten fastställer 75 % RF som ett kritiskt gränsvärde för mögelsvampstillväxt på trä och träbaserade material. Rapporten fick till följd att kapitel 6:52 "Högsta tillåtna fuktillstånd" i Boverkets byggregler numera lyder: *"...om det kritiska fuktillståndet för ett material inte är väl under och dokumenterat skall en relativ fuktighet på 75 % användas som kritiskt fuktillstånd"* (Boverket, 2006).

Gränsvärden för tillväxt av mögelsvamp kan för trä och träbaserade material också anges i fuktkvot. I ett material som står i jämvikt med sin omgivning är fukttätheten direkt kopplat till omgivande luftens relativa fuktighet, se avsnitt 2.2. Sambandet åskådliggörs i materialspecifika sorptionskurvor där relationen mellan materialets fukthalt och luftens relativa fuktighet visas. För trä och träbaserade material finns en generaliserad sorptionskurva för alla trämaterial där relationen mellan materialets fuktkvot och luftens relativa fuktighet visas. I AMA 2003 anges att trä och träbaserade material för inbyggnad bör underskrida 0,18 kg/kg i fuktkvot vilket motsvara en relativ fuktighet på drygt 75 %, se Figur 3.4. Används enbart AMA:s riktlinjer från 2003 innebär detta idag ett knappt överskridande av Boverkets uppdaterade byggregler från 2006.



Figur 3.4 Diagrammet visar en generell sorptionskurva för trämaterial där relationen mellan materialets fuktkvot och luftens relativa fuktighet kan utläsas. Egen bearbetning (Petersson, 2004).

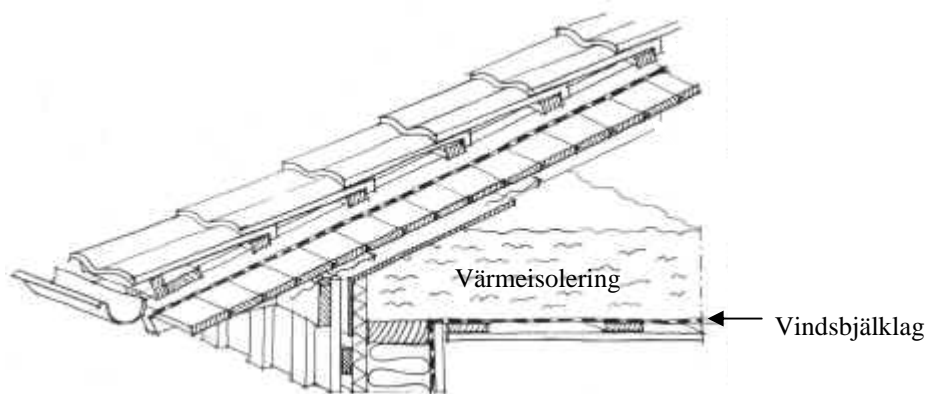
Författarna kommer i resterande del av rapporten att använda ett gränsvärde på 75 % RF för tillväxt av mögelsvamp på trä och träbaserade material. Författarna tolkar också detta som ett överskridande av Förordning (1994:1215) i Svensk Författningssamling och Boverkets byggregler (6:51) och således ett fuktproblem.



## 4 Kallvindar i småhus

I detta kapitel kommer kallvindar och deras konstruktion att presenteras. Vidare beskrivs kallvindars fukt- och värmetransporter och vilka faktorer, i och utanför kallvinden, som påverkar transporterna. Kapitlet bygger på litteraturstudier av huvudsakligen Petersson (2004), Hemgren och Wannfors (2004), Hagentoft (2001) samt Nevander och Elmarsson (1994).

Ventilerade kalltakskonstruktioner med kallvindar är en gammal och även idag vanlig metod att bygga småhus med. Historiskt har huvudsyftet med kalla tak varit att hindra snösmältning och därmed minimera risken för istappsbildning. Ett kallt tak åstadkoms genom ett välisolerat vindsbjälklag, en uteluftsventilerad kallvind och förutsätter att vinden inte har någon värmekälla, se Figur 4.1 (TenWolde och Rose, 2002).



Figur 4.1 Uppbyggnad av en kallvind (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut [3], 2006).

Idag är huvudsyftet till att bygga småhus med kallvindar konstruktionens möjlighet till välisolerade bjälklag, vilket väsentligt kan minska ett hus energiförbrukning.

Ventilerade kallvindars klimat är tänkt att variera med utomhusklimatet och ingen eller liten värmetransport från den bebodda ytan till vinden ska ske. Ventilationen av vindsutrymmet är till för att säkerställa att eventuell överskottsfukt ska kunna föras bort och för mindre isolerade vindsbjälklag är den också till för att sänka vindens temperatur.

För att skapa ett klimat på kallvindar mer eller mindre skilt från klimatet i den bebodda ytan och från det utomhus krävs klimatavskiljande delar som bibehåller önskat klimat i det omslutna utrymmet. Den klimatrelaterade påverkan som de klimatavskiljande delarna ska stå emot är fukt, temperatur, strålning och lufttrycksdifferenser.

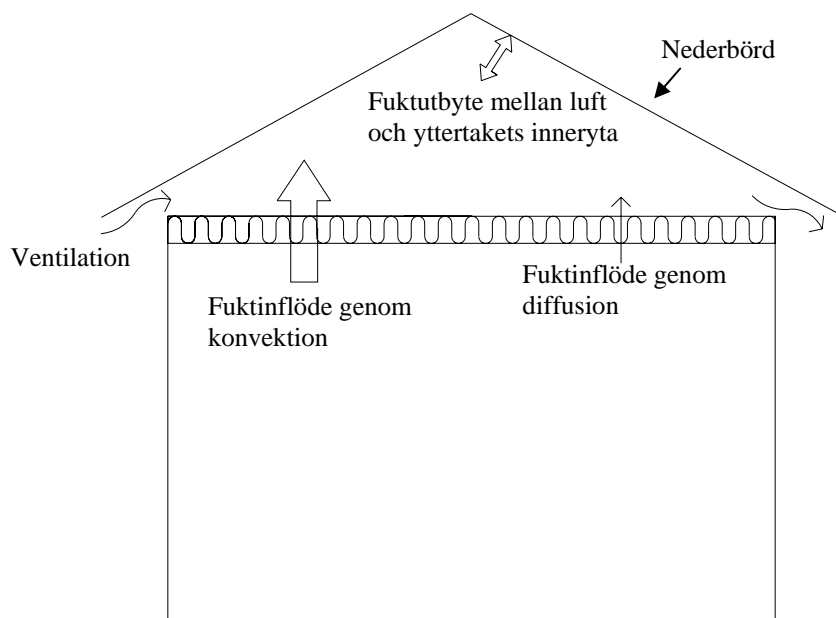
Om och hur ovannämnda faktorer påverkar det omslutna utrymmet och i vilken omfattning bestäms av skillnaden emellan klimaten samt de klimatavskiljande delarnas materialuppbyggnad och täthet (Anderlind med flera, 1984). För kallvindar är det tak och vindsbjälklag som utgör de klimatavskiljande delarna. Taket ska stå

emot nederbörd, lufttemperaturer, solstrålning samt vindtryck och vindsbjälklaget ska stå emot varm och fuktig inomhusluft samt lufttryck skapat av temperaturskillnader och/eller av eventuell mekaniskt styrd ventilation i den bebodda ytan.

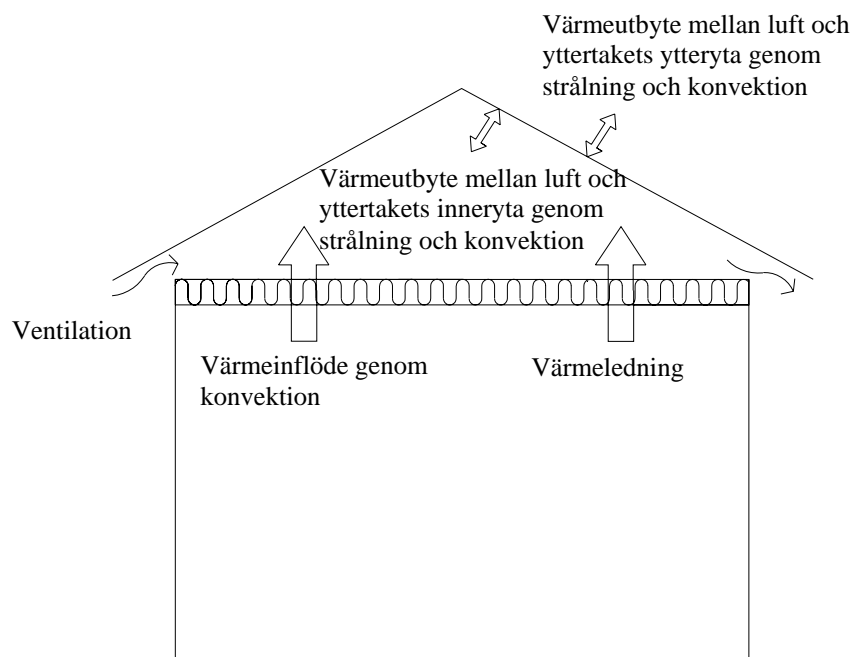
Kallvindars klimat bestäms i slutändan av de fukt- och värmetransporter som sker till och från utrymmet över de klimatavskiljande delarna samt genom vindens ventilationsöppningar.

## 4.1 Kallvindars fukt- och värmetransporter

Kallvindars fukt- och värmetransporter åskådliggörs i Figur 4.2 och 4.3. Uppdelningen av fukt- och värmetransporter kan vara missvisande eftersom de är tätt sammankopplade och svåra att skilja åt.



Figur 4.2 Möjliga fukttransporter till och från kallvindar. Egen bearbetning (Nevander och Elmarsson, 1994).



Figur 4.3 Möjliga värmetransporter till och från kallvindar. Egen bearbetning (Nevander och Elmarsson, 1994).

Kallvindars fukt- och värmetransporter påverkas av klimatet i den bebodda ytan. Genom konvektion av varm och fuktig inomhusluft över otätheter i vindsbjälklaget transporteras både fukt och värme till kallvinden. Endast en försumbar del av fukten transporteras över vindsbjälklaget genom diffusion beroende på att denna transport sker med ett mindre flöde än vid konvektion. Vidare värmetransport över bjälklaget sker genom ledning vars storlek beror av vindsbjälklagets isoleringstjocklek och värmeledningsförmåga. Kallvindars fukt- och värmetransporter påverkas ytterligare av utomhusklimatet. Genom värmeutbyte mellan yttertaketets ytteryta och utomhusluften på grund av konvektion och strålning bestäms takets yttemperatur utvändigt och i sin förlängning invändigt genom värmeledning. På kallvinden sker sedan ett utbyte av fukt och värme mellan vindens luftvolym och dess invändiga ytor på grund av temperaturskillnader. Till sist påverkas kallvindens fukt- och värmetransporter av ventilationsluften. Ventilationen sker genom ventiler och ventilationsspalter vid takfoten och/eller taknocken och kan både tillföra och bortföra fukt samt värme från kallvinden beroende på utomhusluftens ånghalt och temperatur i relation till luftens ånghalt och temperatur på kallvinden.

Olika småhus har olika förutsättningar för fukt- och värmetransporter till och från kallvinden. Drivkraften och transportriktningarna beror av skillnader i ånghalt, temperatur, strålning och lufttryck över de klimatavskiljande delarna. De i sin tur bestäms av byggnadens geografiska lokalisering, byggnadens ventilation- och uppvärmningssystem samt fuktproduktionen i den bebodda ytan. Det är sedan som sagt de klimatavskiljande delarnas materialuppbyggnad och täthet som bestämmer storleken på transporten.

## **4.2 Faktorer som påverkar kallvindars klimat**

Med klimat avses i detta kapitel kallvindars temperatur- och fuktförhållanden.

### **4.2.1 Byggnadens lokalisering**

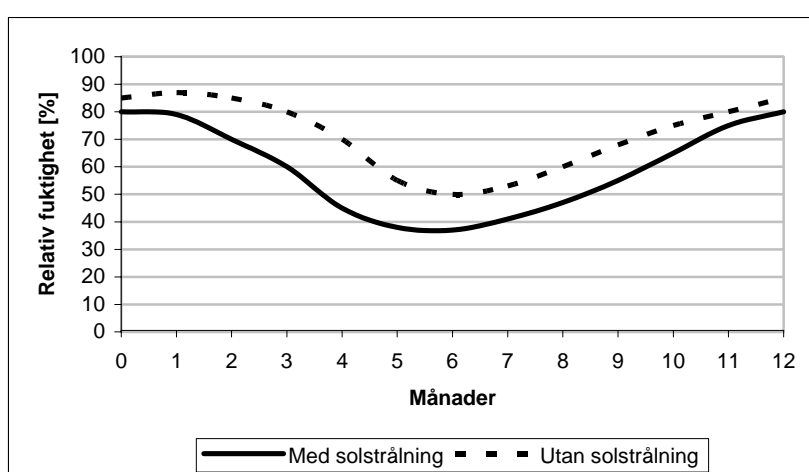
Byggnadens lokalisering, inte bara i vilket klimat utan även i vilket väderstreck och i vilken omfattning byggnaden skuggas, påverkar kallvindars fukt- och värmetransporter.

Klimatets inverkan på kallvindar påverkas av årstids- och dygnsvariationer av temperatur, solstrålning och nederbörd. Hur mycket utomhusklimatet påverkar beror, som tidigare diskuterats, på potentialskillnaderna över de klimatavskiljande delarna och dess materialuppbyggnad och täthet. Den för kallvinden viktigaste faktorn av hur mycket utomhusklimatet påverkar kallvinden är omfattningen av vindens ventilation eftersom yttertaket kan anses vara tätt. Kallvindar är i regel ventilerade vilket leder till att klimatet på kallvinden mer eller mindre följer utomhusklimatet, förutsatt att vindsbjälklaget är välisolerat och lufttät samt att vinden saknar värmekällor (TenWolde och Rose, 2002).

Ett fuktigt och relativt kallt klimat med mycket nederbörd, som finns på Sveriges västkust, ökar kallvindars fuktbelastning genom ett högre fuktinnehåll i ventilationsluften och en ökad risk för läckage genom ventilationsöppningar och yttertak vid slagregn och yrsnö. Vintertid kan ventilering av kallvindar snarare ge ett

fuktigare klimat på vinden än ett torrare som är dess egentliga avsikt, detta diskuteras vidare i avsnitt 5.1 (TenWolde och Rose, 2002). Ett torrt och kallt klimat som finns i norra Sverige ger en mindre fuktbelastning på kallvindar genom framförallt det låga fukttinnehållet i den kalla ventilationsluften. Vidare ger ett snöbeklätt tak en extra värmeisolering till kallvinden.

Solstrålning på byggnaden har betydelse för kallvindars fukt- och värmetransporter med ökade temperaturer och förändrade fukt- och värmeflöden som följd. Takytor som vetter mot söder är särskilt exponerade. Solstrålningen kan vara gynnsam då det torkar ut ett material men värmen från strålning kan även medföra ångtransport in i materialet. För kallvindar medför solstrålning i huvudsak att den relativa fuktigheten på kallvinden sänks på grund av värmeledning genom takkonstruktionen, se Figur 4.4.



Figur 4.4 Diagrammet visar inverkan av solstrålning för kallvindars relativa fuktighet över året. Egen bearbetning (Engman och Samuelson, 2006).

Under kalla klara nätter uppstår nattutstrålning på taket. Kort kan nattutstrålning förklaras att ytor som vetter mot himlen kyls ner av ett långvågigt strålningsutbyte med himlavalvet. Detta fenomen uppstår framförallt på horisontella ytor som vetter mot norr. Att horisontella ytor, exempelvis tak, är mer utsatt för denna motstrålning från himlavalvet beror på att taket "ser" mer av himlavalvet, jämfört med vertikala ytor. Strålningsutbytet mellan himlavalvet och byggnadens tak medför en betydligt lägre temperatur på takets ytteryta och i sin förlängning inneryta på grund av en värmeledning ut genom takkonstruktion. En nedkylning av yttertaket inneryta leder till risk för kondens på kallvinden. Med hänsyn tagen till det långvågiga strålningsutbytet (nattutstrålning) kan temperaturen approximeras till 10°C lägre än utomhustemperaturen för horisontella ytor och 5°C lägre än utomhustemperaturen för vertikala ytor. Denna temperatur betecknas ekvivalent utetemperatur och är en fiktiv temperatur som beräknas genom en sammanvägning av inverkan från luftens temperatur, solstrålning och långvågigt strålningsutbyte.

Byggnadens grad av skuggning från exempelvis omkringliggande hus eller träd minskar både effekten av solstrålning och nattutstrålning. Således minskar potentialskillnaden och med det drivkraften för värmetransporter genom yttertaket och därför minskar också temperaturvariationerna på kallvinden.

## 4.2.2 Byggnadens ventilationssystem

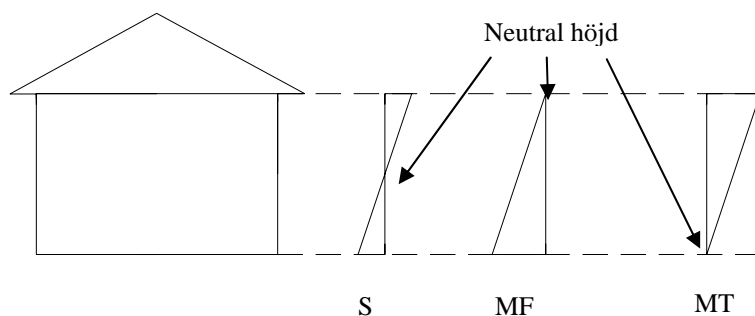
Byggnadens ventilationssystem påverkar kallvindars fukt- och värmetransporter genom den tryckbild som ventilationen ger upphov till. Byggnadens tryckbild beskrivs ofta genom att bestämma den nivå där lufttrycket är lika stort inne som ute, byggnadens så kallade neutrala höjd eller nollnivå.

Ventilationens uppgift i småhus är att tillföra frisk luft samt bortföra eventuella föroreningar och därmed ge byggnaden en god luftkvalitet. Ventilering av småhus kan generellt ske på två olika sätt beroende på hur ventilationen styrs. Styrningen kan vara antingen icke-mekanisk med hjälp av termiska drivkrafter eller mekanisk med hjälp av fläktar. Man skiljer därmed på:

- Självdragsventilation
- Mekaniskt styrd ventilation

Självdragsventilation är den äldsta och vanligaste metoden för att ventilera småhus i Sverige. Metoden är beroende av termiska drivkrafter och fungerar därför bäst vintertid då skillnaden mellan inomhus- och utomhustemperatur är som störst. Ett uppvärmningssystem med förbränning förstärker också de termiska drivkrafterna och ger så en större luftomsättning. Den varma luften stiger och skapar ett övertryck i de övre delarna av byggnaden vilket i sin tur skapar ett undertryck i de nedre delarna av byggnaden. Luft sugas på så sätt in genom ventiler och klimatskalets otätheter i byggnadens nedre delar och på samma vis ut genom ventiler och klimatskalets otätheter i byggnadens övre delar. Normalt gäller för ett tvåplanshus med självdragsventilation att byggnadens nollnivå ligger någonstans på det övre planet beroende på var otätheterna i klimatskalet är placerade i höjddled, se Figur 4.5. Större otätheter upptill i klimatskalet medför att neutrala höjden höjs och tvärtom (Anderlind med flera, 1984).

Mekaniskt styrd ventilation började installeras i småhus under 1970-talet för att säkerställa en effektivare ventilering oavsett väderförhållande (Nationalencyklopedin, 2006). Den mekaniskt styrda ventilationen kan delas upp i från- eller tilluftssystem eller kombinerade från- och tilluftssystem (Abel, 2003). I ett hus med mekanisk ventilation är det förhållandet mellan mängden till- och frånluft som avgör husets tryckbild. Enbart frånluftventilation skapar normalt ett undertryck i hela den bebodda ytan vilket leder till att byggnadens neutrala höjd ligger ovanför vindsbjälklaget, se Figur 4.5. Ett undertryck medför att luft med högre tryck tar sig in genom otätheter och ventiler till den bebodda ytan. Om byggnaden däremot förses med tilluftventilation skapas ett övertryck i den bebodda ytan vilket leder till att neutrala höjden ligger under huset och luft tar sig ut genom otätheter i klimatskalet, se Figur 4.5.



Figur 4.5 Bilden visar generaliserande tryckbilder i ett självdragsventilerat (S), ett mekaniskt frånluftsventilerat (MF) och ett mekaniskt tilluftsventilerat (MT) hus. Egen bearbetning (Anderlind med flera, 1984).

För kallvindar är placeringen av byggnadens nollnivå av betydelse. I en byggnad med övertryck relativt vinden fås en ökad transport av varm och fuktig luft genom konvektion över bjälklaget, såvida vindsbjälklaget inte är helt lufttät. För kallvindar belägna i byggnader med undertryck relativt vinden sker istället eventuell transport av luft över bjälklaget från kallvinden till den bebodda ytan. Det kan alltså konstateras att byggnadens tryckbild påverkar fukt- och värmetransportens riktning.

### 4.2.3 Byggnadens uppvärmningssystem

Byggnadens uppvärmningssystem påverkar kallvindars fukt- och värmetransporter genom deras påverkan på en eventuell självdragsventilation och på kallvindens temperaturförhållanden. Uppvärmning av byggnader kan ske på en rad olika sätt. Huvudsakligen skiljer man mellan tre olika värmesystem:

- Centralvärme
- Direktverkande elvärme
- Luftburet värmesystem

Centralvärmesystem är idag den vanligaste uppvärmningsmetoden för nya hus eller vid byte av värmesystem i befintliga hus. Principen över ett vattenburet centralvärmesystem är att en värmekälla (exempelvis en oljepanna eller fjärrvärme) värmer vattnet centralt för distribution till dels uppvärmningen av byggnaden och dels till tappvarmvattnet. Ett vattenburet system är flexibelt och värmekällor kan lätt bytas ut. Direktverkande elvärme installerades i byggnader under 1970-talet eftersom investeringskostnaden för uppvärmningssystemet var låg och elpriset lägre än idag. Många hus har idag kvar detta system, trots höga kostnader, på grund av svårigheten att byta energikälla i de systemen. Dess funktion är att energi leds via husets elnät ut till elradiatorer. Luftburna värmesystem är vanligt i kommersiella lokaler där föroreningsalstringen och värmelasterna är stora vilket motiverar ett mekaniskt styrt ventilationssystem som är en förutsättning för ett luftburet värmesystem. För småhus

är detta fortfarande ovanligt delvis på grund av svårigheterna i att reglera systemet (Abel, 2003). Principen för ett luftburet värmesystem utgår från att en central enhet värmer tilluften. Systemet kan också förses med värmeväxlare som tillgodogör sig värmen från frånluften.

För värmesystemets påverkan på kallvindar kan systemen delas in efter om uppvärmningen sker med eller utan förbränning i byggnaden. Ett värmesystem med direktverkande elvärme eller luftburen värme sker idag alltid utan förbränning. Ett centralvärmesystem kan ske dels med förbränning, exempelvis eldning av olja eller pellets och dels utan förbränning, exempelvis fjärrvärme eller bergvärme. Då uppvärmning sker med förbränning resulterar i en varm murstock vilket har en effekt dels för kallvindens temperaturförhållanden och dels för husets ventilation, om det är självdragsventilerat. Den varma murstocken ger ett värmetillskott på vinden vilket i sin tur ökar temperaturerna och sänker den relativa fuktigheten enligt Tabell 4.1. Ventilationen stimuleras genom att de termiska drivkrafterna, så kallad skorstens-effekt, ökar vilket medför att nollnivån höjs och trycket relativt vinden minskar. De termiska drivkrafterna stimuleras ytterligare av värmen producerad i värme pannan, ofta placerad i källaren.

*Tabell 4.1 Sänkning av relativ fuktighet vid en temperaturökning med startklimatet 0°C och 90 % RF. Egen bearbetning (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut [1], 2006).*

| Temperaturökning [°C] | Erhållen RF-sänkning [%] |
|-----------------------|--------------------------|
| +1                    | -6                       |
| +2                    | -12                      |
| +3                    | -17                      |
| +4                    | -22                      |
| +5                    | -26                      |

#### 4.2.4 Fuktproduktionen i byggnaden

Byggnadens fuktproduktion påverkar kallvindars fukt- och värmetransporter genom deras påverkan på inomhusluftens fuktinnehåll.

Den fukt som återfinns i inomhusluften beror av utomhusluftens ånghalt, hur stor fuktproduktion som sker inomhus och hur väl byggnaden ventileras. Fukttillskottet till inomhusluften som beror av avdunstning från människan sker i stort sett kontinuerligt medan fukttillskott som beror av disk, tvätt, bad och rengöring ger högt tillskott under vissa perioder på dygnet. Fuktproduktionen varierar således beroende på hur rummen i byggnaden används. Vid normal användning kan fuktproduktionen generellt relateras till hur många personer som bor i byggnaden. Dock påverkar rutinerna för



hygien och tvätt fuktproduktionens storlek (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut [1], 2006).

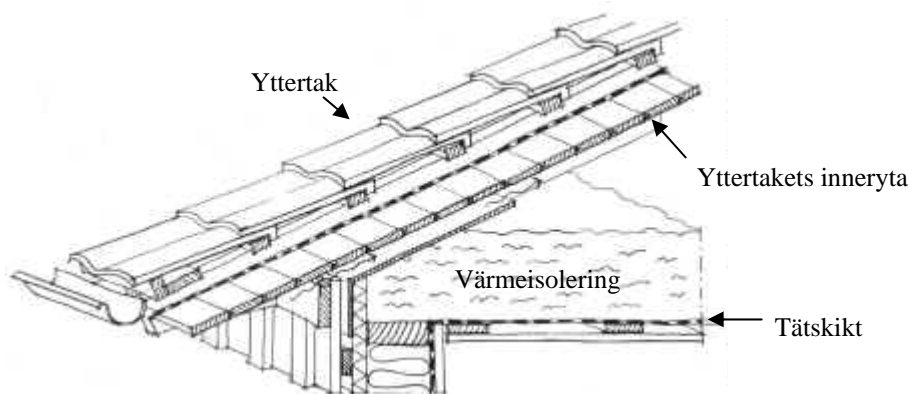
En hög fuktproduktion inomhus i samband med en låg luftomsättning (mått på antal luftomsättningar per timme) leder till en högre ånghalt i inomhusluften vilket i sin tur ökar drivkraften för diffusion och vid förekomst av konvektion ökar fukttransporten till kallvinden.

#### 4.2.5 Kallvindens material

Kalltaksstrukturens materialval påverkar kallvindars fukt- och värmetransporter genom deras olika materialegenskaper.

Fram till 1950-talet var för småhus takkonstruktioner med tegelpannor helt dominerande. Tegelpannorna har sedan dess delvis ersatts av betongpannor (Lilja, 2007). Konstruktionen fungerar väl på tak med branta lutningar medan byggnader med flacka tak ofta beläggs med papp eller plåt.

Materialet på yttertaketets ytteryta, se Figur 4.6, påverkar värmetransporten genom taket. För plåttak och asfaltimpregnerade papptak är värmetransporten hög eftersom plåt- och papptak har ett litet värmemotstånd. Detta medför att takets temperaturvariationer sker snabbare och kraftigare jämfört med taktäckningar av tegel- eller betongpannor vars värmemotstånd är betydligt högre. Materialvalet av yttertaketets täckning antas inte påverka takets fukttransport då konstruktionen anses tät.



Figur 4.6 Generell uppbyggnad av en kallvind. Egen bearbetning (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut [3], 2006).

Materialet på yttertaketets inneryta, se Figur 4.6, påverkar fukt- och värmetransporten mellan kallvindens luftvolym och taket. Ett material som kan buffra fukt, exempelvis råspont kan utjämna kallvindars variationer i luftfuktighet. Används istället en limmad träskiva så kallad kryssfanér (plywood) minskar denna förmåga på grund av limlagren mellan fanerskikten och vid användning av oorganiska material, exempelvis plåt eller folie, sker inget fuktutbyte mellan luften och materialet alls (Samuelson, 2006).

Materialvalet påverkar också värmeutbytet mellan luften och ytan. Trä och träbaserade material kan utjämna temperaturvariationer på kallvindar på grund av deras höga värmemotstånd medan material med lågt värmemotstånd, exempelvis plåt och folie, varierar i takt med luftens temperatur.

Vindsbjälklagets isoleringsmaterial, se Figur 4.6, påverkar värmetransporten mellan den bebodda ytan och vinden samt fuktutbytet mellan isoleringen och vindsluften. Dagens vindsbjälklag är normalt isolerade med mineralull (oorganiskt isoleringsmaterial) ofta i form av lösull som sprutas på plats. Tidigare har vindsbjälklag isolerats med cellulosabaserade värmeisoleringsmaterial, normalt kutterspån. Spån har något högre värmeledningsförmåga ( $\lambda = 0,08 \text{ W/mK}$ ) jämfört med exempelvis mineralull ( $0,036 < \lambda < 0,042 \text{ W/mK}$ ). Däremot saknar de oorganiska materialen förmåga att buffra fukt och därmed utjämna variationer i luftfuktighet på kallvindar (Svennberg, 2006).

#### 4.2.6 Vindsbjälklagets isoleringstjocklek

Vindsbjälklagets isoleringstjocklek påverkar kallvindars fukt- och värmetransporter genom deras påverkan på kallvindens temperaturer.

Isoleringens tjocklek i vindsbjälklaget varierar från hus till hus. Äldre hus byggda före energikrisen på 1970-talet har sällan försetts med över 20 cm isolering i vindsbjälklaget. Energibesparingsdebatten har lett till att tilläggisolering av bjälklaget varit en vanlig energieffektiviseringsåtgärd sedan 1970-talet. Över vindsbjälklag sker stora energiförluster på grund av dess stora yta som vetter mot ett kallt klimat. Enligt Hemgren och Wannfors (2004) sker troligen större energiförluster per kvadratmeter genom vindsbjälklaget i jämförelse med ytterväggarna. Idag rekommenderar Energimyndigheten 40 till 50 cm isolering på vinden för att erhålla ett energieffektivt hus (Energimyndigheten [2], 2006).

Ett välisolerat vindsbjälklag, det vill säga ett vindsbjälklag med låg värmegenomgångskoefficient, leder till kallare temperaturer på kallvinden eftersom värmeledningen från den bebodda ytan genom bjälklaget minskas. Värmegenomgångskoefficienten bestäms av isoleringens värmeledningsförmåga och tjocklek. En kallare lufttemperatur ökar vindens relativa fuktighet och risken för kondens ökar. Vidare minskar ventilationsluftens möjlighet att bortföra överskottsfukt då dess mätnadsånghalt sjunker med temperaturen.

#### 4.2.7 Vindsbjälklagets lufttäthet

Vindsbjälklagets lufttäthet påverkar kallvindars fukt- och värmetransporter genom deras påverkan på mängden tillförd varm och fuktig inomhusluft till kallvinden genom konvektion och diffusion över bjälklaget.

Från slutet av 1960-talet har det varit standard att förse alla nya småhus med en ångspärr för att skapa ett lufttätt vindsbjälklag (Vingård, 2002). Meningen med ett lufttätt bjälklag är att all transport av varm och fuktig inomhusluft till vinden genom

konvektion och diffusion ska förhindras. I självdragsventilerade hus utan ångspärr sker cirka 75 % av fukttransporten till vinden med konvektion och cirka 25 % med diffusion (Sanders med flera, 2006). Med ångspärr av exempelvis polyetenfolie med ett högt ånggenomgångsmotsånd ( $Z > 2000 \cdot 10^3$  s/m) förhindras fukttransport genom bjälklaget.

Idag, när det är standard med ångspärr, är det otätheterna som bestämmer konvektionens storlek. Otätheter i det lufttäta ytskiktet kan uppstå på grund av felaktigt monterad ångspärr eller vid punktering av ångspärren, exempelvis vid genomföringar för infällda spotlights eller vid ingången till vinden. Finns det otätheter i bjälklagets ångspärr kan diffusionens inverkan försummas eftersom konvektion har ett mycket större flöde.

## 5 Fuktbelastning på kallvindar

I detta kapitel kommer aktuella fuktkällor för kallvindar att presenteras och hur fuktsäkerhet åstadkoms vid dagens projektering. Vidare kommer konsekvenserna för byggnaden och dess boende vid höga fuktbelastningar att diskuteras. Kapitlet bygger på litteraturstudier av huvudsakligen Engman och Samuelson (2006), Petersson (2004), Hagentoft (2002), Sikander och Freiholtz (2000) samt Nevander och Elmarsson (1994).

### 5.1 Fuktkällor och fuktsäkring

Vid projektering av ventilerade kalltaks konstruktioner med kallvindar finns i huvudsak tre fuktkällor som bör tas hänsyn till (Anderlind med flera, 1984):

- Läckage – från nederbörd och eventuella installationer på kallvinden
- Luftfukt – från utomhus- och inomhusluften
- Byggfukt – från inbyggda material

Utformningen av kallvindar måste enligt Boverkets byggregler ske på ett sådant sätt att varken konstruktion eller utrymme i byggnaden skadas av fukt och vidare att fukttillståndet i en byggnadsdel alltid underskrider det högsta tillåtna fukttillståndet, vilket är 75 % *RF* för trä och träbaserade material (Boverket, 2006). För att detta ska uppföljas ger Boverket som allmänt råd att kraven i avsnitt 6:5 om fukt ska verifieras med hjälp av en fuktsäkerhetsprojektering.

I en fuktsäkerhetsprojektering för kallvindar ingår att fuktsäkra ovanstående fuktkällor. Fuktsäkringen resulterar i ett antal funktionskrav som måste uppfyllas för att säkerställa fuktskyddet på konstruktionen. Funktionskraven kan sammanfattas i följande punkter:

- Takkonstruktionen ska hindra vattenläckage till kallvinden
- Fukttransporten från den bebodda ytan till kallvinden ska minimeras
- Eventuell byggfukt ska ges möjlighet att torka ut utan att skada konstruktionen
- Ventilationen ska möjliggöra uttorkning av eventuell överskottsfukt

Yttertaket konstruktion ska säkerställa att inget vatten läcker in på kallvinden vid nederbörd eller kvarstående vattentryck vid snöbelastning på taket. Boverket ger som allmänt råd att vid val av material och detaljutformning för yttertaket bör hänsyn tas till taklutningen. Ett flackare tak måste således konstrueras med material av högre täthet än ett tak med större lutning (Boverket, 2006).

För att hindra fukttransport från den bebodda ytan eftersträvas ett lufttätt vindsbjälklag som hindrar att varm och fuktig luft läcker in på vinden genom konvektion. I avsnitt 4.2.7 har lufttäthet i vindsbjälklag presenterats och diskuterats. För att ytterligare säkerställa en liten fukttransport genom vindsbjälklaget kan ett undertryck i den bebodda ytan eftersträvas. Vidare påverkar fuktproduktionen, i den bebodda ytan, omfattningen av fukttransporten till kallvinden men detta är inget som kan påverkas vid projektering.

Byggfukt är den fukt som måste avges från byggnadsmaterial för att materialen ska komma i fuktjämvikt med sin omgivning. För vindsbjälklag av betong eller lättbetong, vilka innehåller mycket byggfukt, krävs att de tillåts torka utan att fukten orsakar problem. För att motverka kondens av byggfukten från bjälklaget på yttertaketts inneryta placeras ångspärren på bjälklagets ovsida. Viktigt är således att inget tätt ytskikt används på bjälklagets undersida utan att fukten möjliggörs att torka nedåt mot den bebodda ytan. För byggnadsmaterial krävs att de skyddas mot nedfuktning på sin lagringsplats innan inbyggnad.

Grundtanken för ventilation av kallvindar idag är att ett luftutbyte ska säkerställa uttorkning av eventuell fukt som läckt in på kallvinden (Arfvidsson och Harderup, 2005). Av detta följer att en ökad isolering av vindsbjälklaget ökar ventilationsbehovet. Detta eftersom ett kallare vindsutrymme medför att ventilationsluftens mätnadsånghalt sjunker och således behövs en större mängd luft för att föra bort samma mängd fukt. Idag visar studier att ventilation av vindar i kalla fuktiga kustklimat, där den relativa fuktigheten i utomhusluften är mycket hög vintertid, snarare kan ge fuktproblem. Ventilationsluften har vintertid näst intill ingen möjlighet att föra bort fukt eftersom den ofta är i det närmaste fuktmättad. Istället kan ventilationen tillföra fukt till kallvinden och således öka fuktbelastningen på vinden. Amerikanska studier rekommenderar istället att ventilering av vindar bör undvikas i kalla och fuktiga kustklimat på grund av luftens höga fukttinnehåll (TenWolde och Rose, 2002). Idag saknas därför tydliga riktlinjer hur fuktsäkring av vinden ska säkerställas.

Underskrids det högsta tillåtna fukttillståndet i alla byggnadsdelar, 75 % *RF*, kan kallvinden anses fuktsäkrad. Detta medför i sin tur att fukten på kallvinden inte heller kan orsaka tillväxt av mögelsvamp, vilket konstaterades i kapitel 3. Förekomst av mögelsvampar kan därför användas som bevis på att det högsta tillåtna fukttillståndet överskridits under en längre period och vidare att kallvinden följaktligen inte är fuktsäkrad. Utifrån detta resonemang kommer i resterande del av rapporten fukttillstånd över 75 % *RF* och/eller förhöjd förekomst av mögelsvamp att definieras som fuktproblem.

## **5.2 Konsekvenser vid hög fuktbelastning**

Om kallvindar får höga fuktbelastningar under en längre tid kan effekterna från detta påverka både byggnaden och inomhusmiljön med hälsorisker för de boende som följd. I kapitel 3 gavs en teoribakgrund till mögelsvampar och deras kritiska gränsvärden för tillväxt presenterades. Som tidigare beskrivits i rapporten är angrepp av mögelsvamp en tydlig markör på hög fuktbelastning då de ofta dominerar skadebilden (Mattsson, 2004).

## 5.2.1 För kallvindar

Vid höga fuktbelastningar på kallvindar är den vanligaste följden problem med kondens som i sin tur ger förutsättningar för mögelsvamp tillväxt, se Figur 5.1. Kallvindars mest utsatta del är yttertaketets inneryta där oftast den högsta fuktbelastning återfinns efter upprepade kondensutfällningar.



*Figur 5.1 Bilderna visar olika grad av mögelpåväxt på yttertaketets inneryta, där den högra är värst drabbad (Ventotech, 2006).*

Kondensutfällningar på yttertaketets inneryta kan komma till följd av nattutstrålning, se avsnitt 4.2.1. Studier visar att det inte är ovanligt med en relativ fuktighet mellan 85 och 100 % på yttertaketets inneryta vintertid (Johansson med flera, 2005). Viktigt att notera är att temperaturen på ytan vid de betingelser ligger under 5°C och därför är risken för biologisk tillväxt liten så länge fukten tillåts torka ut innan temperaturen höjs.

En annan orsak till kondensutfällning på vinden är då varm och fuktig inomhusluft läcker in på vinden genom konvektion över bjälklaget och kyls av mot kalla ytor. Vid sådana förhållanden kan temperaturen för mögeltillväxt ofta vara mer gynnsam än vid kondensutfällning på grund av nattutstrålning. Mögelsvampförekomsten är vid de fall oftast lokaliserad till genomföringar eller andra otätheter i vindsbjälklaget. Även vid luftintag, det vill säga vid ventiler i taknock och vid luftintag i takfoten, kan fuktutfällning mot kalla ytor förekomma vid snabba väderväxlingar från kallare till varmare temperaturer.

Som tidigare nämnts, i avsnitt 3.1, krävs det att alla förutsättningar uppfylls på samma gång för att en etablering och tillväxt av mögelsvampar ska ske. För kallvindar innebär detta att vår och höst är de perioder med bäst förutsättningar. Utrymmet blir så pass kallt, framförallt nattetid på grund av nattutstrålning, att vattenånga i luften kan kondensera mot yttertaketets inneryta samtidigt som temperaturen dagtid möjliggör tillväxt av mögelsvampar.

En annan följd av höga fuktbelastningar på kallvindar är att isoleringsmaterialet kan uppfuktas antingen genom luftfukt eller genom att kondensvatten från kallvindens ytor droppar ner på isoleringen. Ett uppfuktat isoleringsmaterial ger bjälklaget sämre värmeisoleringsförmåga, eftersom vatten har en mycket god värmeledningsförmåga.

## 5.2.2 För material

Vid höga fuktbelastningar på kallvindar kan för byggnadens inbyggda material en rad olika konsekvenser uppkomma:

- Missfärgning
- Fysikalisk eller kemisk nedbrytning
- Biologisk nedbrytning
- Hållfasthetsförsämring samt deformation
- Fuktbetingade rörelser

Missfärgningar på material kan uppstå om material uppfuktas på grund av ytkondensation eller om material utsätts för vattenskada. På vinden kan missfärgning av cellulosebaserade ytmaterial bli aktuellt i samband med upprepade kondensutfällningar på yttertakets inneryta på grund av exempelvis nattutstrålning. Missfärgningen på yttertakets inneryta beror ofta av mögel- och/eller blånadssvampar, vilka växer ytligt på materialet. Råspont och träfiberskivor är utmärkta substrat för mögel- och blånadssvampar på grund av deras ytstruktur (Bok, 2006).

Fysikalisk nedbrytning i form av frostsador uppstår om material med högt innehåll av fysikaliskt bundet vatten utsätts för frostgrader. Vattnet i materialets porssystem omvandlas till is vilket medför en volymökning som i sin tur kan spränga sönder materialets struktur. Kondens på ytmaterial samt temperaturer under 0°C är inte ovanligt vintertid på kallvindar varför frostsador kan bli aktuellt. Kemisk nedbrytning som korrosion, uppstår när nedbrytande reaktioner uppkommer mellan ett material och deras omgivning. Normalt avser korrosion angrepp på metaller, huvudsakligen stål. Korrosion på stål sker vanligtvis inte under 60 % *RF* och korrosionsangrepp ökar med ökande relativt fuktighet. Vid användning av stål i den bärande konstruktionen på kallvindar kan korrosionsskador på grund av ytkondensation uppstå.

Den omgivande luftens relativa fuktighet och ett materials fuktkvot är avgörande för att biologiska angrepp ska påbörjas och fortgå. Biologisk nedbrytning sker på organiska material, framförallt trä och träbaserade material, i form av rötsvamp- och insektsangrepp. Rötsvampar medför, till skillnad från mögelsvampar, en betydlig nedbrytning av angripet materials vedceller. Äkta hussvamp, som är en rötsvamp, kräver fibermättnad (cellväggarna fuktmättade) för etablering vilket motsvarar en fuktkvot på närmare 30 %. Den äkta hussvampen bildar en platt, seg fruktkropp vars mycel kan sprida sig över stora ytor vilket gör att den kan hämta fukt till vidare etablering från de delar av huset med god tillgång till fukt. Fuktkvoten för vidare etablering kan därför sjunka ner till 17 % utan att tillväxten upphör varför angrepp av äkta hussvamp är mycket allvarligt. För kallvindar kan detta betyda att en hög fuktbelastning på vinden kan förse svampen med fukt till angrepp på stora delar av huset. Även insektsangrepp kan påskynda ett materials nedbrytning men i betydligt mindre omfattning än den som röta kan orsaka (Burström, 2001). För biologiska

angrepp krävs även att temperaturen hålls inom artens levnadskrav vilket gör att biologiska angrepp på kallvindar är vanligast under vår och höst.

Förutom de hållfasthetsförsämringar som rötsvampar och insektsangrepp ger medför en ökad fukthalt i träet en försämrade hållfasthet upp till fibermättnadspunkten. Höga fuktkvoter i trä och träbaserade material orsakar även elastiska och plastiska deformationer. Detta kan få betydelse på kallvindar där vanligtvis den bärande konstruktionen är av gran eller furu.

Trä och träbaserade material sväller och krymper i samband med förändringar i fuktkvot och relativ fuktighet. De fuktbedingade rörelser kan ge upphov till sprickbildning, skevhet och välvning. Den största delen av rörelserna förekommer i det övre hygroskopiska området (det område inom vilket materialet kan uppta luftfukt) och 50 % av svällningen för träbaserade material sker då den relativa fuktigheten är över 75 %. På kallvindar blir de fuktbedingade rörelserna betydande på grund av långa spännvidder.

Viktigt att observera är att alla material inte är känsliga för fukt. Höga fuktbelastningar på kallvindar behöver således inte vara ett problem förutsatt att alla material tål fukt. För de ovan givna konsekvenserna är dock alla aktuella för trä och träbaserade material vilka idag dominerar materialanvändningen på kallvindar.

### **5.2.3 För människor**

Vid höga fuktbelastningar på kallvindar kan inomhusmiljön och därmed människor påverkas. Höga fuktbelastningar kan leda till effekter på hälsan genom förekomst av mikroorganismer, elak lukt och emissioner från material. Hur kopplingen mellan ohälsa och fukt ser ut i detalj är inte känt. Belagt är dock att en riklig förekomst av mögelsvamp i byggnader kan orsaka infektioner och leda till allergier eller annan överkänslighet (Efraimson med flera, 2001). Vidare kan också konstateras att människors ohälsa i till synes "normala" hus är ett problem för dagens fastighetsägare (Mattsson, 2004).

Komplexiteten i kopplingen mellan ohälsa och fukt beror till stor del på att det är oklart vilka substanser som ger ohälsa och i vilken omfattning de sprids från byggnadsdelar med höga fuktbelastningar. Detta försvåras ytterligare av att det inte finns någon fastställd definition på vad som är en fukt- eller mögelskada (Bok, 2006). Vidare kan effekten av mögelsvamp i byggnader på enskilda individer inte fastställas eftersom sambandet mellan dos och respons ännu är okänt. Människor tycks alltså, än så länge, reagera högst individuellt vid kontakt med mögel (Mattsson, 2004).

Konsekvensen vid höga fuktbelastningar blir en ökad produktion av luftföroreningar som påverkar människors hälsa (Efraimson med flera, 2001). De vanligaste föroreningar som alstras vid höga fuktbelastningar är följande:



- Kemiska ämnen som avges från nedfuktat material och byggnadsmaterial
- Kvalster och bakterier som förekommer i nedfuktat byggnadsmaterial
- Mögelsvampsporer som avges från angripet byggnadsmaterial

De kemiska ämnen som alstras beror av emissioner ifrån material vilka ökar med fuktbelastningen. Föroreningarna kan även bero av biologiska faktorer såsom förekomst av kvalster, bakterier och mögelsvampar. Generellt kan aktuella föroreningar i inomhusluften ge irritationer på slemhinnorna i luftvägarna, ögonen och till viss del på huden samt ge en ökad risk för astma och allergi. Vanligen hänförs allergierna till förekomst av mögelsvampsporer i inomhusluften men kan även bero av förekomst av kvalster. Viktigt att notera är att en viss halt med mögelsporer återfinns i all luft, med en topp under hösten, och för personer utan överkänslighet bör risken för att utveckla allergier vara liten i en byggnad med ”normal” mögelhalt (Bygghälsöversynsgruppen, 2000).

För att höga fuktbelastningar på kallvindar ska ge efterverkningar i den bebodda ytan krävs att de alstrade luftföroreningarna sprids ner i den bebodda ytan. Detta kan ske dels genom vindsbjälklaget, om kallvinden står i övertryck relativt den bebodda ytan, och dels genom att kontaminerade föremål förvarade på vinden tas ner i den bebodda ytan.

Inverkan på de boende vid höga fuktbelastningar på kallvindar med alstrade luftföroreningar som följd beror förutom den individuella variationen i känsligheten också på halten av föroreningar som återfinns i inomhusluften. Halten av föroreningar i inomhusluften bestäms först och främst av fuktbelastningens omfattning och varaktighet. Vidare påverkas föroreningshalten i den bebodda ytan av luftläckagets storlek från kallvinden till den bebodda ytan. Enligt studier, utförda av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, är risken för luftläckage medelstor i hus där undertryck i den bebodda ytan relativt vinden råder (Johansson med flera, 2005). Till sist påverkas också inomhusluftens föroreningshalt av luftomsättningen i den bebodda ytan (Efraimson med flera, 2001).

### **5.3 Faktorer som påverkar fuktbelastningens storlek**

Vid en fuktsäkring av kallvindar i bredare bemärkelse än den som diskuterats i avsnitt 5.1 bör en identifiering av vindens fuktbelastningar samt risken för de konsekvenser som diskuterats i avsnitt 5.2 utföras.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut har under många år tillsammans med Chalmers tekniska högskola utfört studier inom kallvindar. Bland studerade publikationer återfinns Engman och Samuelson (2006) och Samuelson (1995). Vidare publikationer som behandlar kallvindar är Brar med flera (2006), Sanders (2006), Sanders med flera (2006), TenWolde och Rose (2002), Samuelson (2002), Björk med flera (2001), Anderlind med flera (1984) samt Petersson (1983).

För att fuktproblem på kallvindar ska uppstå med mögelsvampangrepp, på trä och träbaserade material, till följd krävs att den relativa fuktigheten behålls hög under en längre period med gynnsam tillväxttemperatur, se avsnitt 3.1. Vid etablering av mögelsvamp räcker mycket sällan de 75 % *RF* som anges som högsta tillåtna fuktillstånd i Boverkets byggregler (2006). Istället krävs oftast en period av mycket hög relativ fuktighet i materialet. Mattson (2004) uppger att ju högre fuktinnehåll materialet har desto fler arters tillväxt gynnas. En vindskonstruktion där upprepade kondensutfällningar uppträder bör följaktligen betraktas som en riskkonstruktion ur fuktsynpunkt, vilket också styrks av Ingemar Samuelson (2002) som menar att alla ventilerade vindar över kraftigt isolerade bjälklag är riskkonstruktioner på grund av kondensrisken.

Utifrån litteraturstudier av nämnda publikationer om kallvindar har en rad faktorer som påverkar fuktbelastningens storlek identifierats av författarna. Faktorerna har alla gemensamt att de påverkar kallvindars fukt- och värmetransporter, se avsnitt 4.2, och därmed risken för kondens och fuktproblem. Konsekvenserna av fuktproblem finns beskriva i avsnitt 5.2. Faktorerna lyder som följande:

- Byggnadens lokalisering
- Byggnadens ventilationssystem
- Byggnadens värmesystemssystem
- Fuktproduktionen i byggnaden
- Materialet på yttertaketets inneryta
- Vindsbjälklagets isoleringstjocklek
- Vindsbjälklagets lufttäthet

Lokaliseringen av byggnaden inverkar på fukt- och värmetransporter till kallvinden vilket har diskuterats i avsnitt 4.2.1. Där konstaterades att det kalla kustklimatet i Västra Götalands län ökar fuktbelastningen på kallvindar genom ventilationsluftens höga fuktinnehåll. TenWolde och Rose (2002) visar på skillnader i fuktbelastning för ventilerade kallvindar i kust- respektive inlandsklimat i USA. Studien visar på problematiken av att ventilerade kallvindar i kalla kustklimat. Författarna drar utifrån detta slutsatsen att ventilerade kallvindar i Västra Götalands län har högre fuktbelastning än riksgenomsnittet.

Byggnadens ventilationssystem inverkar på fukt- och värmetransporter till kallvindar vilket har diskuterats i avsnitt 4.2.2. Där konstaterades att byggnader i vilka ventilationen skapar ett övertryck relativt vinden, vanligt vid självdragsventilation, ökar den konvektiva transporten av varm och fuktig inomhusluft till vindsutrymmet genom eventuella otätheter i bjälklaget. På vinden, som under byggnadens uppvärmningsperiod är kallare än den bebodda ytan, kyls luften av på kalla ytor med kondensutfällning som följd. Rekommendationer från Anticimex (2004) och Samuelson (1995) lyder därför att undertyck i den bebodda ytan bör eftersträvas. Författarna drar utifrån detta slutsatsen att självdragsventilation eller mekanisk

ventilation som skapar ett övertryck relativt vinden ökar risken för fuktproblem på kallvindar.

Uppvärmningssystemet inverkar på fukt- och värmetransporter till kallvindar vilket har diskuterats i avsnitt 4.2.3. Där konstaterades att byggnader med uppvärmning utan förbränning medför lägre temperaturer på kallvinden på grund av vindens minskade värmekällor. Lägre temperaturer ökar risken för ytkondens av ventilationsluft och inläckt inomhusluft. Detta konstateras även av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut [1] (2006) som menar att ett kallare vindsutrymme ökar risken för fuktproblem. Vid en konvertering av värmesystemet från ett med till ett utan förbränning tillförs vinden ytterligare kalla ytor i form av den numera kalla murstocken. Detta medför enligt Björk med flera (2001) ökade fuktproblem. Vidare ger en konvertering av värmesystemet från ett med till ett utan förbränning minskade termiska drivkrafter som behövs för att säkerställa en god luftomsättning vid självdragsventilation. En minskad luftomsättning i den bebodda ytan ger i sin tur luften ett högre fuktinnehåll vilket ökar risken för höga fuktbelastningar på kallvinden enligt avsnitt 4.2.4. Författarna drar utifrån detta slutsatsen att uppvärmning utan förbränning ökar risken för fuktproblem på kallvindar och då särskilt vid en konvertering från ett uppvärmningssystem med förbränning till ett system utan förbränning.

Fuktproduktionen inverkar på fukt- och värmetransporter till kallvindar vilket har diskuterats i avsnitt 4.2.4. Där konstaterades att byggnader med en hög fuktproduktion i den bebodda ytan ökar inomhusluftens ånghalt och därmed fukttransporten till kallvinden genom diffusion. Inomhusluftens fuktinnehåll påverkar också mängden kondensvatten på kallvinden vid förekomst av konvektion. Detta beskrivs bland annat i TenWolde och Roses artikel från 2002. Ventilation av den bebodda ytan med en hög luftomsättning kan minska effekten av en hög fuktproduktion men författarna väljer ändå att dra slutsatsen att stor fuktproduktion i den bebodda ytan ökar risken för fuktproblem på kallvindar.

Materialiet på yttertaketets inneryta inverkar på fukt- och värmetransporter till kallvinden vilket har diskuterats i avsnitt 4.2.5. Där konstaterades att materialens förmåga att buffra fukt påverkar känsligheten för tillfälligt höga fuktbelastningar, förutsatt att materialen inte är fukttåliga. En hög buffringsförmåga minskar känsligheten och tvärtom. Idag förekommer till allra största del trä och träbaserade material på yttertaketets inneryta. Ingemar Samuelson (2006) på SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut menar att plywoods mindre fuktbuffringskapacitet i jämförelse med råsponten gör plywooden mer utsatt för kondensutfällning med mögelsvamp tillväxt som följd. Vidare utpekas i rapporten *"Skador i småhus – gamla beprövade misstag?"*, som bygger på en omfattande enkätundersökning bland konsulter som arbetat på uppdrag av småhusskadenämnden, underlagstak av träfiberskivor som en riskkonstruktion på kallvindar (Björk med flera, 2001). Ytterligare studier styrker teorin om att träfiberskivor är mer känsliga för mögelsvampangrepp än råspont (Wang 1992). Författarna drar utifrån detta slutsatsen att träfiberskivor och särskilt plywood som material på yttertaketets inneryta ökar risken för fuktproblem på kallvindar.

Isoleringstjockleken av vindsbjälklaget inverkar på fukt- och värmetransporter till kallvindar vilket har diskuterats i avsnitt 4.2.6. Där konstaterades att kraftigt isolerade bjälklag leder till kallare temperaturer på vinden. Lägre temperatur ökar risken för ytkondens av ventilationsluft och inläckt inomhusluft. Studier utförda på SP Sveriges

Tekniska Forskningsinstitut påvisar koppling mellan en ökad isoleringsgrad och en ökad mögelpåväxt på yttertakets inneryta. Resultaten finns att läsa i Engman och Samuelson (2006). I Björk med fleras rapport (2001) instämmer närmare 90 % av de tillfrågade konsulterna på påståendet ”Fuktproblem kommer ofta efter tilläggsisolering av vindar”. Författarna drar utifrån detta slutsatsen att ökad isoleringstjocklek i vindsbjälklaget ökar risken för fuktproblem på kallvindar och då särskilt vid en tilläggsisolering av ett befintligt bjälklag där lufttätheten inte kan säkerställas.

Vindsbjälklagets lufttäthet inverkar på fukt- och värmetransporter till kallvindar vilket har diskuterats i avsnitt 4.2.7. Där konstaterades att otätheter i bjälklaget ökar konvektionen till kallvinden vilket får till följd att ytkondensationen på kallvinden ökar. Enligt Sanders med flera (2006) lämnar 20 % av byggnadens tilluft huset genom kallvinden om bjälklaget saknar tätskikt och det står i övertyck relativt byggnadens nedre delar. Detta poängterar vikten av lufttäthet då annars en betydande fukt- och värmetransport till vinden kan ske. Skulle däremot ett helt lufttätt vindsbjälklag kunna åstadkommas kan effekten av byggnadens ventilationssystem och husets fuktproduktion försummas vid riskanalyser eftersom de inte längre påverkar vinden. Boverket råder att byggnadens alla klimatavskiljande delar bör ha så god lufttäthet som möjligt för att undvika de skador som följer konvektionen. Detta är särskilt viktigt om vindsbjälklaget försetts med ökad isolering (Boverket, 2003). För att maximera vindsbjälklagets täthet rekommenderar SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (2006) så få genomföringar som möjligt, detta inkluderar även ingång till kallvinden, och lufttäta anslutningar vid nödvändiga genomföringar. Författarna drar utifrån detta slutsatsen att luftläckage genom vindsbjälklaget ökar risken för fuktproblem på kallvindar.

Författarna menar att hänsyn till ovanstående riskfaktorer vid projektering eller förändring av husets byggnadstekniska funktion kan öka kvalitén på kallvindars fuktsäkring. Faktorerna har inte utvärderats utifrån deras grad av påverkan och således finns inte heller någon rangordning i ovanstående uppställning. Risken för fuktproblem antas öka med antalet uppfyllda riskfaktorer.

## 6 Studiens uppställda hypoteser

Författarnas definition av fuktproblem lyder utifrån den argumentation som förts i avsnitt 3.2 och 5.1; *fukttillstånd över 75 % RF eller förhöjd förekomst av mögelsvamp anses vara fuktproblem*. Nedan presenteras studiens hypoteser av faktorer som antas öka kallvindars fuktproblem. Hypoteserna är formulerade utifrån de resonemang och slutsatser som dragits i avsnitt 5.3.

1. att mer än 50 % av alla befintliga småhus i Västra Götalands län har fuktproblem på kallvinden
2. att självdragsventilation eller mekanisk ventilation som skapar ett övertryck relativt vinden ökar risken för fuktproblem på kallvindar  
*(hypotesen förutsätter att vindsbjälklaget inte kan anses som helt tätt)*
3. att uppvärmningssystem utan förbränning ökar risken för fuktproblem på kallvindar
4. att stor fuktproduktion i den bebodda ytan ökar risken för fuktproblem på kallvindar  
*(hypotesen förutsätter att vindsbjälklaget inte kan anses som helt tätt)*
5. att plywood som material på yttertaketets inneryta ökar risken för fuktproblem på kallvindar
6. att ökad isoleringstjocklek i vindsbjälklaget ökar risken för fuktproblem på kallvindar
7. att luftläckage genom vindsbjälklaget ökar risken för fuktproblem på kallvindar

## 7 Kartläggning

Kartläggningen utformades för att möjliggöra en prövning av studiens uppställda hypoteser, se kapitel 6. Undersökningen bestod av tre delar; enkät, fuktkvotsmätning och mykologisk analys som tillsammans skulle ge en bild av husen samt kallvindarnas uppbyggnad och fuktförhållande. Ingen djupare analys av respektive hus har utförts.

Stickprovunderlaget utgjordes av 200 stycken fastighetsägare till småhus, Typkod 220, i Västra Götalands län som slumpades fram ur Lantmäteriverkets fastighetsregister. Småhus är enligt definitionen; en- eller tvåbostadshus som är friliggande eller sammanbyggda till rad- eller kedjehus. Vidare anges i reglerna för bostadsfinansiering och bostadsstatistiken att småhus till minst hälften ska bestå av utrymmen för bostadsändamål (Nationalencyklopedin, 2007). Vidare begränsades stickprovunderlaget till att gälla enbart friliggande småhus för att erhålla jämförbara byggnader. I fastighetsregistret finns ingen information om fastigheten har en kallvind eller ej varför en visst övertäckning var väntad.

Bortfallet i kartläggningen beräknades enligt Svenska statistikersamfundets ”Standard för bortfallsberäkning” varför stickprovsmängden delades in i följande fyra grupper (Dahmström, 2005):

|               |   |
|---------------|---|
| $n_S$         | element som tillhör målpopulationen och deltagit helt eller delvis [st] |
| $n_B$         | element som tillhör målpopulationen och ej deltagit [st]                |
| $n_O$         | element utan information om tillhörelse till målpopulationen finns [st] |
| $n_\emptyset$ | element som inte tillhör målpopulationen, så kallad övertäckning [st]   |

Studiens målpopulation utgörs av hus med kallvindar vilka inte haft läckageproblem eller där professionella åtgärder för att minska vindens fuktbelastningar utförts. Målpopulationen är därför endast en del av den ursprungliga stickprovsmängden i denna studie.

Av 200 stycken utskickade enkäter erhöles 79 stycken svar. Bland dem hade fem stycken inte bifogat prov till fuktkvotsmätning och fyra stycken inte bifogat prov till mykologisk analys. Av de 79 stycken besvarade enkäterna ingick två stycken ej i målpopulationen varför deras prov inte finns redovisade i studien.

De som inte bifogade prov till sin enkät har hänvisat till sin ålder eller svårigheter i att nå kallvinden. Författarna drar därför slutsatsen att deras prover hade visat en fördelning likt de övriga eftersom husägarna inte visat rädsla för att delta i studien utan förhindrats denna del av undersökningen på grund av skäl de inte kunnat påverka. Därför kommer de att ingå i gruppen  $n_S$ , element som tillhör målpopulationen och deltagit helt eller delvis.

För de som inte besvarat studien alls och de som returnerat enkäten ofyllad finns lite information om varför de valt att inte delta, dels från rundringningen och dels ifrån meddelanden medskickade de returnerade enkäterna. Majoriteten av dem angav sin ålder som orsak. Vidare orsaker som uppkommit är tidsbrist och övertygelsen om att vinden inte har några fuktproblem. Eftersom vindens fuktförhållanden sällan ger problem tydligt märkbara för husägarna kan även de som angav sig ha vindar utan

problem istället antas vara fördelade likt övriga. Även husägare som angav tidsbrist eller ålder som orsak kan antas fördelade likt övriga.

Att de som fullgjort studien skulle ha problem i högre grad än de som inte deltagit tror författarna inte är sannolikt. Detta eftersom flertalet av de svarande inte upplever sig ha problem samt genom tidigare resonemang att fuktproblem på kallvindar sällan är påtagliga för de boende.

Utförda beräkningar, vilka finns redovisade i avsnitt 7.1.3, visar att 17 % av husen i stickprovunderlaget saknar kallvindar. Detta medför att gruppen  $n_O$  (element utan information om tillhörelse till målpopulationen finns) kan delas upp i  $n_\emptyset$  (element som inte tillhör målpopulationen) och  $n_B$  (element som tillhör målpopulationen och ej deltagit). På så sätt har gruppen där ingen information om tillhörelse till målpopulationen,  $n_O$  undvikits. Indelningen av stickprovsmängden visas i Tabell 7.1.

Tabell 7.1 Indelning av stickprovsmängd till bortfallsberäkning.

| $n_S$ [st] | $n_B$ [st] | $n_\emptyset$ [st] |
|------------|------------|--------------------|
| 77         | 71         | 52                 |

Svarsandelen och bortfallet beräknas enligt ekvation (7.1) och ekvation (7.2) till 49,7 % respektive 50,3 %. En svarsandel på 49,7 % värderas som god av författarna på grund av kartläggningens omfattning och det faktum att endast en påminnelse har utförts.

$$SA = \frac{n_S}{n_S + n_B + n_O} \cdot 100 \quad (7.1)$$

- $SA$  svarsandel [%]
- $n_S$  element som tillhör målpopulationen och deltagit helt eller delvis [st]
- $n_B$  element som tillhör målpopulationen och ej deltagit [st]
- $n_O$  element utan information om tillhörelse till målpopulationen finns [st]

$$BA = 100 - SA \quad (7.2)$$

- $BA$  bortfallsandel [%]
- $SA$  svarsandel [%]

Undersökningen fick utifrån ovanstående resonemang en slutgiltig stickprovsmängd på 77 stycken hus av det totala antalet i beståndet som är 228 407 stycken. Stickprovsmängden antas slumpmässigt fördelad och därför normalfördelad likt hela beståndet.

## 7.1 Enkät

Enkäten var uppdelad i tre delar; del ett *”Frågor för att kontrollera om ditt hus kan ingå i studien”*, del två *”Frågor om ditt hus”* och del tre *”Praktisk del att utföra på din vind”*. Del ett syftande till att identifiera målpopulationen genom att utesluta småhus utan kallvind samt de hus som tidigare haft problem med vattenläckage och de som med professionell hjälp åtgärdat fuktskador på vinden. Del två bestod av 12 stycken frågor om huset som gav information till hypotesprövningen. Del tre som utfördes på vinden innehöll en okulär besiktning av vinden med fem stycken frågor och vidare gavs instruktioner för provtagningarna. Enkäten finns att läsa i sin helhet i Bilaga 1.

### 7.1.1 Metod

Enkäten togs fram i samråd med yrkesverksamma inom byggnadsfysik och mykologi. Den syftar enbart till att ge den information som krävs till att pröva uppställda hypoteser och möjliggör därför ingen djupare analys av husets fuktproblematik. Vidare är alla frågor ställda utifrån dagsläget och det innebär att ingen information om husets historia finns att tillgå.

Metoden med postenkät valdes dels på grund av att studien är en kartläggande studie och därmed bör nå en så stor del av beståndet som möjligt och dels för att det är en snabb och billig metod. För att bortfallet inte skulle bli för stort genomarbetades enkäten på så sätt att undersökningen inte skulle vara för tidskrävande för husägarna. Vid postenkäter sker ingen obefogad påverkan från de som intervjuar vilket är en fördel, däremot finns inte heller någon till hands om frågorna är otydliga (Dahmström, 2005). För att eliminera bortfallet på grund av otydliga frågor har de svarande haft möjligheten att kontakta författarna via e-post. För att vidare minska risken för stora bortfall utlovades en belöning, i form av en trisslott, till de som svarat inom uppsatt tid (2 veckor). Husägarna fick även ett erbjudande om att ta del av resultaten från provtagningarna på deras vind och möjlighet att ta del av rapporten i sin helhet via Internet. Informationen till husägarna om studien samlades i ett brev vilket skickades ut tillsammans med enkäten, se Bilaga 2. Ytterligare bortfall har minimerats genom påminnelse i form av ett telefonsamtal till de som inte svarat inom uppsatt tid.

Datainsamlingen från enkäterna sammanställdes och analyserades i Microsoft Excel för att studera resultaten och identifiera samband mellan olika variabler.

### 7.1.2 Felkällor

Otydliga frågor och svarsalternativ identifieras som de största felkällorna. Genom att utföra förstudier där enkäten gavs ut till personer utan kunskaper inom byggnadsteknik minskades denna risk.



### 7.1.3 Resultat

Antalet besvarade enkäter blev 79 stycken och Tabell 7.2 visar hur svaren fördelades. Enkätens resultat finns att läsa i sin helhet i Bilaga 3. I vissa fall har författarna tvingats tolka resultaten till att passa givna alternativ, detta gäller ej för resultaten i Bilaga 3 som visas i sin ursprungliga form. Två av de besvarade enkäterna ingår ej i målpopulationen eftersom de haft problem med läckage på sin kallvind. Författarna väljer ändå att redovisa deras svar på enkäten då den förstärker studiens information om beståndet av småhus i Västra Götalands län.

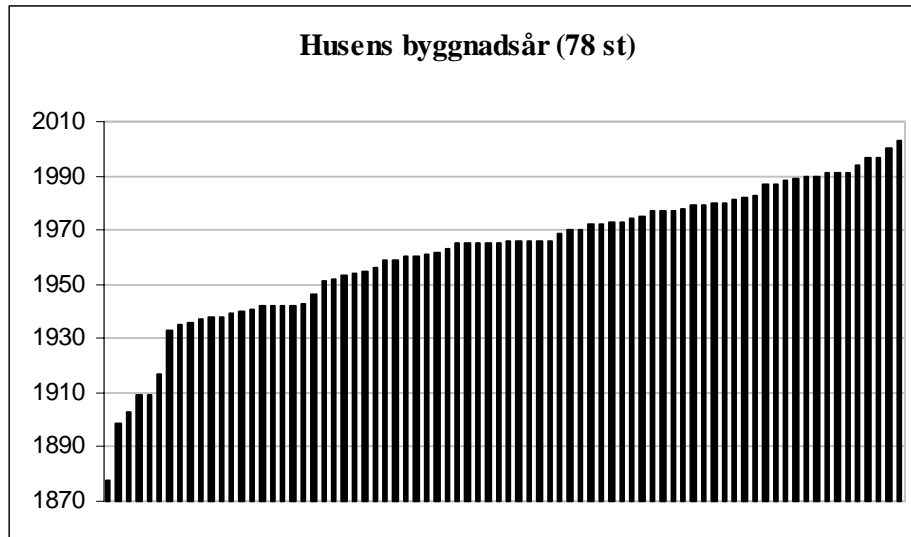
Tabell 7.2 Uppställningen visar hur enkätsvaren fördelades.

| Svarsfördelning                                      | Antal [st] |
|--|------------|
| Obesvarade   | 64         |
| Returnerade oifyllda enkäter                         | 14         |
| Uppfylldes ej studiens krav                          | 32         |
| Uppfylldes studiens krav men valde att inte medverka | 13         |
| Delvis besvarade                                     | 5          |
| Fullständigt besvarade                               | 72         |
| Antal utskick  | 200        |

Av de 32 stycken som inte uppfyllde studiens uppställda krav uppgav 11 stycken att de har kallvind men att de haft problem med läckage på sin vind varför de är utanför målpopulationen. Av de sammanlagt 122 stycken husägare som besvarat frågan om de har kallvind eller ej har 83 % kallvind, se Bilaga 3. Med ett signifikansnivå på 5 % innebär detta att  $83 \% \pm 7 \%$  av alla Västra Götalands friliggande småhus kan antas ha kallvind, enligt beräkningar med ekvation (8.1). Detta kan jämföras med de 65 % som uppskattats av Anticimex (Brogren 2006).

Nedan följer en redovisning av besvarade frågor på enkäten:

Av husen som ingått i studien är det äldsta byggt 1878 och det yngsta 2003. Fördelningen åskådliggörs i Figur 7.1. En husägare lämnade denna fråga obesvarad.



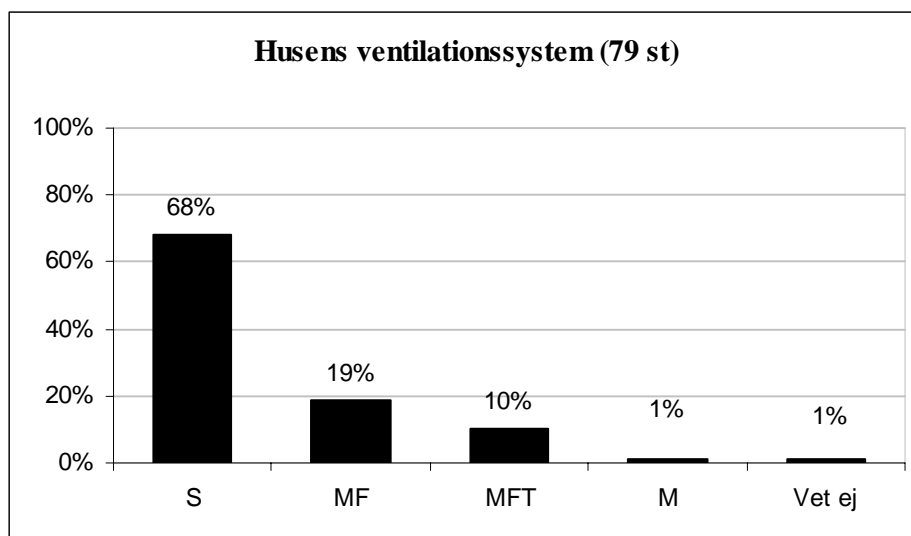
Figur 7.1 Stapeldiagrammet visar fördelningen av husens byggnadsår.

Hushållens storlek fördelades enligt Tabell 7.3. Den visar att en majoritet, drygt 40 % (35 stycken) av hushållen bestod av två personer.

Tabell 7.3 Uppställningen visar fördelningen av hushållens storlek.

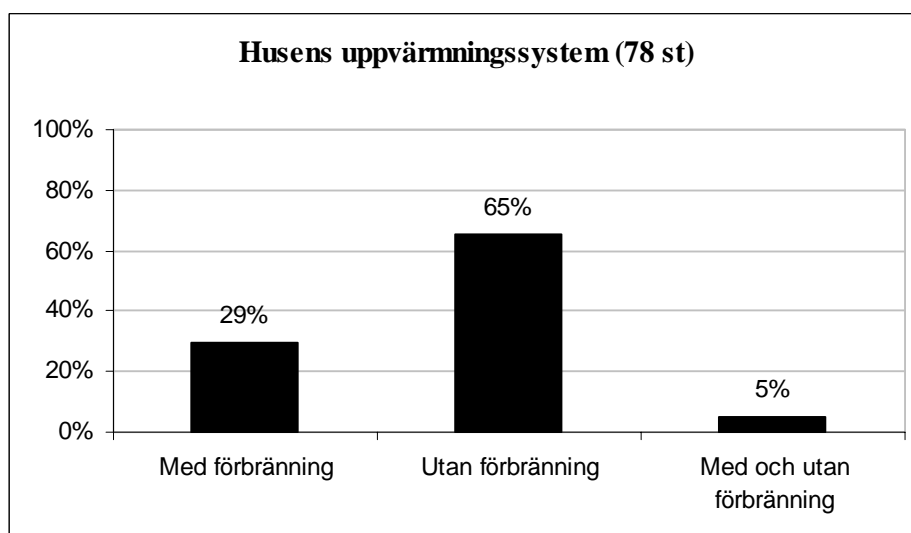
| Hushållens storlek   | Antal [st] |
|----------------------|------------|
| 1 person             | 5          |
| 2 personer           | 35         |
| 3 personer           | 12         |
| 4 personer           | 18         |
| 5 personer           | 4          |
| 6 personer           | 4          |
| 7 personer           | 1          |
| Totalt antal hushåll | 79         |

Husens ventilationssystem fördelas enligt Figur 7.2. Där åskådliggörs bland annat att 68 % (54 stycken) av alla studerade hus har självdragsventilation.



Figur 7.2 Stapeldiagrammet visar fördelningen mellan husens ventilationssystem; självdrag (S), mekanisk frånluftsventilation (MF), mekanisk från- och tilluftsventilation (MFT) och mekanisk ventilation av för husägaren okänd typ (M).

Husen uppvärmningssystem fördelades enligt Figur 7.3. Där åskådliggörs att uppvärmning utan förbränning, exempelvis med el eller fjärrvärme står för 65 % (51 stycken) av uppvärmningssystemen. En husägare lämnade denna fråga obesvarad.



Figur 7.3 Stapeldiagrammet visar fördelningen mellan husens uppvärmningssystem. Med förbränning omfattar eldning av exempelvis olja eller biobränslen och utan förbränning omfattar exempelvis el eller fjärrvärme.

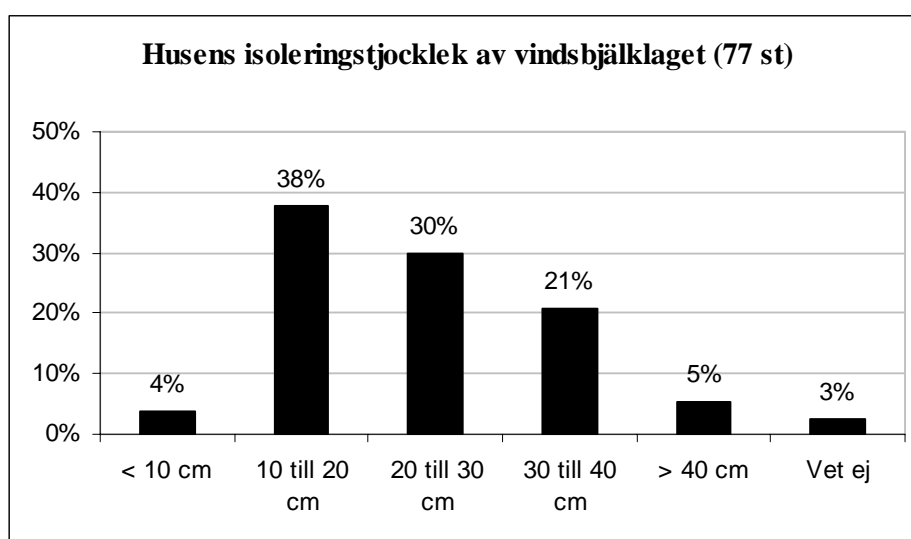
På frågan om placeringen av kallvindens ingången svarade 81 % (64 stycken) att kallvinden nås inifrån och 16 % (13 stycken) att kallvinden nås utifrån. Resterande 3 % (2 stycken) har ingång både inifrån och utifrån.

På frågan om övriga genomföringar i vindsbjälklaget, förutom eventuell lucka, uppgav 68 % (52 stycken) att de har genomföringar och 30 % (23 stycken) att de inte har genomföringar. Resterande 2 % anger att de inte vet (1 stycken). Tre husägare lämnade frågan obesvarad.

Av alla husägare har fem stycken, av 78 stycken som besvarade frågan, någon gång sett kondensvatten på yttertakets inneryta. Att de är osäkra och inte vet uppgav åtta stycken medan 65 stycken inte har sett kondens. Alla de som sett kondens har uppmärksammat detta vintertid i riktningarna norr (1 stycken), öster (1 stycken), sydost (1 stycken) och två husägare vet inte i vilken riktning detta uppmärksammas.

På frågan om de uppmärksammat mögelpåväxt eller mögellukt på föremål förvarade på vinden uppgav 23 stycken att de inte förvarar föremål på vinden och av resterande husägare har 5 % (3 av 55 stycken) uppmärksammat mögel. En husägare lämnade denna fråga obesvarad.

Husens isoleringstjocklek i vindsbjälklaget fördelades enligt Figur 7.4. Där åskådliggörs att en isoleringstjocklek mellan 10 och 20 cm är vanligast, 38 % (29 stycken). Två husägare lämnade denna fråga obesvarad.



Figur 7.4 Stapeldiagrammet visar fördelningen mellan husens isoleringstjocklek av vindsbjälklaget.

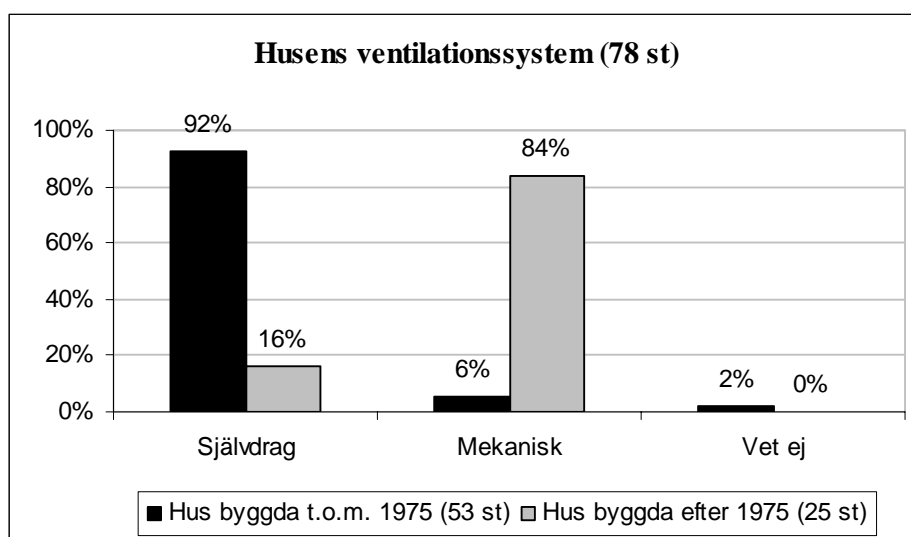
På frågan om materialet på yttertakets inneryta uppgav 86 % (68 stycken) att de har råspont, 9 % (7 stycken) att de har plywood och övriga 5 % (4 stycken) att de har annat material eller inte vet vilket material yttertakets inneryta består av.

Vid den okulära besiktningen av yttertakets inneryta uppgav 17 % (13 stycken) av husägarna att de ser mögelpåväxt, 1 % (1 stycken) att de kanske ser mögelpåväxt och resterande 82 % (64 stycken) att de inte ser någon mögelpåväxt alls. Av de husägare

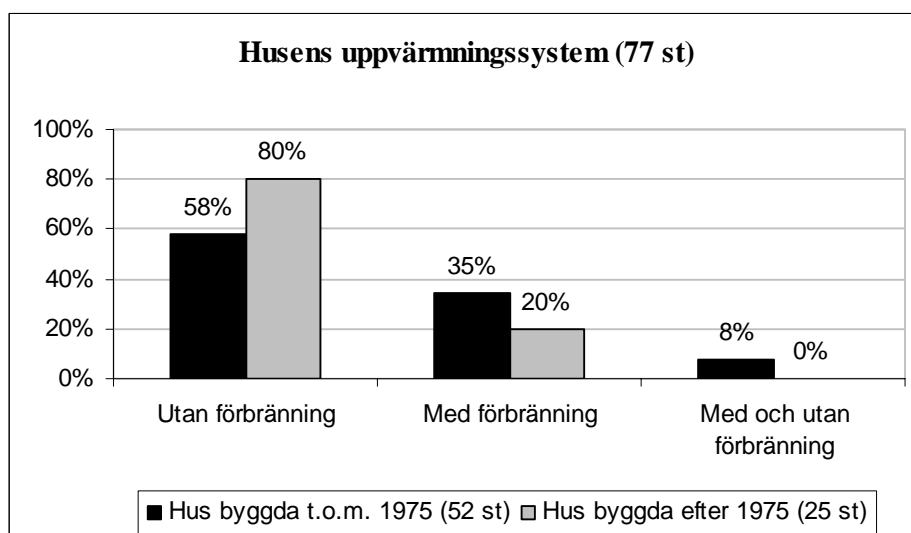
som uppgav att de ser mögelpåväxt beskrevs lokaliseringen och den angripna ytans storlek, för svar se Bilaga 3. En husägare lämnade denna fråga obesvarad.

### 7.1.4 Analys

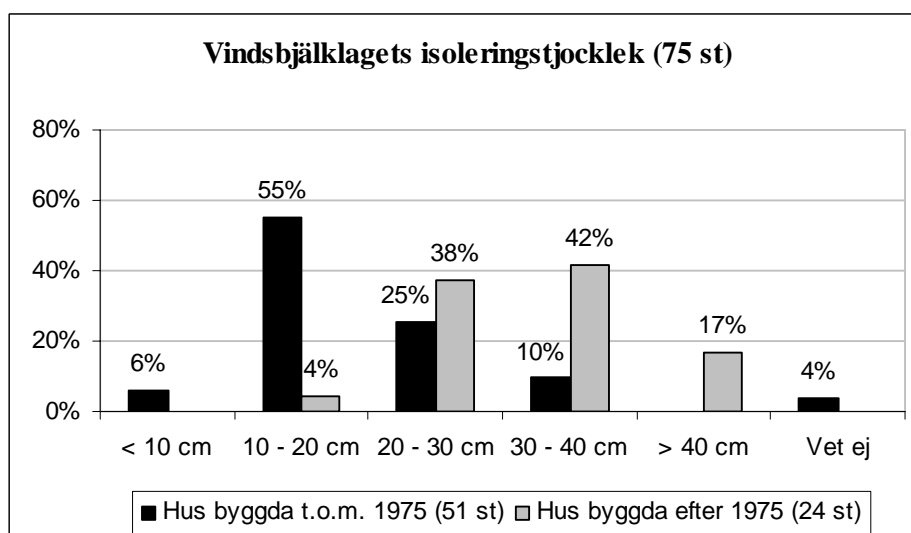
Av svaren kan utläsas att en bra spridning på husens ålder har erhållits vid slumpningen. Vid en indelning av husen byggda fram till 1975 och efter 1975 kan skillnader i husbyggnadstekniken tydligt särskiljas. År 1975 utgav Statens planverk en ny Svensk Byggnorm vilken innehöll uppdaterade föreskrifter för att säkerställa god hälsa och säkerhet för de boende/verkande i huset samt allmänna råd med exempel på lämpliga tekniska lösningar. För skillnader i fördelning av ventilationssystem se Figur 7.5, för uppvärmningssystem se Figur 7.6 och för vindsbjälklagets isoleringstjocklek se Figur 7.7.



Figur 7.5 Stapeldiagrammet visar fördelningen av ventilationssystem för hus byggda före och efter 1975.



Figur 7.6 Stapeldiagrammet visar fördelningen av uppvärmningssystem för hus byggda före och efter 1975.



Figur 7.7 Stapeldiagrammet visar fördelningen av vindsbjälklagets isolering för hus byggda före och efter 1975.

Av de 79 besvarade enkäterna har en dryg tredjedel varit ”felaktiga” i sin ifyllnad. Antingen har frågor lämnats obesvarade eller så har flera alternativ valts där endast ett ska väljas. Vidare har alternativ ibland saknats varför husägarna skrivit sina svar vid sidan om. På frågan om vindsbjälklagets isoleringstjocklek har författarna genom ett misstag utelämnat ett alternativ på över 40 cm isolering varför detta har bidragit till några ”felifyllda” enkäter.

## 7.2 Fuktkvotsmätning

Luftens fukttinnehåll påverkar materialen, som tidigare beskrivits i avsnitt 2.2, på så vis att materialen absorberar eller desorberar fukt för att ställa in sig i jämvikt med omgivande luft. Luftens fukttinnehåll på kallvinden beror av aktuella fukttransporter till och från vinden, beskrivna i avsnitt 4.1. En kallvind ska, om allt fungerar som projekterat, enbart påverkas av utomhusklimatet och eventuella värmekällor på vinden, exempelvis en varm murstock. En mätning av fuktkvoten i ett materialprov från takstolen bör därför ge ett resultat som ligger i nivå med ett medelvärde av utomhusklimatets relativa fuktighet under en period före provtagningen. Ett lägre värde än väntat skulle tyda på att vinden tillförs värme och ett högre värde skulle tyda på att vinden tillförs fukt genom konvektion och diffusion över vindsbjälklaget från den bebodda ytan.

### 7.2.1 Metod

För att möjliggöra en kvantitativ kartläggning av fuktbelastningen på kallvindar krävdes en metod där husägarna själva kunde utföra provtagningen. Valet föll på en fuktkvotsmätning där även analysen är enkel och kunde utföras kontinuerligt på Chalmers tekniska högskola. Vidare motiverades provtagningsmetoden av att husägarna kunde genomföra alla delar av undersökningen på en och samma gång utan väntetider.

Provbitarna från takstolen togs av husägarna själva. I enkäten instruerades husägarna att ta ett 1 cm<sup>3</sup> stort materialprov från takstolen med medskickat stämjärn. Husägarna uppmanades sedan att placera provet i dubbla förslutningsbara blixtlåspåsar i plast på 70x100 mm respektive 100x150 mm. Proven skickades tillbaka till avsändaren i medföljande returkuvert.

Fuktkvotsmätningen utfördes vid tre tillfällen på Chalmers tekniska högskola i laborationslokaler tillhörande Avdelningen för byggnadsteknologi. Fuktkvoten bestämdes genom ett uttorkningsprov där provbitarna vägdes innan och efter ett dygns uttorkning i 105 °C. Provbitarna vägdes på en kalibrerad våg med en noggrannhet på en tusendels gram.

För att kunna relatera resultaten till utomhusklimatet sammanställdes dygnsmedelvärden för relativ fuktighet på sex av SMHI:s mätstationer i Västra Götalands län under oktober och november månad år 2006. Tre av mätstationerna ligger i kustklimat, Göteborg, Måseskär och Nordkoster medan övriga tre anses ha inlandsklimat, Kymbo, Rångedala och Blomskog. Husen delades sedan in geografiskt efter mätstationerna och fuktkvoten jämfördes mot den förväntade.

Vid beräkning av den förväntade fuktkvoten i takstolen användes en generell sorptionskurva för trämaterial som bland annat återfinns i Nevander och Elmarsson (1994) och som visats i avsnitt 3.2, Figur 3.4.

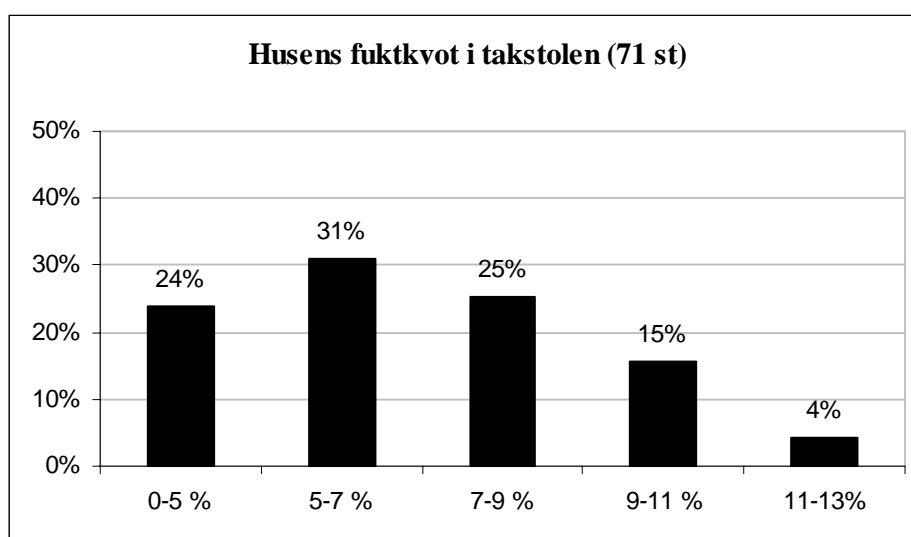
## 7.2.2 Felkällor

Den viktigaste felkällan som identifierades vid diskussioner kring metodval var risken för uttorkning av proverna innan analysen. Den mest kritiska punkten ansågs vara vid provtagningen då en snabb uttorkning skulle ske om husägarna inte placerade proverna i en lufttät miljö omgående efter provtagning. Genom att använda dubbla förslutningsbara blixtlåspåsar i plast med liten volym luft och genom att utföra analyserna kontinuerligt försöktes risken för uttorkning av provbiten efter provtagning att elimineras.

Felkällorna vid provtagning ökar då den överläts till husägarna. Missförstånd om var och hur provet ska tas samt vikten av att placera provbiten i en lufttät miljö i direkt anslutning till provtagningen kan leda till ojämförbara och missvisande prover. För att minska de riskerna fick personer utan kunskap inom byggnadsteknik läsa igenom instruktionerna för att ge sina kommentarer innan den färdiga versionen skickades ut till husägarna. Felkällorna vid mätningen på Chalmers tekniska högskola kan i detta sammanhang betecknas som mycket små. Mätningarna utfördes av författarna själva på ett konsekvent sätt och i samråd med tekniker på Avdelningen för byggnadsteknologi.

## 7.2.3 Resultat

Husens uppmätta fuktkvot i provbiten från takstolen fördelas enligt Figur 7.8. Där åskådliggörs att 31 % (22 stycken) hus har en fuktkvot mellan 5 till 7 % i takstolen. En husägares prov var för litet för att kunna analyseras. För fullständiga svar med kommentarer se Bilaga 4.



Figur 7.8 Stapeldiagrammet visar fördelningen av fuktkvoter i husens takstolar.



## 7.2.4 Analys

Av 72 stycken insända prover har 71 stycken haft så bra kvalité att de kunnat analyseras. Dock var få prover likt önskad utformning (cirka 1 cm<sup>3</sup>) och en rad ytprover erhöles. Författarna anser därför att provtagningsmetoden har fungerat dåligt. I Figur 7.9 visas ett urval av provbitarna.



*Figur 7.9 Ett urval av provbitarna till fuktkvotsmätningen. Bilderna visar några ytprover samt provernas storleksytterligheter.*

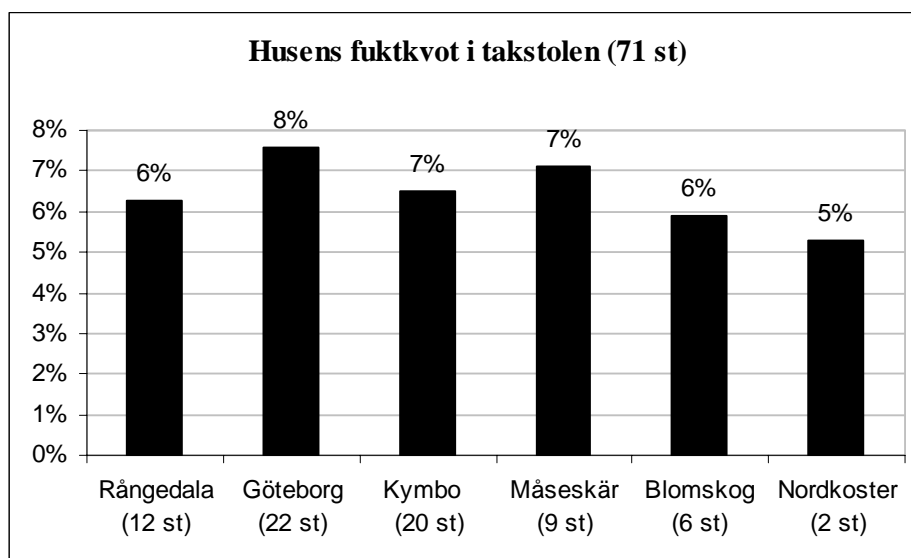
Husägarna var informerade om att stoppa provbiten i dubbla blyxlåspåsar i plast och noggrant försluta dem. I samband med fuktkvotsmätningen kontrollerades huruvida detta var uppfyllt och av alla prover så var en klar majoritet lagda i dubbla, väl förslutna plastpåsar.

Proverna indelades efter husets lokalisering i en klimatzon där mätdata av utomhusklimatets relativa fuktighet under oktober och november månad erhöles ifrån SMHIs mätstationer. Mätdata erhöles som beräknade dygnsmedelvärden. Enligt tidigare resonemang i kapitlet bör ventilerade kallvindar hålla ungefär samma relativa fuktighet som utomhusklimatet varför en uppskattad fuktkvot i takstolen kan erhöles med hjälp av en generell sorptionskurva, se avsnitt 3.2. Klimatzonernas relativa fuktighet samt bedömd fuktkvot i takstolen, om ingen värme tillförs kallvinden, visas i Tabell 7.4.

Tabell 7.4 Uppskattning av takstolens fuktkvot baserat på ett medelvärde av utomhusklimatets relativa fuktighet uppmätt från och med 3 oktober till och med 22 november 2006. Egen bearbetning (SMHI, 2006 och Petersson, 2004).

| Klimatzon | Mätstation | Lokalisering | RF [%] | Fuktkvot [%] |
|-----------|------------|--------------|--------|--------------|
| 1         | Rångedala  | inland       | 95,8   | > 25         |
| 2         | Göteborg   | kust         | 87,1   | ca 21        |
| 3         | Kymbo      | inland       | 90,4   | ca 23        |
| 4         | Måseskär   | kust         | 81,2   | ca 18        |
| 5         | Blomskog   | inland       | 92,7   | ca 24        |
| 6         | Nordkoster | kust         | 78,7   | ca 17        |

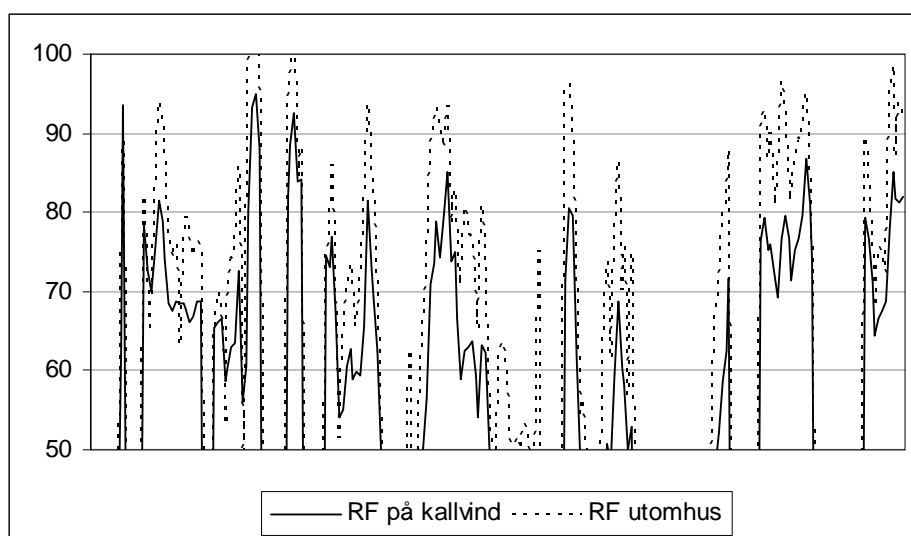
Utomhusklimatets temperaturvariationer under dygnet påverkar medelvärdet för den relativa fuktigheten varför fuktkvoten på kallvindar antagligen borde ligga något lägre än vad som framgår av Tabell 7.4. Dock motsvarar de uppmätta fuktkvoterna, se Figur 7.10, en betydligt lägre relativ fuktighet än den som utomhusklimatet motsvarar.



Figur 7.10 Stapeldiagrammet visar de uppmätta medelfuktkvoterna utifrån husens lokalisering.

Utifrån Figur 7.10 inses att de uppmätta medelfuktkvoterna inte heller följer relationen mellan de förväntade fuktkvoterna för de geografiska områdena och således kan ingen generell uppjustering av fuktkvoterna göras.

Vidare uppvisar inget av proverna en högre fuktkvot än drygt 11 % vilket skulle betyda att vindens relativa fuktighet ligger under 50 % på alla vindar! Detta skulle i sin tur innebära att vindarnas temperatur låg minst 5°C över temperaturen utomhus, se Tabell 4.1 i avsnitt 4.2.3. Så stora skillnader i klimat är inte sannolika och för att visa detta åskådliggörs nedan ett diagram över skillnad i relativ fuktighet utomhus och på en kallvind baserade på reella mätdata från SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitutets testvind i Borås, se Figur 7.11.



Figur 7.11 Diagrammet visar skillnaden i relativ fuktighet i utomhusluften i jämförelse med den på en kallvind under februari till oktober månad år 2006.

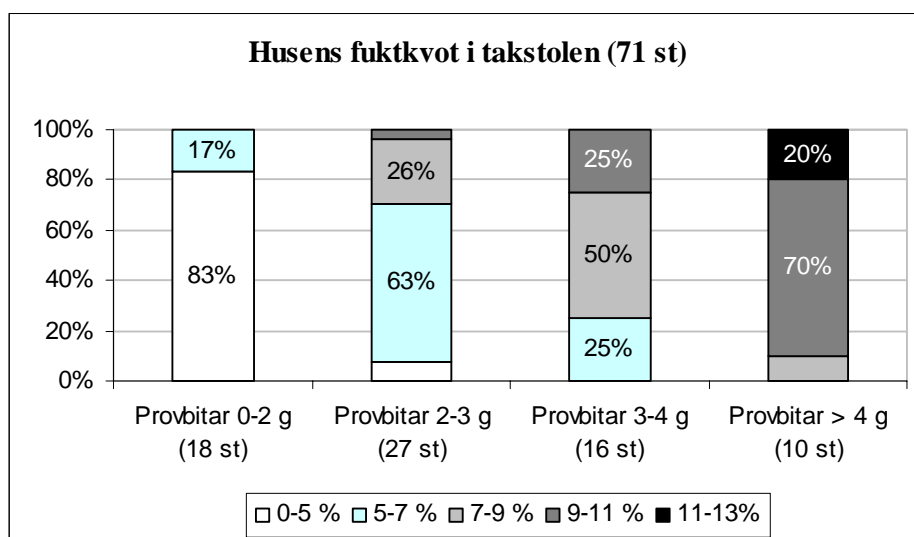
Som Figur 7.11 visar ligger den relativa fuktigheten cirka 10 % lägre på testvinden i jämförelse med utomhus. Värden på noll visar att ingen data finns från det planerade mättilfället och värden på över 100 % *RF* betyder enbart att luften är fuktmättad. Enligt Tabell 7.4 skulle den relativa fuktigheten på kallvindarna i vår studie ligga som lägst på knappt 70 %, efter en sänkning av den relativa fuktigheten på vinden med 10 % relativt utomhus. Detta motsvarar en fuktkvot på drygt 15 %, vilket enligt tidigare studier är normalt för årstiden.

För att ytterligare stödja att fuktkvoterna ligger för lågt med avseende på årstiden har en beräkning utförts med hjälp av programmet KFX06-4, utarbetat på Chalmers tekniska högskola av forskningsassistent Mats Rodhe på Institutionen för bygg- och miljöteknik. Programmet beräknar materials temperatur, fukthalt, ånghalt och relativa fuktighet utifrån klimatdata, beskriven i form av en sinuskurva. Författarna har valt att approximera kallvindens klimat till ett genomsnittligt utomhusklimat för Göteborg (Pettersson, 2004). Beräkningen utförs på en 15 cm tjock takstol av gran och resultatet är från månadsskiftet oktober-november ett genomsnittligt år. I Bilaga 5 visas indata och resultat från beräkningen. Resultaten visar att fuktkvoten bör ligga över 15 %.

Med tanke på det ovanligt höga temperaturer under sommaren och hösten 2006 kan det vara rimligt att anta att fuktkvoten kan ligga något lägre än för ett genomsnittligt år vilket används i beräkningarna i KFX06-4. Dock antas inte årets klimat kunna

förklara hela skillnaden mellan de uppmätta och de förväntade resultaten på fuktkvotsmätningen.

Med hänsyn till ovanstående resonemang konstateras att fuktkvotsmätningen med allra största sannolikhet inte kan verifieras och följaktligen inte är tillförlitlig. För att utvärdera vad som gått fel har en analys av påverkan från provbitarnas vikt och tjocklek på fuktkvoten utförts, se Figur 7.12.



Figur 7.12 Stapeldiagrammet visar fördelningen av fuktkvoter i husens takstolar utifrån provbitarnas vikt.

Analysen underbygger teorin om att provbitarna torkat eftersom de lätta proverna, vilka till stor del bestod av flera små provbitar eller ytprover, har en stor yta relativt sin volym och således kan få en snabbare uttorkning i rumsluft.

En känslighetsanalys utifrån provbitarnas tjocklek har utförts för att justera upp alla fuktkvoter 5 % och se hur långa tider i rumsluft som provbitarna skulle legat för att ge detta uppjusterade värde. Beräkningarna återfinns i Bilaga 6.

För en uppjustering på 5 % av fuktkvoterna erhålls en genomsnittlig tid i rumsluft på 1,6 timmar. Den genomsnittliga fuktkvoten för alla prover uppgår innan justeringen till 6,7 % och således till 11,7 % efter uppjusteringen. Författarna misstänker att missförstånd om när provbitarna skulle läggas i plastpåsar kan ha lett till att ett flertal av proverna legat framme i rumsluft under en längre tid. Detta eftersom otydliga instruktioner i enkäten har identifierats. I enkäten poängteras endast vikten av att försluta påsarna väl men inte att provbitarna måste läggas i plastpåsar i direkt anslutning till provtagningen.

Ytterligare uttorkning kan ha skett genom de dubbla blixtlåspåsarna i plast (LDPE, polyester, 50 micron) från provtagningstillfället till mättillfället. Vid en lagringstid på 2 veckor i rumstemperatur på 22 °C med en ånghalt 7,5 g/m<sup>3</sup> kan för en provbit som initialt höll 75 % RF avges 0,00002 g/cm<sup>2</sup> enligt en stationär diffusionsberäkning. Detta kan således endast förklara en mycket liten del av uttorkningen av provbitarna.

Fuktkvotsmätningen kommer, utan helt klarlagd orsak till antagen uttorkning, inte att användas varken i sin helhet eller delvis i rapportens vidare analys och hypotesprövning.

## 7.3 Mykologisk analys

Vid en mykologisk analys kan mikrobiella angrepp, som ofta är osynliga för blotta ögat, på material studeras (Johansson med flera, 2006). I kapitel 3 beskrivs förutsättningarna för att trä och träbaserade material ska angripas av mögelsvamp. Vid höga fuktbelastningar dominerar tillväxten av just mögelsvamp men även angrepp av rötsvampar och insekter är vanliga mikrobiella angrepp. Viktigt att notera är att en mykologisk analys inte ger svar på huruvida angreppet är pågående eller avslutat. Det vill säga att ett material som varit utsatt för ett mögelsvampangrepp under husets byggtid kommer att uppvisa förekomst under hela husets livstid.

Enligt dagens byggregler från Boverket anser författarna att en mykologisk analys inte ska kunna påvisa någon förekomst av mikrober då detta betyder att det högsta tillåtna fukttillståndet (75 % *RF*) måste ha överträts under en längre period. För äldre hus finns inga liknande regler och tidigare studier, utförda av Anticimex, uppskattar att 10 % av landets kallvindar är allvarligt angripna av mögelsvamp (Brogren, 2006).

### 7.3.1 Metod

En mykologisk analys har möjlighet att ge en bild av fuktbelastningen under hela husets livstid varför denna metod ansågs vara ett bra komplement till fuktkvoten som enbart ger en aktuell bild. De uppskattade stora riskerna för betydande felkällor vid mätning av fuktkvoten gjorde också att författarna strävade efter en "säkrare" undersökning.

Provbitarna från yttertakets inneryta togs av husägarna själva. I enkäten fanns instruktioner hur ett 4 cm<sup>2</sup> stort materialprov från ytan skulle tas med medskickat stämjärn och sedan placeras i en blixtlåspåse i plast. Husägarna uppmanades att ta provet där mögelpåväxt uppmärksammades och om ingen mögelpåväxt var synlig, på den yta som vette mest mot norr. Proven skickades sedan tillbaka till avsändaren.

Mykologiska analysen utfördes av Gunilla Bok, doktorand vid Göteborgs universitet. Analysen bestod av två delar; okulärbesiktning och frekvensberäkning. En okulär besiktning genomförs på ett inaktivt prov med lupp (50 gångers förstoring) för att bedöma eventuell förekomst av mögelsvamp samt insektsrester och -exkrementer. Frekvensberäkning genomförs på mekaniska avskrap från provbiten. Avskrapen tillförs en saltlösning som studeras med hjälp av mikroskop (500 gångers förstoring). För att bedöma frekvens används sedan ett rutnät på 10x10 mm som placeras i mikroskopets okular. Antalet rutor innehållande mikroorganismer avgör frekvensen enligt en bestämd skala från Botaniska Analysgruppen i Göteborg AB. Proverna indelades efter bedömningen i; ingen/sparsam/måttlig/riklig förekomst av hyfer respektive sporer (Samuelson med flera, 1999).

Tyvärr kunde ingen aktivitetsmätning av mögelsvampangreppen utföras då de måste genomföras inom 48 timmar från provtagningen. En aktivitetsmätning hade kunnat ge svar på huruvida angreppet var pågående eller ej.

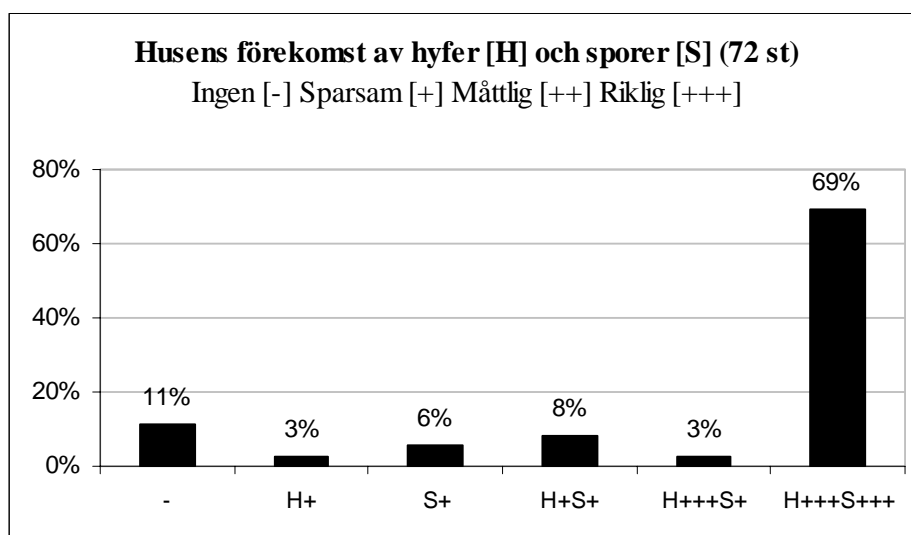
### 7.3.2 Felkällor

Felkällorna vid provtagning ökar då den överläts till husägarna. Missförstånd om var och hur provet ska tas kan leda till ojämförbara prover. Felkällorna vid denna provtagning antogs på förhand vara mindre än fuktkvotsmätningen. Provtagningen bedömdes lättare att utföra och provet var inte känsligt för yttre påverkan efter provtagningen på samma sätt som materialprovet till fuktkvotsmätningen.

För att minska felkällorna vid analysen bedömdes alla proverna av samma person vid ett fåtal tillfällen under en kortare period.

### 7.3.3 Resultat

Husens förekomst av hyfer respektive sporer på provbiten från yttertaketets inneryta fördelas enligt Figur 7.13. Där åskådliggörs att 69 % (50 stycken) har riklig förekomst av både hyfer och sporer. För fullständiga svar med kommentarer se Bilaga 7.



Figur 7.13 Stapeldiagrammet visar fördelningen av förekomsten av hyfer (H) respektive sporer (S) på yttertaketets inneryta.

Botaniska Analysgruppen i Göteborg AB förklarar sin indelning på följande sätt; sparsam förekomst betraktas som normalt, måttlig förekomst innebär en förhöjning av förekomsten som visar på en kortare periods uppfuktning och riklig förekomst betyder att fuktpåverkan har pågått under en längre tid och att fuktskador ofta med dålig lukt till följd har uppkommit (Bok, 2006).

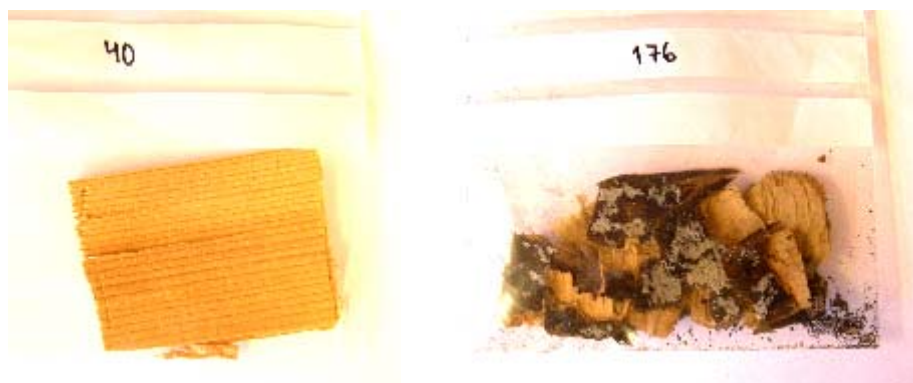
I kommentarerna till analysen finns uppgifter på om insektsrester och/eller insektsexkrementer hittats. Insektsrester och -exkrementer återfinns endast i virke som varit fuktigt, eftersom insekter kräver hög fuktighet vid sin etablering. Tillsammans med ett mögelsvampangrepp skapar de ett litet kretslopp där insekterna lever av svamphyfer och deras exkrementer ger mögelsvamparna tillgång till kväve vilket kan vara en begränsningsfaktor på fuktigt virke (Bok, 2006). Således kan insekterna bidra till ett kraftigare angrepp. I analysen har 32 stycken prover med insektsrester och/eller insektsexkrementer återfunnits. Vidare finns i kommentarerna uppgifter på om fruktkroppar hittats. Förekomst av fruktkroppar är ett tecken på att mögelpåväxten pågått en tid i för mögelsvampen gynnsamma förhållanden, se mögelsvampars livscykel Figur 3.2 i avsnitt 3.1. I resultaten återfinns fem stycken prover med fruktkroppar.

### 7.3.4 Analys

Av 73 stycken insända prover har 72 stycken haft så bra kvalitet att de kunnat analyseras. Provbitarna var i de allra flesta fall enligt önskad utformning och provtagningsmetoden har således fungerat mycket väl.

Husägarna var informerade att ta prover där de såg mögelpåväxt vilket endast 13 stycken gjorde och annars på den takyta som vette mest mot norr. Det kan alltså antas att provbitarna är tagna slumpvis fördelade över takets inneryta, oberoende av var otätheter och ventiler är placerade.

Att mögelpåväxt kan vara osynligt för blotta ögat kan resultaten från den mykologiska analysen och bilderna i Figur 7.14 visa. Båda provbitarna har riklig förekomst av mögelsvamp.

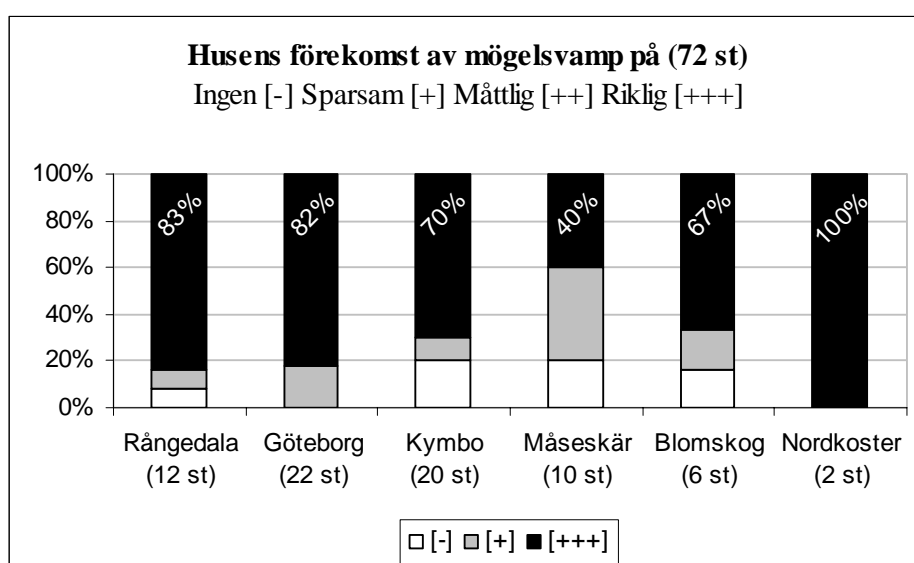


Figur 7.14 Exempel på provbitar med riklig förekomst av mögelsvamp.

En riklig förekomst av sporer utan hyfer kan betyda att det finns ett mögelsvampangrepp i närheten av platsen där provet togs. Bland analyserade prover förekom aldrig sporer i riklig mängd utan hyfer. Detta kan tyda på att mögelsvampangreppen är utbredda över större delar av yttertakens inneryta. Författarna drar utifrån detta och provtagningens slumpvisa lokalisering slutsatsen att stora delar av yttertakens inneryta är utsatta för höga fuktbelastningar och att detta således inte enbart är ett punktproblem på särskilt utsatta delar av takkonstruktionen.

Att resultaten påvisar en så stor andel av riklig förekomst av mögelsvamp och ingen andel av måttlig förekomst förklarar Gunilla Bok (2006) enligt följande; ”om man har kondens på en kallvind så kan det bli mycket fuktigt vilket kan medföra att en snabb etablering och en snabb tillväxt kan ske”. Vidare förklarar hon att råspont och träfiberskivor är utmärkta substrat för mögelsvampar att växa på. De har på grund av sin textur en förstörd tillväxtyta som också kan absorbera mycket vatten och därför ger goda förutsättningar för tillväxt av mögelsvampar. Författarna drar utifrån detta slutsatsen att om kallvindar har höga fuktbelastningar i samband med gynnsam tillväxttemperatur så erhålls en kraftig tillväxt av mögelsvamp.

För att se eventuella skillnader i förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta för inlands- respektive kustklimat, se Figur 7.15.



Figur 7.15 Stapeldiagrammet visar hur förekomsten av mögelsvamp på yttertaketets inneryta varierar för inlands- respektive kustklimat (Rångedala/ Kymbo/Blomskog respektive Göteborg/Måseskär/Nordkoster).

Till inlandsklimat hör mätstationerna Rångedala, Kymbo och Blomskog och resterande mätstationerna hör till kustklimat. Enligt TenWolde och Rose (1999) bör ventilerade kallvindar i kalla kustklimat vara mer drabbade av fuktproblem än de kallvindar i inlandsklimat. Resultaten i Figur 7.15 stödjer inte detta resonemang varför författarna drar slutsatsen att klimatens variationer i det begränsade geografiska området, Västra Götalands län, är för små för att ge skillnader i fuktproblem på kallvindar.



## 8 Hypotesprövning

Prövningen av studiens uppställda hypoteser, av faktorer som antas öka kallvindars fuktproblem, återfinns i kapitel 6 och utgår ifrån kartläggningens resultat presenterade i kapitel 7. Eftersom fuktkvotsmätningens resultat har förkastats, se avsnitt 7.2.4, kommer hypotesprövningen endast att utgå från den mykologiska analysens resultat och enkätsvaren.

För att underlätta analysen kommer ingen uppdelning av förekomst av sporer respektive hyfer att göras i resterande del av rapporten. Detta eftersom en riklig förekomst av endast sporer eller hyfer förekommer i knappt 4 % av fallen. I resterande 96 % av fallen är förekomsten av hyfer och sporer densamma. Mögelsvampangrepp kommer därför att presenteras endast efter indelningen ingen, sparsam, måttlig eller riklig förekomst. Ingen eller sparsam förekomst kommer att betraktas som normalt (Bok, 2006). Måttlig och riklig förekomst kommer att betraktas som fuktproblem enligt tidigare definition, se kapitel 6.

Metoden för hypotesprövningen valdes i samråd med docent Aila Särkkä och universitetslektor Fredrik Lundin (2007) på Institutionen för matematiska vetenskaper vid Chalmers tekniska högskola. Utifrån uppställda hypoteser söks eventuella samband mellan variabler genom grafiska metoder i Microsoft Excel. För att säkerställa resultat beräknas konfidensintervall för andelar och skillnader mellan andelar enligt ekvation (8.1) (Devore och Farnum, 1999). Intervallet begränsas uppåt av sista delen i ekvation (8.1).

$$p \pm z \cdot \sqrt{\frac{p \cdot (1-p)}{N}} < \sqrt{\frac{1}{4 \cdot N}} \quad (8.1)$$

$$(p_1 - p_2) \pm z \cdot \sqrt{\frac{p_1 \cdot (1-p_1)}{N_1} + \frac{p_2 \cdot (1-p_2)}{N_2}} < \sqrt{\frac{1}{4 \cdot N_1} + \frac{1}{4 \cdot N_2}}$$

vilka gäller då  $N \cdot p > 5$  och  $N \cdot (1-p) > 5$  (säkerställer normalfördelning)

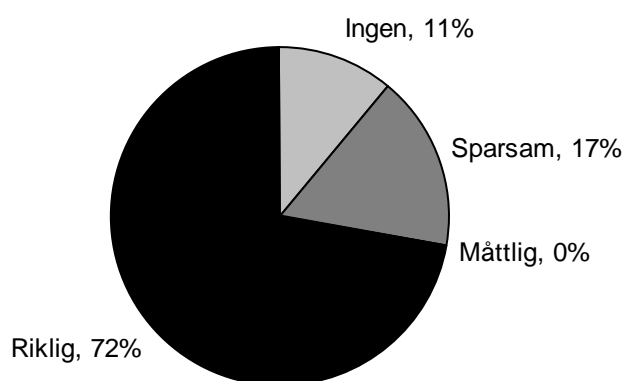
|     |  |
|-----|--|
| $p$ | skattad andel [-]  |
| $z$ | kritiskt värde beroende av vald signifikansnivå och intervalltyp [-] |
| $N$ | antal [st]   |

I vissa fall har författarna tvingats tolka svaren i enkäterna till att passa givna alternativ, detta gäller ej resultaten i Bilaga 3 som visas i sin ursprungliga form. Det kan till exempel vara så att en husägare angav både mekanisk ventilation och självdragsventilation men samtidigt uppgav att den mekaniska ventilationen var i form av en köksfläkt. I detta fall har författarna klassat huset till självdragsventilerat.

Hypotesprövning följer nedan enligt den ordning som hypoteserna presenterades i kapitel 6 utan inbördes rangordning.

## 1. att mer än 50 % av alla befintliga småhus i Västra Götalands län har fuktproblem på kallvinden

Figur 8.1 visar en sammanställning av resultaten från den mykologiska analysen av samtliga provbitar. Det kan konstateras att 72 % av kallvindarna har riklig förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta.



Figur 8.1 Förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta för alla prover, totalt 72 stycken.

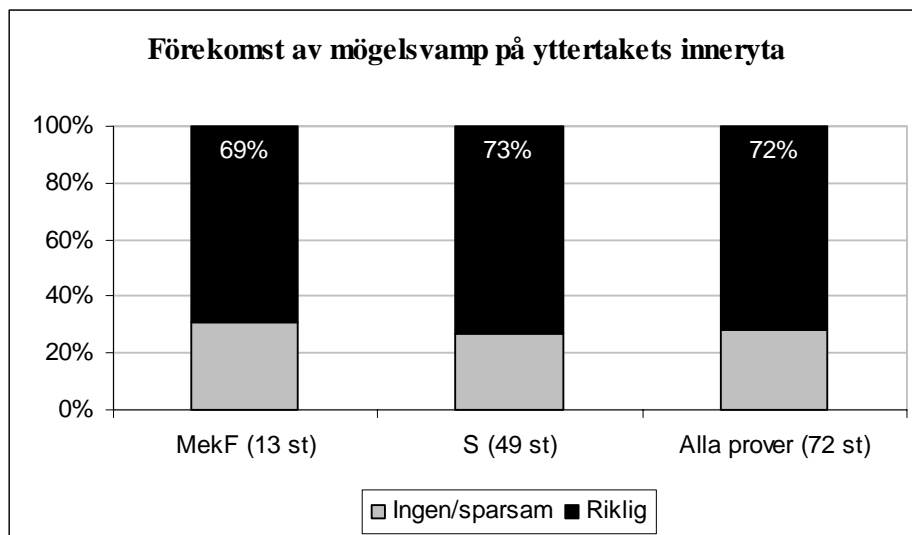
Med en signifikansnivå på 5 % skulle detta innebära att  $72 \% \pm 12 \%$  av Västra Götalands alla kallvindar kan antas ha fuktproblem. Författarna konstaterar att hypotes 1 kan beläggas statistiskt utifrån kartläggningens resultat. Viktigt att notera är att det inte finns någon information om mögelsvampangreppet är pågående eller ej och att kallvindarna i studien antas slumpmässigt fördelade och därför normalfördelade likt hela beståndet.

Anticimex uppskattning att 50 % av Sveriges alla kallvindar har eller riskerar att utveckla fuktproblem styrks härmed. Att andelen vindar med fuktproblem i Västra Götalands län ligger högre än riksgenomsnittet är väntat. Detta förklaras genom att länets klimatiska förhållanden ger högre fuktbelastningar på ventilerade kallvindar än i kallare klimat, se avsnitt 4.2.1.

## 2. att självdragsventilation eller mekanisk ventilation som skapar ett övertryck relativt vinden ökar risken för fuktproblem på kallvindar (hypotesen förutsätter att vindsbjälklaget inte kan anses som helt tätt)

I enkäten fick husägarna besvara frågor om husets ventilation (fråga 4 och 5) för att författarna skulle få information om husets tryckbild. Utifrån deras svar har en indelning av tryckförhållandet i den bebodda ytan relativt vinden gjorts. En mekanisk frånluftsventilation har antagits skapa ett undertryck relativt vinden och en självdragsventilation ett övertryck, se avsnitt 4.2.2. Hus med mekanisk till- och frånluftsventilation har inte tagits med i denna prövning eftersom skapad tryckbild beror av systemets injusteringar av till- och frånluft och således inte kunnat

kontrolleras. Det skapade övertrycket relativt vinden tros öka risken för fuktproblem på kallvindar på grund av en ökad drivkraft för konvektion. Resultatet från hypotesprövningen visas i Figur 8.2.



Figur 8.2 Förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta. En jämförelse mellan hus med mekanisk frånluftsventilation (MekF) och självdragsventilation (S).

Av Figur 8.2 framgår en marginell ökning av fuktproblem på kallvindar i hus med självdragsventilation jämfört med mekanisk frånluftsventilation och alla prover. Ökningen kan inte säkerställas statistiskt eftersom "MekF" inte kan antas normalfördelad, se ekvation (8.1).

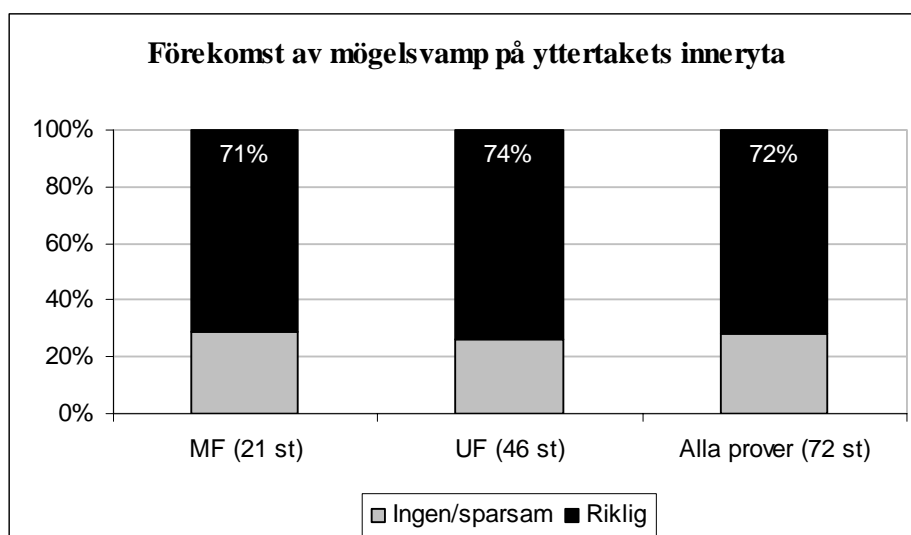
De hus med mekanisk frånluftsventilation har en snittålder på 17,5 år medan de hus med självdragsventilation har en snittålder på 54 år. De självdragsventilerade husen är således 3 gånger så gamla som de mekaniskt ventilerade. Anledningen till att skillnaden i mögelsvampförekomst är mindre än väntat för husen i urvalsgrupperna kan vara att husen är väldigt olika till ålder och därmed uppbyggnad varför de är svåra att jämföra.

Självdragsventilerade hus borde teoretiskt uppvisa en högre andel förekomst av mögelsvamp, på grund av den ökade risken för konvektion relativt de mekaniskt ventilerade husen. Vidare borde tätheten i vindsbjälklaget för de äldre husen vara sämre och således öka denna skillnad, se avsnitt 4.2.7. Författarna anser att den relativt höga andelen hus med riklig förekomst av mögelsvamp bland de mekaniskt ventilerade antingen kan bero på att stickprovsmängden inte kan anses normalfördelad eller inverkan av andra riskfaktorer. De mekaniskt frånluftsventilerade husen har en isoleringstjocklek i snitt över 30 cm, uppvärmningssystem utan förbränning (85 %) och en hög andel har plywood på yttertaketets inneryta (30 %). Detta kan jämföras med de självdragsventilerade husen som har en isoleringstjocklek i snitt på 20 cm och där 61 % har en uppvärmning utan förbränning. Vidare har endast 2 % av husen plywood som inneryta på taket.

Hypotes 2 kan inte beläggas statistiskt utifrån kartläggningens resultat på grund av för få antal prover utan författarna konstaterar endast att resultatet inte motsäger tidigare forskning kring detta, se avsnitt 5.3.

### 3. att uppvärmningssystem utan förbränning ökar risken för fuktproblem på kallvindar

I enkäten fick husägarna besvara en fråga om husets uppvärmningssystem (fråga 6) för att författarna skulle få information om husets termiska förhållanden. Utifrån deras svar har en indelning av uppvärmningssystem med och utan förbränning gjorts. Ett uppvärmningssystem med förbränning ökar kallvindens temperatur till följd av den varma murstocken, se avsnitt 4.2.3. Uppvärmning utan förbränning tros öka risken för fuktproblem på kallvindar på grund av lägre temperatur på kallvinden, se Tabell 4.1. Resultatet från hypotesprövningen visas i Figur 8.3.



Figur 8.3 Förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta. En jämförelse mellan hus med uppvärmningssystem med förbränning (MF) och utan förbränning (UF).

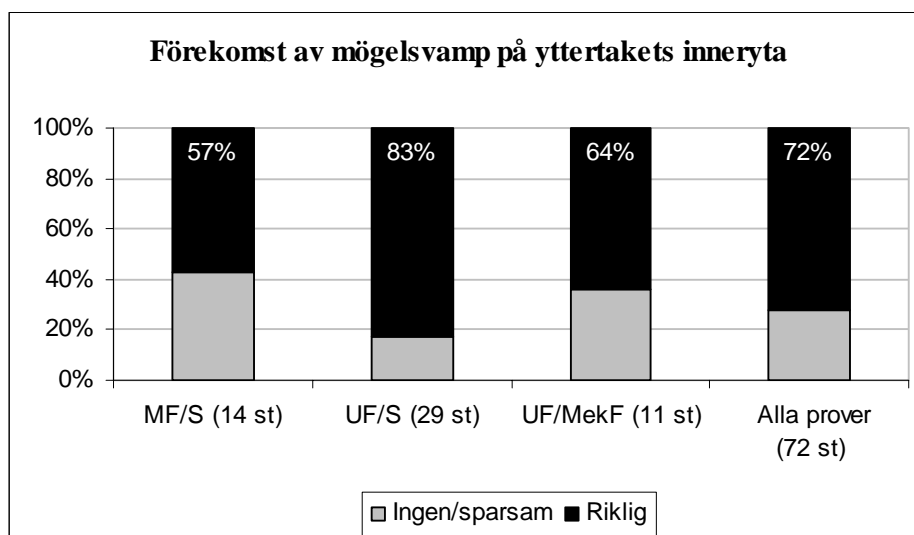
Av Figur 8.3 framgår en marginell ökning av fuktproblem på kallvindar i hus med uppvärmningssystem utan förbränning jämfört med uppvärmningssystem med förbränning och alla prover. Med en signifikansnivå på 5 % beräknas skillnaden enligt ekvation (8.1) till  $3 \% \pm 23 \%$  mellan hus med och utan förbränning i sitt uppvärmningssystem. Skillnaden är inte statistisk säkerställd eftersom den kan anta värden mellan 0 och  $-20 \%$  vilket betyder att det inte behöver finnas någon skillnad mellan förekomst av mögelsvamp hos hus med och utan förbränning.

De hus med uppvärmningssystem utan förbränning har en snittålder på 37 år medan de hus med förbränning har en snittålder på 50 år. Anledning till den relativt lilla skillnaden i ålder är de konverteringar av uppvärmningssystem som skett i gamla hus de senaste åren på grund av bidragssystem och höjda oljekostnader (Energi-

myndigheten [1], 2006). Den aktuella ålderskillnaden kan därför inte förklara det vaga sambandet mellan fuktproblem och uppvärmningssystem utan förbränning.

Hypotes 3 kan inte beläggas statistiskt utifrån kartläggningens resultat på grund av för få antal prover utan författarna konstaterar endast att resultatet inte motsäger tidigare forskning kring detta, se avsnitt 5.3.

Författarna väljer att pröva om en kombination av hypotes 2 och 3 kan beläggas. Uppvärmningssystem har inte enbart en påverkan på kallvindars temperaturer utan också på en eventuell självdragsventilation. Självdragsventilerade hus med uppvärmningssystem utan förbränning får en minskad luftomsättning på grund av en minskad skorstenseffekt i den bebodda ytan. Detta medför ett högre fuktinnehåll i inomhusluften (ökad drivkraft för diffusion) och ett ytterligare större övertryck relativt vinden (ökad drivkraft för konvektion). Hus med en ökad drivkraft för fukttransport till kallvinden i kombination med kallare temperaturer på vinden borde således teoretiskt öka risken för fuktproblem på kallvindar. Resultaten åskådliggörs i Figur 8.4.



Figur 8.4 Förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta. En jämförelse mellan självdragsventilerade hus (S) med uppvärmningssystem med förbränning (MF) och utan förbränning (UF) samt mekaniskt frånluftsventilerade hus (MekF) utan förbränning.

Av Figur 8.4 framgår en tydlig ökning av fuktproblem på kallvindar för hus med både självdragsventilation och uppvärmningssystem utan förbränning. För att säkerställa skillnaden till uppvärmningssystem med förbränning utifrån en signifikansnivå på 5 % krävs att konfidensintervallet är beräknat utifrån en signifikansnivå på högst 2,5 % på grund av två kombinerade variabler; uppvärmning och ventilation. Med en signifikansnivå på 5 % erhålls för självdragsventilerade hus en skillnad på 26 % ± 35 % mellan uppvärmningssystem med och utan förbränning. Skillnaden är inte statistisk säkerställd eftersom den kan anta värden mellan 0 och -9 % vilket betyder att det inte behöver finnas någon skillnad mellan förekomst av mögelsvamp hos självdragsventilerade hus med och utan förbränning. Kartläggningens resultat tyder dock på att det finns en skillnad dem emellan. Skillnaden till mekaniskt frånluftsventilerade hus

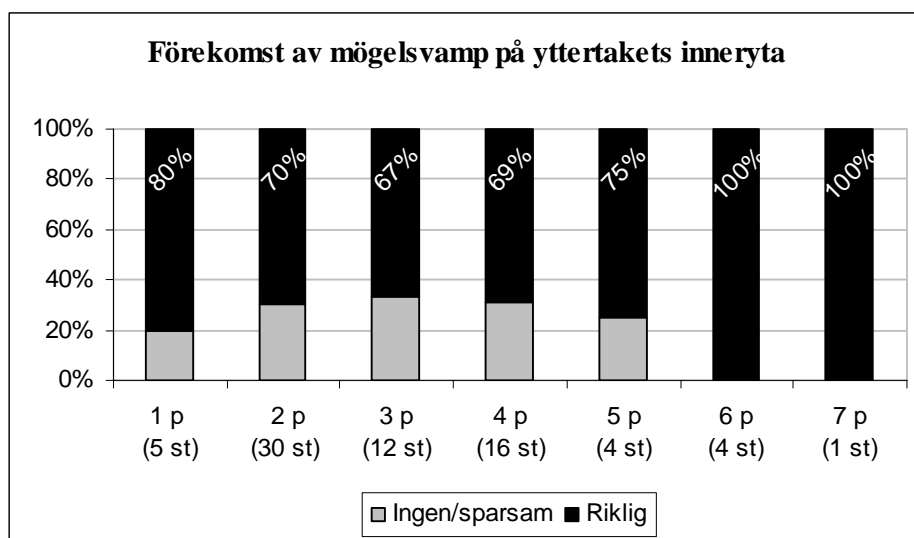
kan inte säkerställas statistiskt på grund av att "UF/MekF" inte kan antas normalfördelad enligt ekvation (8.1).

En kombination av hypotes 2 och 3 kan inte beläggas statistiskt utifrån kartläggningens resultat utan författarna konstaterar endast att resultatet inte motsäger tidigare forskning kring detta, se avsnitt 5.3.

#### 4. att stor fuktproduktion i den bebodda ytan ökar risken för fuktproblem på kallvindar

(hypotesen förutsätter att vindsbjälklaget inte kan anses som helt tätt)

I enkäten fick husägarna besvara en fråga om antalet personer i hushållet (fråga 3) för att författarna skulle få information om husets fuktproduktion. Antalet personer antas motsvara storleken på husets fuktproduktion. Ett bättre mått torde vara antalet personer per kvadratmeter, vilket författarna tyvärr förbisett vid utformning av enkäten. En hög fuktproduktion ökar fuktinnehållet i den bebodda ytan och således tros risken för fuktproblem öka genom en ökad drivkraft för fukttransport till kallvinden genom diffusion, se avsnitt 4.2.4. Vidare ökar omfattningen av fukttransporten till kallvinden när konvektion är aktuell. Resultatet från hypotesprövningen visas i Figur 8.5.



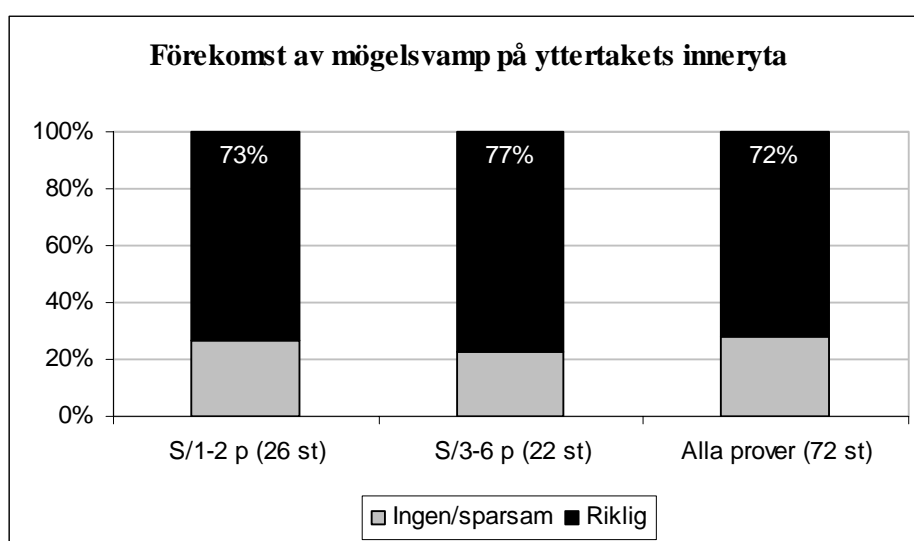
Figur 8.5 Förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta. En jämförelse mellan hus med olika antal personer i hushållet och med den uppskattning på fuktproduktionens storlek i den bebodda ytan.

Av Figur 8.5 framgår ingen ökning av fuktproblem på kallvindar i stora hushåll jämfört med små hushåll. Stickprovsmängderna kan dock inte antas normalfördelade på grund av för få antal prover, se ekvation (8.1).

Snittåldern på husen i de olika grupperna är fördelade enligt; 1 p – 62 år, 2 p – 44 år, 3 p – 36 år, 4 p – 44 år, 5 p – 32 år, 6 p – 47 år och det enda hushållet med 7 personer hade en ålder över 100 år. Utifrån denna uppdelning kan konstateras att ensam-

hushållen med största sannolikhet varit större någon gång under huset livstid och således kan deras höga förekomst av mögelsvamp i Figur 8.5 förklaras. För resterande grupperingar kan en vag tendens till ökade fuktproblem vid ökat antal personer i hushållet urskiljas. Antalet hus per gruppering är dock få och således anses inte hypotes 4 kunna beläggas utifrån kartläggningens resultat.

En hög fuktbelastning i den bebodda ytan påverkar endast kallvinden om en fukttransport genom vindsbjälklaget från den bebodda ytan sker. Diffusionens inverkan kan försummas vid förekomst av konvektiv fukttransport. Självdragsventilerade hus ökar den konvektiva transporten genom vindsbjälklaget, vid förekomst av otätheter, varför en kombination av hypotes 2 och 4 studeras, se Figur 8.6.



Figur 8.6 Förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta. En jämförelse mellan självdragsventilerade hus (S) med liten (1-2 p) respektive stor (3-6 p) fuktproduktion.

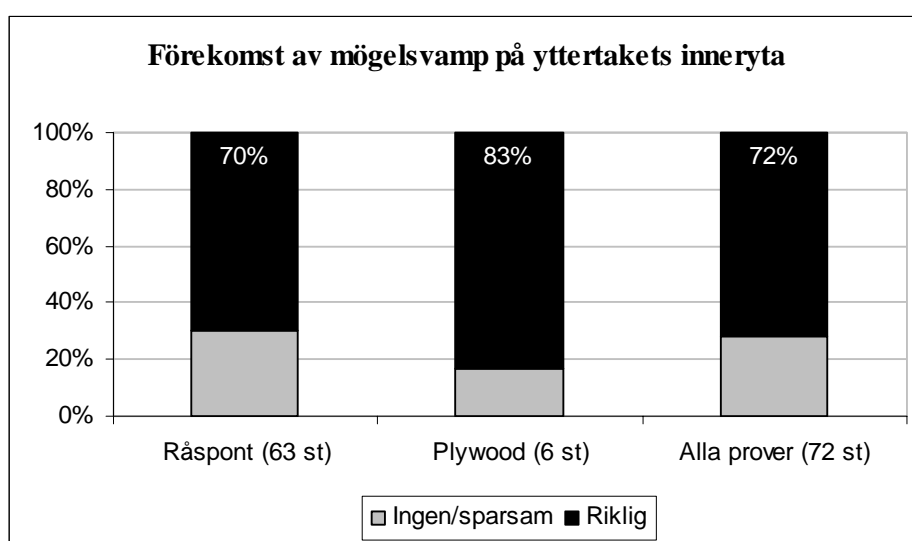
Av Figur 8.6 framgår liten ökning av fuktproblem på kallvindar i självdragsventilerade hus för stora hushåll, med antaget hög fuktproduktion, jämfört med liten fuktproduktion och alla prover.

För att säkerställa skillnaden utifrån en signifikansnivå på 5 % krävs att konfidensintervallet är beräknat utifrån en signifikansnivå på högst 2,5 % på grund av två kombinerade variabler; fuktproduktion och ventilation. Med en signifikansnivå på 5 % erhålls för självdragsventilerade hus en skillnad på 4 %  $\pm$  29 % mellan stor och liten fuktproduktion enligt ekvation (8.1). Skillnaden är inte statistisk säkerställd eftersom den kan anta värden mellan 0 och -25 % vilket betyder att det inte behöver finnas någon skillnad dem emellan.

En kombination av hypotes 2 och 4 kan inte beläggas statistiskt utifrån kartläggningens resultat utan författarna konstaterar endast att resultatet inte motsäger tidigare forskning kring detta, se avsnitt 5.3.

## 5. att plywood som material på yttertaketets inneryta ökar risken för fuktproblem på kallvindar

I enkäten fick husägarna besvara en fråga om vilket material yttertaketets inneryta bestod av (fråga 14) för att författarna skulle få information om ytans känslighet för mögelsvampangrepp. Plywood tros öka risken för fuktproblem på grund av deras lilla fuktbuffringskapacitet tillsammans med deras ytstruktur som underlättar för mögelsvampangrepp, se avsnitt 4.2.5 och 5.2.2. Jämförelse gör endast mot råspont då denna anses ha en bättre motståndskraft mot mögelsvampangrepp relativt plywood på grund av dess fuktbuffringskapacitet. Resultatet från hypotesprövningen visas i Figur 8.7.



Figur 8.7 Förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta. En jämförelse mellan hus med olika material på yttertaketets inneryta.

Av Figur 8.7 framgår en ökning av fuktproblem på kallvindar för hus med plywood på yttertaketets inneryta jämfört med råspont och alla prover. Ökningen kan inte säkerställas statistiskt eftersom "Plywood" inte kan antas normalfördelad, se ekvation (8.1).

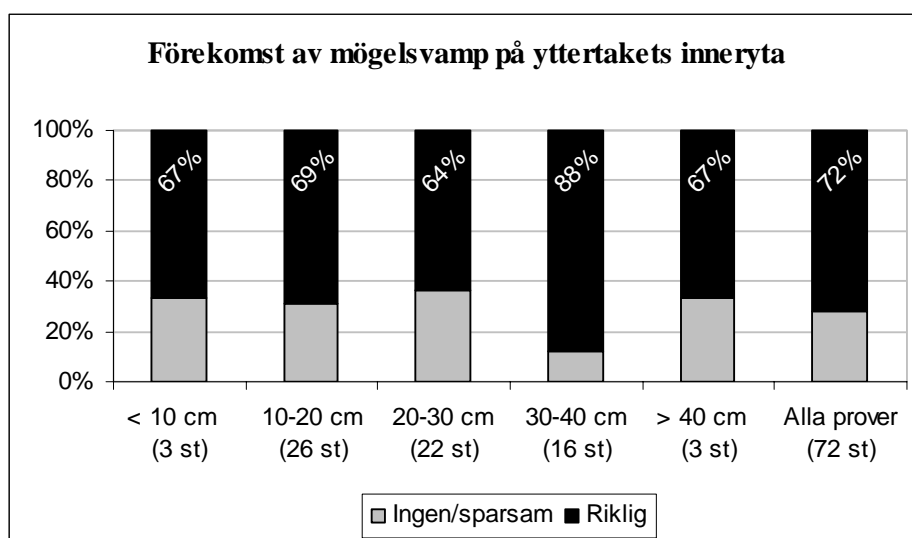
Hypotes 5 kan inte beläggas statistiskt utifrån kartläggningens resultat på grund av för få antal prover utan författarna konstaterar endast att resultatet inte motsäger tidigare forskning kring detta, se avsnitt 5.3

## 6. att ökad isoleringstjocklek i vindsbjälklaget ökar risken för fuktproblem på kallvindar

I enkäten fick husägarna besvara en fråga om vindsbjälklagets isoleringstjocklek (fråga 13) för att författarna skulle få information om vindens temperaturförhållanden. Mycket isolering i vindsbjälklaget skapar ett kallare klimat på vinden, se avsnitt 4.2.6.



Det kallare klimatet tros öka risken för fuktproblem på kallvindar på grund av en ökad risk för ytkondensation. Resultatet från hypotesprövningen visas i Figur 8.8.



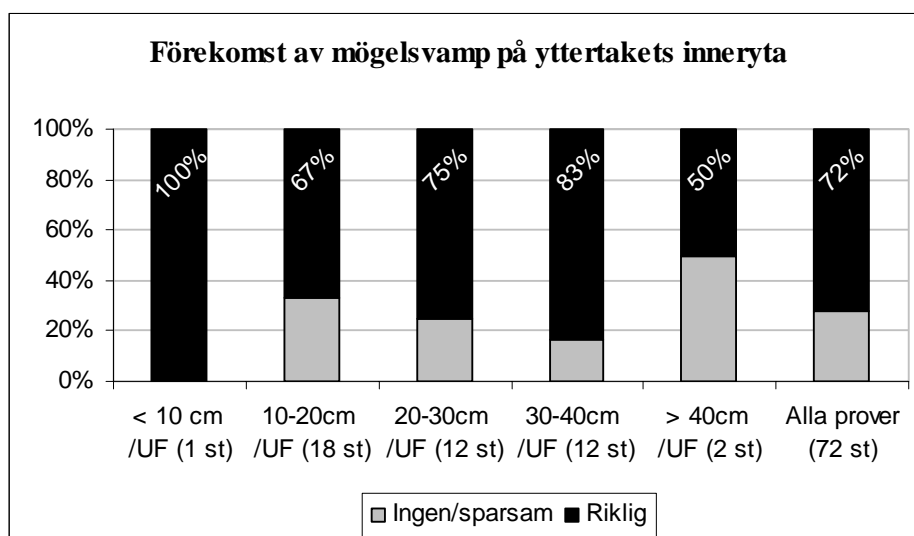
Figur 8.8 Förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta. En jämförelse mellan hus med olika isoleringstjocklek i vindsbjälklaget.

Av Figur 8.8 framgår en ökning av fuktproblem på kallvindar i hus med en isoleringstjocklek på 30 till 40 cm jämfört med övriga hus och alla prover. Ökningen kan inte säkerställas statistiskt eftersom "30-40 cm" inte kan antas normalfördelad, se ekvation (8.1).

Snittåldern på husen i de olika grupperna är fördelade enligt; < 10 cm – 47 år, 10 till 20 cm – 55 år, 20 till 30 cm – 45 år, 30 till 40 cm – 29 år och > 40 cm – 14 år. Utifrån denna uppdelning kan konstateras att husens snittålder sjunker med ökad isoleringstjocklek. Då författarna anser att en minskad ålder på husen borde innebära en ökad täthet på grund av förbättrad byggnadsteknik skulle resultaten kunna tyda på att täthet i de nya husen inte åstadkoms eller att det är andra riskfaktorer som påverkar resultaten. Noteras bör att de tilläggsisolerade husen bidrar till de yngre husens högre andel med riklig förekomst av mögelsvamp. Detta kan konstateras utifrån enkätsvaren där alla hus byggda före 1975 som hade en isoleringstjocklek över 30 cm (6 stycken), vilket författarna tolkat som en tilläggsisolering, hade riklig förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta.

Hypotes 6 kan inte beläggas statistiskt utifrån kartläggningens resultat på grund av för få antal prover utan författarna konstaterar endast att resultatet inte motsäger tidigare forskning kring detta, se avsnitt 5.3.

Uppvärmningssystem utan förbränning medför att kallvindens enda värmekälla är eventuell värmetransport genom vindsbjälklaget från den bebodda ytan. För att belysa isoleringstjocklekens påverkan på vindens temperatur studeras enbart hus utan värmekälla på vinden. Resultatet visas i Figur 8.9.

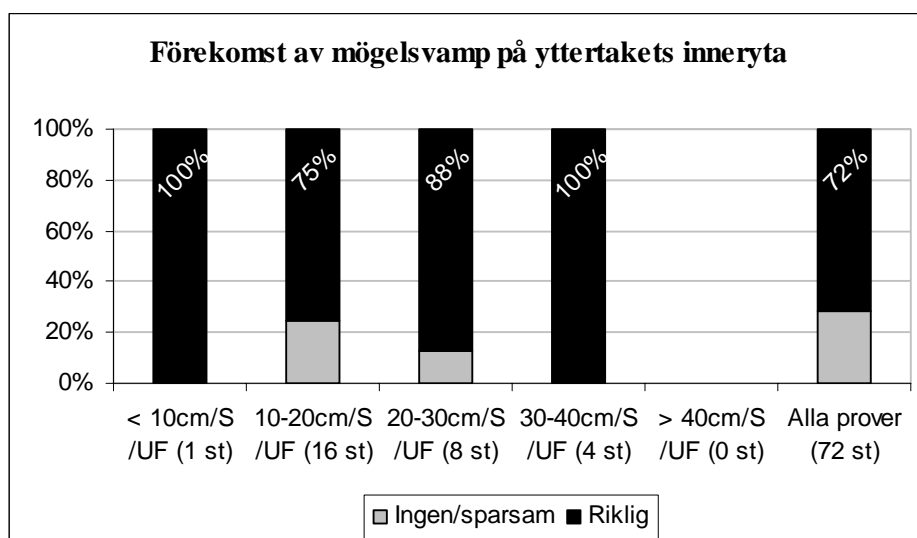


Figur 8.9 Förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta. En jämförelse mellan olika isoleringstjocklekar i hus med uppvärmningssystem utan förbränning (UF).

Av Figur 8.9 framgår en ökning av fuktproblem på kallvindar i hus med ökad isoleringstjocklek och antaget kallare temperaturer på vinden. De hus med störst och minst isoleringstjocklek tas inte hänsyn till i analysen eftersom det är för få prover. Ökningen kan inte säkerställas statistiskt eftersom "UF/20-30 cm" och "UF/30-40 cm" inte kan antas normalfördelade, se ekvation (8.1).

En kombination av hypotes 3 och 6 kan inte beläggas statistiskt utifrån kartläggningens resultat utan författarna konstaterar endast att resultatet inte motsäger tidigare forskning kring detta, se avsnitt 5.3.

Självdraagsventilation och uppvärmningssystem utan förbränning samverkar, som tidigare visats i Figur 8.4, på så sätt att självdraagsventilationens övertryck relativt vinden ökar samt att luftomsättningen minskar vid uppvärmning utan förbränning. Vidare samverkar isoleringstjocklek och uppvärmningssystem utan förbränning på så sätt att de båda sänker temperaturerna på kallvinden. Författarna väljer därför att göra en klusteranalys för att se hur ovanstående tre riskfaktorer tillsammans påverkar kallvindar. Resultatet visas i Figur 8.10.



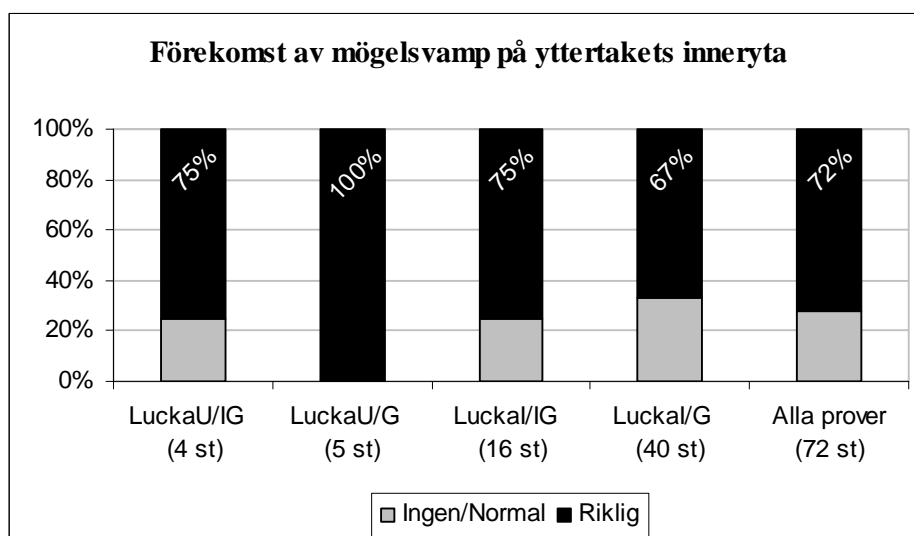
Figur 8.10 Förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta. En jämförelse mellan olika isoleringstjocklekar i självdragsventilerade hus (S) och med uppvärmningssystem utan förbränning (UF).

Som visas i Figur 8.10 är relationen mellan isoleringstjocklekarna likt den i Figur 8.9. Figuren visar att det sker en ökning av fuktproblem på kallvindar med ökad isoleringstjocklek och att förekomsten av mögelsvamp är högre än genomsnittet för alla isoleringstjocklekar. Ökningen kan inte säkerställas statistiskt eftersom stickprovsmängderna inte kan antas normalfördelade, se ekvation (8.1).

En kombination av hypotes 2, 3 och 6 kan inte beläggas statistiskt utifrån kartläggningens resultat utan författarna konstaterar endast att resultatet inte motsäger tidigare forskning kring detta, se avsnitt 5.3.

### 7. att luftläckage genom vindsbjälklaget ökar risken för fuktproblem på kallvindar

I enkäten fick husägarna besvara två frågor dels om var ingången till kallvinden är placerad samt dels om övriga genomföringar finns i vindsbjälklaget (fråga 7 och 8). Frågorna var till för att ge författarna information om vindsbjälklagets täthet. Om husen har en ångspärr i vindsbjälklaget finns ingen information om. Utifrån husägarnas svar har en indelning av var ingången till kallvinden är placerad samt om det finns övriga genomföringar i vindsbjälklaget gjorts. Otätheter i vindsbjälklaget tros öka risken för fuktproblem på grund av ökad konvektionen från den bebodda ytan, se avsnitt 4.2.7. Resultatet från hypotesprövningen visas i Figur 8.11.



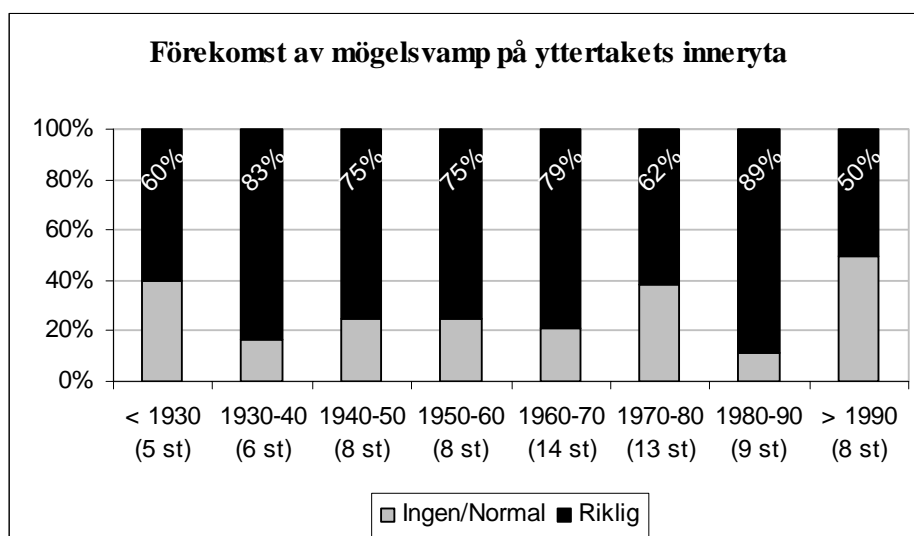
Figur 8.11 Förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta. En jämförelse mellan hus med olika förekomst av genomföringar i vindsbjälklaget. Lucka utomhus (LuckaU), lucka inomhus (Luckal), övriga genomföringar (G) och inga övriga genomföringar (IG).

Av Figur 8.11 framgår ingen ökning av fuktproblem i hus med invändigt placerad lucka samt övriga genomföringar i vindsbjälklaget i jämförelse med om luckan är placerad utvändigt och övriga genomföringar saknas.

Hus med utvändigt placerad ingång till vinden har en snittålder på 45 år medan husen med invändigt placerad ingång till vinden har en snittålder på 44 år. Åldern på husen kan således inte tydliggöra varför resultatet motsäger hypotesen. Hus med övriga genomföringar i vindsbjälklaget har en snittålder på 40 år medan hus där inga genomföringar i bjälklaget finns har en snittålder på 56 år. Noteras kan att förekomsten av genomföringar i bjälklaget ökar med minskad ålder på husen. Åldern på husen kan delvis förklara varför hus med genomföringar har något mindre förekomst av mögelsvamp på grund av antaget förbättrad lufttäthet i vindsbjälklaget för de yngre husen. Författarna konstaterar att enbart information om förekomst av genomföringar inte ger något bra mått på vindsbjälklagets täthet.

Författarna anser inte att hypotes 7 kan beläggas utifrån kartläggningens resultat på grund av att informationen om placering av lucka och övriga genomföringar inte antas ge något bra mått på vindsbjälklagets täthet. Att ökad lufttäthet minskar fuktproblem på kallvindar är allmänt vedertaget eftersom påverkan från inomhusmiljön då elimineras, se avsnitt 5.3.

Till sist vill författarna belysa, om möjligt, hur variationer i byggnadsteknik under 1900-talet påverkat kallvindarnas omfattning av fuktproblem varför en indelning efter husens byggnadsår gjorts. Resultaten visas i Figur 8.12.



Figur 8.12 Förekomst av mögelsvamp på yttertaketets inneryta. En jämförelse mellan hus med olika byggnadsår.

Av Figur 8.12 framgår att hus byggda 1930-40 och 1980-90 är särskilt drabbade av fuktproblem på kallvindar. Nybyggda hus, efter 1990, har en relativt låg andel av kallvindar med fuktproblem. Skillnaderna kan inte säkerställas statistiskt på grund av för få antal prover per grupp vilket medför att de inte kan antas normalfördelade, se ekvation (8.1). Detta medför att resultaten kan vara missvisande.

Anmärkningsvärt är att hus byggda på 1980-talet, då ångspärr var standard, har en så hög förekomst av mögelsvamp. Författarna tror att detta delvis kan förklaras med att majoriteten (59 %) av husen har en isoleringstjocklek över 30 cm samt en uppvärmning utan förbränning (67 %). Vidare har en tredjedel av husen plywood på yttertaketets inneryta. Noteras kan att alla husen är mekaniskt ventilerade och således inte borde ha ett högt fuktinnehåll i inomhusluften eller ett övertryck relativt vinden. Istället anses problemet ligga i vindens låga temperaturer på grund av isoleringstjockleken, avsaknaden av en värmekälla på vinden samt bristande teknik för lufttätning av vindsbjälklag. Klimatet ger kondensproblem med tillväxt av mögelsvamp som följd under framförallt vår och höst och plywooden ger extra goda förutsättningar för denna tillväxt.

Gällande hus byggda på 1930-talet där förekomsten av mögelsvamp också ligger över genomsnittet anser författarna att detta till stor del torde kunna förklaras med avsaknaden av ångspärr vid byggnationer runt denna tid. Fyra av husen har en isoleringstjocklek på 10 till 20 cm vilket var normalt för denna tid. Författarna identifierar dock två hus (av 6 stycken) där en tilläggsisolering troligtvis utförts vilket ytterligare kan förklara deras rikliga förekomst av mögelsvamp. Äldre hus kan också antas ha en något högre andel av mögelsvamp på grund av deras ålder, eftersom de har utsatts för klimatpåverkan under en längre tid.

Gällande de nybyggda husen (1990 och framåt) har de en genomsnittlig isoleringstjocklek på 35 cm. Att 75 % av husen är mekaniskt frånluftsventilerade tror författarna påverkar resultatet positivt och författarna tror också att noggrannheten vid montering av ångspärrar kan ha förbättrats efter ökad kunskap om fuktrelaterade skador i byggnader.

## 9 Slutsatser och rekommendationer

Utifrån litteraturstudier, kartläggningens resultat och hypotesprövningens resultat drar författarna följande slutsatser och ger följande rekommendationer, utan inbördes rangordning.

### 9.1 Slutsatser

- Att 72 %  $\pm$  12 % av alla befintliga småhus i Västra Götalands län kan antas ha fuktproblem på kallvinden med en förhöjd förekomst av mögelsvamp som följd. Konfidensintervallet är beräknat med en signifikansnivå på 5 %. Viktigt att notera är att det inte finns någon information om mögelsvampangreppet är pågående eller ej samt att stickprovsmängden antagits fördelad likt hela beståndet.
- Att självdragsventilation och mekanisk ventilation som skapar ett övertryck relativt vinden ökar risken för fuktproblem på kallvindar. Detta har dock inte kunnat visas i kartläggningens resultat.
- Att uppvärmningssystem utan förbränning ökar risken för fuktproblem på kallvindar och då särskilt vid en konverteringen från ett system med förbränning till ett utan. Detta har dock inte kunnat visas i kartläggningens resultat.
- Att en stor fuktproduktion i den bebodda ytan ökar risken för fuktproblem på kallvindar. Detta har dock inte kunnat visas i kartläggningens resultat på grund av att inget bra mått på fuktproduktionens storlek har kunnat erhållas.
- Att träfiberskivor och särskilt plywood som material på yttertaketets inneryta ökar risken för fuktproblem. Enligt kartläggningens resultat ökar risken för fuktproblem för kallvindar med 13 % när plywood används på yttertaketets inneryta, 83 % mot 70 % för råspont. Skillnaden kan inte beläggas statistiskt.
- Att ökad isoleringstjocklek i vindsbjälklaget ökar risken för fuktproblem på kallvindar och särskilt vid en tilläggsisolering av ett befintligt bjälklag där lufttätheten inte kan säkerställas. Enligt kartläggningens resultat ökar risken för fuktproblem med 17 % av isoleringstjocklekar över 30 cm, 84 % mot 67 % för isoleringstjocklekar under 30 cm. Skillnaden kan inte beläggas statistiskt.
- Att luftläckage genom vindsbjälklaget ökar risken för fuktproblem på kallvindar. Detta har dock inte kunnat visas i kartläggningens resultat på grund av att inget bra mått på vindsbjälklagets täthet har kunnat erhållas.
- Att kallvindars ventilation i kalla och fuktiga kustklimat kan öka vindens fuktbelastning.

Eftersom studien inte utreder hur mycket respektive riskfaktor påverkar vindens fuktförhållande kan inte heller författarna belägga att enbart en riskfaktor behöver leda till problem. Troligt är att ju fler uppfyllda riskfaktorer, desto högre risk för fuktproblem på kallvinden. Detta resonemang styrks av klusteranalyser av flera kombinerade riskfaktorer i hypotesprövningen.

## 9.2 Rekommendationer

- En mekanisk ventilation som skapar ett undertryck i den bebodda ytan är att föredra på grund av minskad fukt- och värmetransport genom konvektion över bjälklaget till vinden. I hus redan angripna av mögelsvamp på kallvinden kan dock detta leda till en ökad föroreningshalt i den bebodda ytan vilket bör tas hänsyn till.
- En uppvärmning med förbränning är att föredra för vindens temperaturförhållanden och för luftomsättningen i självdragsventilerade hus. Vid en konvertering av ett uppvärmningssystem med förbränning till ett utan bör därför ventilationen i självdragsventilerade hus ses över.
- För att minska fuktinnehållet i inomhusluften bör fuktproduktionen begränsas i möjligast mån genom att till exempel begränsa de våta ytornas utbredning vid duschning och torka tvätten utomhus när det är möjligt. Vidare bör ventilationens luftomsättning inte underskrida 0,5 omsättningar per timme.
- Materialet på yttertaketets inneryta bör väljas utifrån dess mottaglighet för mögelsvampangrepp. Bland de organiska materialen bör framförallt plywood undvikas.
- Krav på energihushållning för nya småhus leder till att vindsbjälklagen är välisolerade. Detta medför att en särskilt stor hänsyn till övriga riskfaktorer bör tas för att minimera isoleringens inverkan på omfattningen av fuktproblem. Gällande tilläggsisolering anser författarna att detta är problematiskt eftersom det är svårt att säkerställa lufttätethet i vindsbjälklaget för befintliga hus. Vid en eventuell tilläggsisolering måste hänsyn tas till vindsbjälklagets täthet samt vindens ventilation för att uppskatta vindens fuktbelastning.
- Lufttätethet bör noggrant ses över och säkerställas för att minska fuktbelastningen på kallvinden genom framförallt konvektion. För att minska risken för otätheter bör antalet genomföringar minimeras och ingången till kallvinden placeras genom en lucka i fasaden, även om det försvårar inspektioner. Om luckan är placerad inomhus bör inga föremål förvaras på vinden för att minska luftläckage vid in- och utpassering. Vidare kan föremål förvarade på vinden medföra ökade halter av mögelsporer i inomhusluften vid exponering i den bebodda ytan.

- För att minimera konsekvenserna av en eventuellt hög fuktbelastning på kallvinden bör den inspekteras regelbundet, företrädesvis på morgonen, för att upptäcka eventuella kondensproblem. Detta är speciellt viktigt under byggnadens första år på grund av byggfukt samt efter en tilläggsisolering eller ett byte av uppvärmningssystem på grund av förändrade fukt- och värmetransporter.

För att minimera risken för fuktproblem på kallvinden bör hänsyn tas till så många rekommendationer som möjligt. Troligt är att ju fler uppfyllda rekommendationer, desto mindre risk för fuktproblem på kallvinden.



## 10 Författarnas reflektioner

Under arbetets gång har författarna dragit många erfarenheter varav en del sammanfattas i nedanstående punkter.

### 10.1 Kartläggning

- På grund av otydligheter i enkätfrågan om husets uppvärmningssystem har svårigheter med att bestämma vindens värmekällor uppstått. Frågan borde formulerats om uppvärmning med förbränning sker kontinuerligt (dagligen) under uppvärmningsperioden eller inte.
- När ett mått på fuktproduktionen i den bebodda ytan eftersträvades borde frågan med antal personer i hushållet kompletterats med bostadens area. På så sätt skulle ett bättre värde på inomhusluftens ånghalt förmodligen erhållits.
- Vald metod för att mäta vindens fuktförhållanden fungerade inte som beräknat. Svårigheter för husägarna att ta materialprov enligt önskad utformning från takstolen tillsammans med stora risker för uttorkning vid felhantering av materialprov innan fuktkvotmätning gör att författarna inte kan rekommendera denna mätmetod vid framtida studier. Vidare borde husägarna ombetts besvara vilket datum provet togs så en uttorkningsberäkning kunde genomförts.

### 10.2 Hypotesprövning

- Utifrån omfattningen på enkäten och antalet hypoteser som skulle prövas har stickprovsmängden konstaterats vara för liten för att kunna belägga skillnader statistiskt.
- Eftersom studien i första hand var en kartläggning har ingen utredning av riskfaktorers påverkan på kallvindens fuktbelastning gjorts. Detta har medfört att hypotesprövningens validitet kraftigt har minskat eftersom ingen viktning av riskfaktorerna har kunnat göras.

## 11 Förslag på fortsatta studier

Under arbetets gång har författarna uppmärksammat följande områden intressanta för vidare studier:

- *Är studiens resultat generaliserbara till hela landet?*

I södra Sveriges kustklimat anses ventilationsluftens höga ånghalt tillsammans med det, för Sverige, relativt milda klimatet ge en hög risk för mögelsvampangrepp på ventilerade kallvindar. Det är därför osäkert om ventilerade kallvindar i norra Sverige har problem i samma utsträckning som denna studie visat.

- *Hur påverkar lufttätheten i vindsbjälklaget omfattningen av mögelsvampangrepp på kallvindar?*

Inget bra mått på vindsbjälklagens täthet lyckades åstadkommas i denna studie varför en utredning på dess påverkan vore intressant.

- *Hur fuktkvoten i trämaterial varierar på kallvindar under året?*

Mätning av fuktkvoten i takstolarna misslyckades i denna studie varför ytterligare mätningar av professionell karaktär vore av värde. Vidare vore det intressant att se variationerna över året.

- *Hur påverkar valet av isoleringsmaterial i vindsbjälklaget omfattningen av mögelsvampangrepp på kallvindar?*

Olika isoleringsmaterial har olika värmeisoleringsförmåga vilket avgör storleken på värmetransporten till kallvinden från den bebodda ytan. Detta innebär att inte bara isoleringstjockleken borde påverka omfattningen av mögelsvampangrepp på vinden, vilket något felaktigt förutsatts i denna studie. Vidare har olika isoleringsmaterial olika fuktbufferingskapacitet vilket också borde kunna påverka omfattningen av mögelsvampangrepp.

- *Vad är viktigast att ta hänsyn till för att åstadkomma en fuktsäkrad kallvind?*

I denna studie har olika riskfaktorer tagits upp men ingen utredning av vilken/vilka faktorer som påverkar kallvindens klimat mest är utförd. För att kunna skapa fuktsäkra kallvindar är en studie av detta slag av intresse.

## 12 Referenser

- Abel, Enno (2003), *Byggnaden som klimatsystem*. Avdelningen för byggnadsteknologi, Chalmers tekniska högskola, Göteborg. ISSN 0280-8862.
- Agrell, Niklas (2004), *Mätning och analys av relativ fuktighet i kallvindar – Utformning av Alfasensor för användning i kallvindar vid fuktkontroll*. Examensarbete 10 p, Institutionen för byggteknik, Chalmers Lindholmen, Göteborg.
- AMA (2003), *Ama Nytt Hus*. Nummer 1/2003.
- Anderlind, Gunnar, Bond, Sven och Stadler, Claes-Göran (1984), *Rättviksprojektet – Fuktförhållanden vid tilläggsisolering av vindsbjälklag*. Swedisol, Skövde.
- Andersen, Alf (2006), *Alfasensor AB*, Göteborg. Samtal 2006-09-01.
- Anticimex (2004), *Fuktrelaterade skador i villor - omfattning - orsaker - konsekvenser - förebyggande arbete*. Rapport från Anticimex, utgåva 2, 2004.
- Arfvidsson, Jesper och Harderup, Lars-Erik (2005), *Fuktsäkerhet i kalla vindstrymmen – delrapport*. Avdelningen för Byggnadsfysik, LTH, Lund. Rapport TVBH-7228. ISRN LUTVDG/TVBH - - 05/7228 - - SE(30).
- Björk, Folke, Mattson Bertil och Jóhannesson, Gudni (2001), *Skador i småhus – Gamla beprövade misstag? Erfarenheter från Småhuskadenämnden*. Avdelningen för byggnadsteknik, Institutionen för byggvetenskap, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm. Arbetsrapport 2001:6. ISSN 1404-9475.
- Bok, Gunilla (2006), *Doktorand*, Göteborgs universitet. Samtal 2006-11-09 och e-post 2006-12-15 samt 2006-12-19.
- Boverket (2006), *Regelsamling för byggande - Boverkets byggregler, BBR, Kapitel 6:5 Fukt (BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. 2006:12)*. Boverket, Byggavdelningen, Karlskrona. ISBN 91-7147-960-0.
- Boverket (2003), *Skydda ditt hus mot fuktskador - En kunskapsöversikt vid nybyggnad*. Boverket, Karlskrona. Första upplagan. ISBN 91-7147-749-7.
- Brar, Harry, Hjalmarsson, Åke och Holmgren, Johan (2006), *Tätning eller ventilerings mot fukt på kalla vindstrymmen*. Examensarbete 10 p, Ingenjörshögskolan, Högskolan i Jönköping, Jönköping.
- Brogren, Ulf (2006), *Chalmersforskning mot fukt och mögel prisas med 300.000 kr [www]*. Hämtat från <[http://www.chalmersinnovation.com/nyheter/nyhet\\_one.asp?id=1374](http://www.chalmersinnovation.com/nyheter/nyhet_one.asp?id=1374)>. Publicerat 2006-06-01. Hämtat 2006-06-27.
- Burström, Per Gunnar (2001), *Byggnadsmaterial - Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Studentlitteratur, Lund. ISBN 91-44-01176-8.

- Byggforskningsrådet (2000), *Hus och hälsa 1 - Människors hälsa och innemiljön*. ISBN 54058481.
- Dahmström, Karin (2005), *Från datainsamling till rapport - att göra en statistisk undersökning*. Studentlitteratur, Lund. ISBN 91-44-04352-x.
- Devore, Jay och Farnum, Nicholas (1999), *Applied statistics for engineers and scientists*. Pacific Grove, Calif. Duxbury. ISBN 0-534-35601-x.
- Efraimson, Roland m.fl. (2001), *Nya Klokboken - handboken för dig som bygger, förvaltar och bor*. Astma- och Allergiförbundet, Stockholm. ISBN 91-972684-5-3.
- Ekstrand-Tobin, Annika (2003), *Hälsopåverkan av åtgärder i fuktiga byggnader*. SP, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås. SP Rapport 2003:30. ISBN 91-7848-965-2.
- Energimyndigheten [1] (2006), [www]. Hämtat från <<http://www.stem.se>>. Hämtat 2006-12-14.
- Energimyndigheten [2] (2006), *Isolering*. [www]. Hämtad från <<http://www.stem.se/WEB/STEMEx01Swe.nsf/PageGenerator01?OpenAgent&MenuSelect=D9C02EBB3B8F8146C1256DAD0024AB95>>. Publicerad 2003-09-26. Hämtat 2006-12-13.
- Engman, Linda Hägerhed och Samuelson, Ingemar (2006), *Redovisning av fältundersökning och forskningsprojekt: Kalla Vindar - problem och förbättringar*. Bygg & Teknik 4/2006.
- Hagentoft, Carl-Eric (2002), *Vandrande fukt - Strålade värme*. Studentlitteratur, Lund. ISBN 91-44-04218-3.
- Hagentoft, Carl-Eric (2001), *Introduction to Building Physics*. Studentlitteratur, Lund. ISBN 91-44-01896-7.
- Hemgren, Per och Wannfors, Henrik (2004), *Husets ABC*. ICA Bokförlag, Västerås. Första utgåvan, tredje tryckningen. ISBN 91-534-2299-6.
- Hukka, A och Viitanen, H (1999), *A mathematical model of mould growth on wooden material*. Wood Science and Technology. 33 (6) 475-485.
- Johansson, Pernilla m. fl. (2005), *Kritiskt fukttillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial - kunskapssammanfattning*. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås. SP Rapport 2005:11. ISBN 91-85303-442-9.
- Larsson, Anne (2006), *Lantmäteriet - Division Metria*, Gävle. E-post 2006-11-02.
- Lilja, Kersti (2007), *Tegeltak - historik* [www]. Hämtat från <[http://www.lansmuseum.a.se/byggnadsvard/bygg7.cfm?in\\_idnr=62](http://www.lansmuseum.a.se/byggnadsvard/bygg7.cfm?in_idnr=62)>. Hämtat 2007-01-04.
- Mattson, Johan (2006), Mycoteam AS, Oslo. Samtal 2006-09-13.

- Mattsson, Johan (2004), *Mögelsvamp i byggnader*. Mycoteam, Oslo. ISBN 82-91070-10-5.
- Nationalencyklopedin (2006), *Sökord: självdragsventilation* [www]. Hämtat från <<http://www.ne.se>>. Hämtat 2006-12-14.
- Nevander, Lars-Erik och Elmarsson, Bengt (1994), *Fukthandbok - praktik och teori*. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm. Andra, reviderade utgåvan. ISBN 91-7332-716-6.
- Petersson, Bengt-Åke (2004), *Tillämpad byggnadsfysik*. Studentlitteratur, Lund. Andra upplagan. ISBN 91-44-03706-6.
- Petersson, Bengt-Åke (1983), *Tilläggsisolering av tak - Problem, erfarenheter och möjligheter*. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm. Rapport 81:1983. ISBN 91-540-3976-2.
- TenWolde, Anton och Rose, William B (1999), *Issues Related to Venting of Attics and Cathedral Ceilings*. ASHRAE, Atlanta.
- Samuelson, Ingemar (2006), Forsknings- och utvecklingschef vid Energiteknik - Byggnadsfysik och innemiljö på SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås. Samtal 2006-08-25 och e-post 2006-11-20.
- Samuelson, Ingemar (2002), *Hållbar sanering av fuktskadade byggnader*. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås. SP Rapport 2002:37. ISBN 91-7848-928-8.
- Samuelson, Ingemar m.fl. (1999), *Att undersöka innemiljö - En beskrivning av tillvägagångssätt och val av metoder vid skadeutredning*. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås. SP Rapport 1999:01 (Reviderad utgåva av SP 1993:01). ISBN 91-7848-750-1.
- Samuelson, Ingemar (1995), *Fuktbalans i kalla vindsutrymmen*. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås. SP Rapport 1995:68. ISBN 91-7848-596-7.
- Sanders, Chris (2006), *Modelling condensation and airflow in pitched roofs*. bre information paper, IP 5/06.
- Sanders, Chris, Haig, John, och Rideout, Neil (2006), *Airtightness of ceilings - Energy loss and condensation risk*. bre information paper, IP 4/06.
- Sikander, Eva och Freiholtz, Gert (2000), *Fuktsäkerhet - en viktig del i byggnadens totala miljöpåverkan*. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås. SP Rapport 2000:8. ISBN 91-7848-806-0.
- SMHI (2006), *Tabell 7.4. Mätstationer; Blomskog - 9213, Göteborg - 7142, Kymbo - 8304, Måseskär - 8105, Nordkoster - 8154 och Rångedala - 7348*. Beställt material.
- Svensk författningssamling (2006), *Förordning (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. (Ändringar införda t.o.m. SFS 2005:152)* [www]. Hämtat från <<http://www.lagrummet.se>>. Hämtat 2006-12-13.

- Svennberg, Kaisa (2006), *Moisture Buffering in the Indoor Environment*.  
Byggnadsfysik LTH, Lund. ISBN 91-88772-36-8.
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut [1] (2006), *Uteluftsventilerade vindsutrymmen över vindsbjälklag* [www]. Hämtat från <<http://www.sp.se/energy/files/Uteluftsvent%20vindar.pdf>>. Hämtat 2006-12-13.
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut [2] (2006), *Figur 3.2* [www]. Hämtat från <<http://www.sp.se/energy/sv/teknikomraden/Fukt-mogel/mogellab.htm>>. Hämtat 2006-12-13.
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut [3] (2006), *Figur 4.1 och Figur 4.6* [www]. Hämtat från <[http://www.sp.se/energy/sv/teknikomraden/Fukt-mogel/fuktsakra\\_konstr.htm](http://www.sp.se/energy/sv/teknikomraden/Fukt-mogel/fuktsakra_konstr.htm)>. Hämtat 2007-01-03.
- Särkkä, Aila och Lundin, Fredrik (2007), Institutionen för matematiska vetenskaper, Chalmers tekniska högskola, Göteborg. Samtal 2006-11-07, 2007-01-16 och 2007-01-29.
- Ventotech (2006), *Figur 5.1* [www]. Hämtat från <<http://www.ventotech.com>>. Hämtat 2007-01-12.
- Vingård, Björn (2002), *Ventilation, vindar och tak, Vi i villa* [www]. Hämtat från <<http://www.viivilla.se/articles.asp?articleid=246&categoryid=140&mode>ShowArticle&searchit=kallvind>>. Publicerat 2002-07-04, 12:41. Hämtat 2006-08-16.
- Wang, Q (1992), *Wood based boards: response to attack by mould and stain fungi*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

# Bilagor

|          |  |
|----------|--|
| Bilaga 1 | Enkät                                      |
| Bilaga 2 | Informationsbrev till husägarna            |
| Bilaga 3 | Resultat från enkät                        |
| Bilaga 4 | Resultat från fuktkvotsmätning             |
| Bilaga 5 | Beräkning av förväntad fuktkvot i takstol  |
| Bilaga 6 | Känslighetsanalys av provbitars uttorkning |
| Bilaga 7 | Resultat från mykologisk analys            |

## **Bilaga 1 - Enkät**

Enkäten skickades ut den 9 oktober 2006. Enkäten visas i sin helhet (totalt 8 sidor)

**På Chalmers tekniska högskola i Göteborg bedrivs idag efterfrågad forskning för ökad fuktsäkerhet i småhus.** En del i denna forskning är en kartläggning av fuktförhållanden på kallvindar i Västra Götalands län varför vi har kontaktat dig.

**Studien kommer att genomföras tillsammans med husägare.** Vi hoppas därför att du kan avvara 15 minuter för att hjälpa oss genom att svara på några enkla frågor och skicka två materialprover till oss för analys.

**Din medverkan är givetvis frivillig men för dig som väljer att delta erbjuds möjlighet att få svar på hur din vind mår.** Informationen kommer inte att kunna kopplas till ditt hus efter studiens slut.

**Vi, det vill säga Emma och Caroline, vill redan nu säga ett stort tack till dig som väljer att hjälpa oss.** Studien är vårt examensarbete på civilingenjörsutbildningen i Väg- och vattenbyggnad på Chalmers tekniska högskola.

**Svar före 27 oktober belönas med en trisslott,**  
för dig som kan fullfölja undersökningen.



Det är av yttersta vikt att du kontrollerar att ditt hus uppfyller de kriterier som är uppsatta för studien genom att besvara de tre följande frågorna. Om du inte uppfyller kriterierna ber vi dig att snarast återsända materialet i bifogat returkuvert. Stämjärnet får du givetvis behålla som tack för hjälpen.

## Frågor för att kontrollera om ditt hus kan ingå i studien

- I **Har ditt hus en kallvind?** *En kallvind är en vind som ligger ovanför ett isolerat vindsbjälklag och som ventileras med utomhusluft. En kallvind håller således näst intill utomhusklimat. Se bild nedan.*

Ja  Nej



Om du svarat **nej** på fråga I kan du tyvärr inte delta i studien. Vi ber dig därför att skicka tillbaka enkäten i medföljande returkuvert snarast möjligt.

- II **Har du haft problem med nederbörd som läckt in på din kallvind, som du vet om?**

Ja  Nej

Om du svarat **ja** på fråga II kan du tyvärr inte delta i studien. Vi ber dig därför att skicka tillbaka enkäten i medföljande returkuvert snarast möjligt.

- III **Har du med professionell hjälp åtgärdat fuktskador på din kallvind?**  
*Till exempel mögelsanering eller installation av luftavfuktare på vinden.*

Ja  Nej

Om du svarat **ja** på fråga III kan du tyvärr inte delta i studien. Vi ber dig därför att skicka tillbaka enkäten i medföljande returkuvert snarast möjligt.

För dig som har uppfyllt kriterierna för studien följer en rad frågor om ditt hus.

## Frågor om ditt hus

1 Vilket år byggdes ditt hus?

.....

2 I vilket postnummerområde ligger ditt hus?

.....

3 Hur många personer ingår i hushållet?

.....

4 Hur ventileras ditt hus?

Självdraagsventilation\*

Mekanisk ventilation\*

Vet ej

Om du har svarat **självdraagsventilation** eller **vet ej** på fråga 4 fortsatt med fråga 6

5 Vilken typ av mekanisk ventilation har ditt hus?

Mekanisk frånluftsventilation\*

Mekanisk till- och frånluftsventilation\*

Vet ej

6 Hur sker uppvärmningen av ditt hus?

Med förbränning, t.ex. av olja eller biobränsle\*

Utan förbränning, t.ex. med el, fjärrväme eller bergvärme

Annat .....

7 Var är ingången till din kallvind placerad?

Inomhus, genom lucka i bjälklag eller vägg

Utomhus, genom lucka i fasad

8 Finns det någon form av genomföringar i vindsbjälklaget?

*Till exempel hål för infällda spotlights, ventilationskanaler eller rör.*

*Är du osäker kan det vara lättare att se när du befinner dig på vinden.*

Ja

Nej

Vet ej

**9 Har du någon gång sett kondensvatten på den synliga invändiga delen av yttertaket mot vindsutrymmet? Kondens uppträder vanligtvis på morgonen efter en kall och klar natt.**

Ja       Nej       Vet ej

Om du har svarat **nej** eller **vet ej** på fråga 9 fortsätt med fråga 12.

**10 När på året har detta uppmärksammats? (flera kryss möjligt)**

Vår   
Sommar   
Höst   
Vinter

**11 I vilket väderstreck har detta uppmärksammats? (flera kryss möjligt)**

|          |                          |         |                          |
|----------|--------------------------|---------|--------------------------|
| Norr     | <input type="checkbox"/> | Nordost | <input type="checkbox"/> |
| Söder    | <input type="checkbox"/> | Sydväst | <input type="checkbox"/> |
| Väster   | <input type="checkbox"/> | Sydost  | <input type="checkbox"/> |
| Öster    | <input type="checkbox"/> | Vet ej  | <input type="checkbox"/> |
| Nordväst | <input type="checkbox"/> |         |                          |

**12 Har du någon gång uppmärksammat mögel på föremål förvarade på vinden? Det kan vara både mögellukt eller mögelfläckar.**

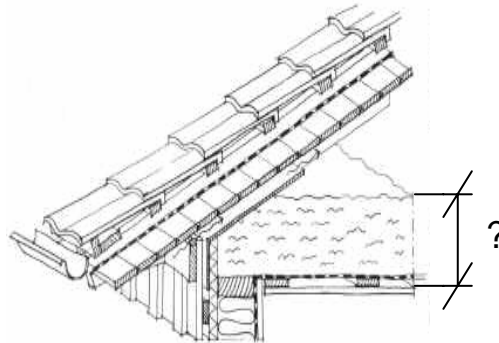
Ja       Nej       Förvarar inga föremål på vinden

Nu återstår den praktiska delen av din medverkan vilken kräver att du går upp på din vind. Ta med dig bifogade plastpåsar och stämjärn tillsammans med en hammare och tumstock. Du behöver även ha tillgång till enkäten samt en penna.

## Praktisk del att utföra på din vind

13 Kan du mäta alternativt uppskatta isoleringens tjocklek i vindsbjälklaget? *Se bild nedan.*

- Upp till 10 cm
- Mellan 10 och 20 cm
- Mellan 20 och 30 cm
- Mellan 30 och 40 cm
- Vet ej

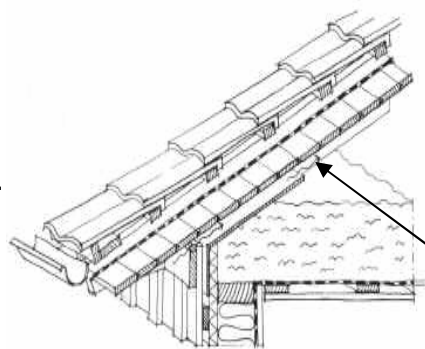
  
  
  
  


14 Vilket material består den synliga invändiga delen av yttertaket av? *Se bild nedan.*

- Plywood
- Råspont
- Vet ej

Annat .....



Material mot vindsutrymmet

15 Ser du någon grad av mögelpåväxt på taket? *Bilderna nedan visar exempel på kraftig och mindre kraftig påväxt.*

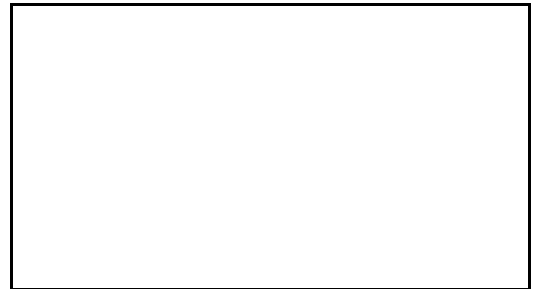
Ja  Nej



Om du har svarat **nej** på fråga 15 fortsätt med fråga 19

**16 Var återfinns mögelpåväxten? Beskriv lokaliseringen i ord och/eller bild.**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



**17 Provtagning 1a - Mykologisk analys\***

*För dig som iakttagit mögelpåväxt ska provet för mykologisk analys\* tas där mögelpåväxten är som kraftigast. Följ instruktioner för provtagning 1a nedan.*

**1a**

Ta ett cirka 4cm<sup>2</sup> stort prov från ytan med hjälp av medskickat stämjärn. Det är viktigare att det är en sammanhängande bit än att det är precis 4 cm<sup>2</sup>.

Placera provet i medföljande plastpåse märkt MA.

**18 Hur stor yta, på den invändiga delen av yttertaket, var påväxt med mögel där provet togs? Mät gärna med en tumstock**

.....

Fortsätt nu med fråga 20, Provtagning 2 - Fuktkvotsmätning

**19 Provtagning 1b - Mykologisk analys\***

*För dig som inte iakttagit mögelpåväxt ska provet för mykologisk analys\* tas i den synliga invändiga delen av yttertaket. Ta provet i den del av vinden som vetter mest mot norr. Följ instruktioner för provtagning 1b nedan.*

**1b**

Ta ett cirka 4cm<sup>2</sup> stort ytprov med hjälp av medskickat stämjärn. Det är viktigare att det är en sammanhängande bit än att det är precis 4 cm<sup>2</sup>.

Placera provet i medföljande plastpåse märkt MA.

## 20 Provtagning 2 - Fuktkvotsmätning\*

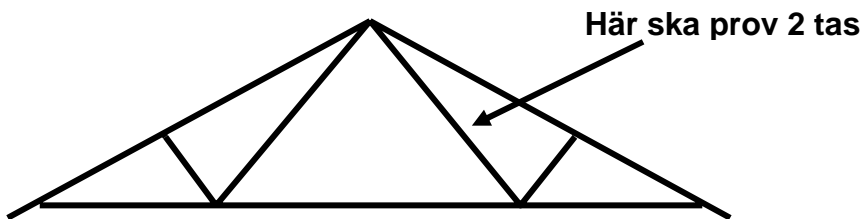
Provet ska tas av material från takstolen. Takstolens funktion är att bära upp taket. Exempel på takstolsutförning syns på bilden nedan.

2

Ta ett cirka  $1\text{ cm}^3$  stort materialprov med hjälp av medskickat stämjärn. Det är okej med två eller tre bitar för att få ihop den totala volymen av  $1\text{ cm}^3$ .

Placera provet i en liten medföljande plastpåse märkt FK och **förslut väl**.

Placera provet i den större plastpåsen märkt FK och **förslut väl**.



## 21 Vill du ta del av resultatet från dina provtagningar?

Ja       Nej

Om du svarat ja uppge din e-postadress: .....

Om du inte har tillgång till e-post uppge ditt telefonnummer: .....

Kom ihåg att de som skickar tillbaka en fullföljd undersökning innan den 27 oktober får en trisslott hemskickad.

**STORT TACK FÖR DIN MEDVERKAN!**

## Begreppslista

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Biobränsle</b>             | Energiresurs som erhålls från någon typ av biomassa t.ex. ved, pellets, flis, briketter och gas.  |
| <b>Fuktkvotsmätning</b>       | En fuktkvotsmätning ger vikten av vattenmängden i en viss volym av ett material i förhållande till vikten av samma volym torrt material. Fuktkvoten beror av luftens relativa fuktighet och ger således ett mått på hur känsligt materialet är för mögelsvampangrepp. |
| <b>Frånluftsventilation</b>   | Ventilation där en mekanisk fläkt suger ut luft ur byggnaden. Luften strömmar in i byggnaden genom ventiler utan mekanisk påverkan på grund av det undertryck som bildas i byggnaden.   |
| <b>Mekanisk ventilation</b>   | Ventilation där luftflödet styrs med hjälp av fläktar.  |
| <b>Mykologisk analys</b>      | Mykologi är vetenskapen om svampar. En mykologisk analys utförs för att bedöma eventuell förekomst av mögelsvamp.   |
| <b>Självdraagsventilation</b> | Ventilationssystem där byggnadens ventilation, både till- och frånluft, åstadkoms genom självdraag utan mekaniska fläktar.  |

## Bilaga 2 - Informationsbrev till husägarna

Brevet skickades ut tillsammans med enkäten den 9 oktober 2006.

Hej,

På Chalmers tekniska högskola i Göteborg bedrivs idag efterfrågad forskning för ökad fuktsäkerhet i småhus. En del i denna forskning är en kartläggning av fuktförhållanden på kallvindar i Västra Götalands län varför vi har kontaktat dig.

Bakgrunden till forskningsprojektet är bland annat statistik från ett företag, som arbetar med att utreda och förebygga skador på småhus, som uppger att 50 procent av Sveriges 1,3 miljoner småhus med kallvindar ligger i riskzonen för fuktproblem, samt att 10 procent av dem redan har utvecklat allvarlig mögelpåväxt på vinden.

Kartläggningen kommer att genomföras i Västra Götalands län med hjälp av husägarna själva. För att studien ska bli trovärdig har husägare slumpmässigt tagits fram ur fastighetsregistret med hjälp av Lantmäteriverket och din medverkan är således väldigt viktig för oss. Det vi hoppas att du vill hjälpa oss med är att besvara frågorna i enkäten samt ta två enkla materialprover från din vind. Det ena provet kommer att visa träets fuktkvot och det andra en eventuell förekomst av mögelsvamp. Efter det att du svarat på enkäten och tagit proverna skickar du tillbaka materialet i medföljande returkuvert. Stämjärnet får du behålla.

Studien utförs med respekt för den personliga integriteten varför resultat aldrig kommer att kunna kopplas till den enskilde husägaren. Resultaten från studien kommer att presenteras helt anonymt och du väljer själv om du vill ta del av mätresultaten eller inte.

För dig som har tillgång till Internet finns samlad information på Avdelningen för byggnadsteknologis hemsida där också en länk till den färdiga studien kommer att finnas tillgänglig från och med februari månad 2007. För att nå sidan går du in på nedanstående adress och klickar dig fram genom att först välja *forskningsområden*, sedan *tillämpat värme- och fuktskydd* och sist *kallvindar* i menyn på vänstra sidan. Adress till Avdelningen för byggnadsteknologi; [www.chalmers.se/cee/SV/avdelningar/byggnadsteknologi](http://www.chalmers.se/cee/SV/avdelningar/byggnadsteknologi)

Vi som utför studien heter Caroline Ahrnens och Emma Borglund och arbetet är den avslutande delen av vår utbildning till civilingenjörer i Väg- och vattenbyggnad vid Chalmers tekniska högskola.

Eventuella frågor besvaras via e-post till: [kallvindsstudie@vtek.chalmers.se](mailto:kallvindsstudie@vtek.chalmers.se)

Vi ser med stor förväntan fram emot att få tillbaka ditt bidrag till studien.

Stort tack på förhand!

.....  
Caroline Ahrnens

.....  
Emma Borglund





## Bilaga 3 - Resultat från enkät

Presentation av enkätsvar (totalt 12 sidor). Nedan visas betydelsen av respektive kod till respektive fråga. Därefter följer husägarnas svar på enkätens frågor samt deras kommentarer numrerade i den ordning de återfinns i enkätsvaren.

Svaren presenteras i sin ursprungliga form.

| Fråga | Kod | Betydelse             |
|-------|-----|-----------------------|
| -     | *   | Utanför målpopulation |
| -     | J   | Ja                    |
| -     | N   | Nej                   |
| -     | V   | Vet ej                |
| -     | A   | Annat                 |
| R     | X   | Returnerad tom        |
| 4     | S   | Självdrag             |
| 4     | M   | Mekanisk              |
| 5     | F   | Frånluft              |
| 5     | FT  | Från- och tilluft     |
| 6     | UF  | Utan förbränning      |
| 6     | MF  | Med förbränning       |
| 7     | I   | Inomhus               |
| 7     | U   | Utomhus               |
| 10    | VÅ  | Vår                   |
| 10    | SO  | Sommar                |
| 10    | HÖ  | Höst                  |
| 10    | VI  | Vinter                |
| 11    | No  | Norr                  |
| 11    | Sö  | Söder                 |
| 11    | Vä  | Väster                |
| 11    | Ö   | Öster                 |
| 11    | NV  | Nordväst              |
| 11    | NO  | Nordost               |
| 11    | SV  | Sydväst               |
| 11    | SO  | Sydost                |
| 12    | FIF | Förvarar inga föremål |
| 13    | i1  | Upp till 10 cm        |
| 13    | i2  | Mellan 10 och 20 cm   |
| 13    | i3  | Mellan 20 och 30 cm   |
| 13    | i4  | Mellan 30 och 40 cm   |
| 13    | i5  | Över 40 cm            |
| 14    | R   | Råspont               |
| 14    | P   | Plywood               |











| NR   | R | I | II | III | 1       | 2      | 3 | 4      | 5  | 6     | 7   | 8 | 9   | 10 | 11 | 12    | 13    | 14 | 15 | 16 | 18 |
|------|---|---|----|-----|---------|--------|---|--------|----|-------|-----|---|-----|----|----|-------|-------|----|----|----|----|
| 136  |   | J | N  | N   | 2000    | 444 55 | 3 | M      | F  | UF    | I   | J | N   |    |    | N     | i5/61 | R  | N  |    |    |
| 137  |   |   |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 138  |   | J | N  | N   | 1966    | 512 63 | 2 | S      |    | MF    | I   | J | N/V |    |    | FIF   | i3    | R  | N  |    |    |
| 139  | X |   |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 140  |   |   |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 141  |   | J | N  | N   | 1979    | 512 77 | 3 | M      | FT | UF    | I/U | N | N   |    |    | N     | i2    | R  | N  |    |    |
| 142  |   |   |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 143  |   | J | N  | N   | 1969    | 457 72 | 6 | S      |    | UF    | I   | J | J   | VI | Ö  | N     | i4    | R  | J  | 62 | 63 |
| 144  |   |   |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 145  |   | J |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 146* |   | N |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 147  |   | J | N  | N   | 1978    | 457 72 | 5 | M      | FT | UF    | U   | J | N   |    |    | N     | i4    | R  | J  | 64 | 65 |
| 148  |   | J | N  | N   | 1942    | 543 30 | 4 | S      |    | MF    | I   | J | N   |    |    | N/FIF |       | R  |    |    |    |
| 149  | X |   |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 150  |   | J | N  | N   | 1982    | 543 93 | 2 | M      | F  | MF    | I   | J | N   |    |    | N     | i3    | P  | J  | 66 | 67 |
| 151  |   |   |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 152  |   | J | N  | N   | 1903    | 522 00 | 2 | S      |    |       | I   | N | N   |    |    | N     | i3    | R  | N  |    |    |
| 153  |   | J | N  | N   | 1980    | 522 94 | 6 | M      | F  | MF/68 | I   | J | N   |    |    | N     | i3/69 | P  | N  |    |    |
| 154  |   | J | N  | N   | 1974-75 | 522 35 | 2 | M      | V  | UF    | I   | J | N   |    |    | N     | i2    | R  | N  |    |    |
| 155  |   | J |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 156* |   | N |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 157* |   | N |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 158  |   | J | N  | N   | 1962    | 471 32 | 1 | S/M/70 | F  | MF    | I   | J | N   |    |    | N/FIF | i3    | R  | N  |    |    |
| 159  |   | J | N  | N   | 1954    | 471 95 | 4 | S      |    | MF    | I   | J | N   |    |    | N     | i1    | R  | N  |    |    |
| 160  |   |   |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 161  |   |   |    |     |         |        |   |        |    |       |     |   |     |    |    |       |       |    |    |    |    |
| 162  |   | J | N  | N   | 1965    | 514 31 | 2 | S      |    | UF/71 | I   | N | N   |    |    | N/FIF | i3    | R  | N  |    |    |







|    |   |
|----|---|
| 1  | Olja till 1995, därefter bergvärme  |
| 2  | 10 cm sågspån + ~20 cm gullfiber  |
| 3  | På råsponten mellan takstolarna, isolering mellan takstolarna i detta fack har haft för liten luftspalt. Det har ändrat sig under årens lopp! Isoleringen har legat mot yttertakets (råsponten) på vissa ställen. |
| 4  | ca 1m x 30cm  |
| 5  | Köksfläkt   |
| 6  | Kan inte se någon påväxt någonstans på vinden.  |
| 7  | Kan tyvärr inte gå upp och kolla där. Använder ej vinden alls.  |
| 8  | 60 cm   |
| 9  | 2-fam.villa, 1 person i 1:a vån, 2 personer i 2:a vån   |
| 10 | Från mars - 06 2 st, före mars -06 4 st   |
| 11 | Värmepump-luft som tar inneluften därav mekanisk frånluft samt tillskott genom elpatroner. Vattenburet.   |
| 12 | Infällda spotlights. Väl isolerat och diff.spärr.   |
| 13 | Ca 60 cm lösull   |
| 14 | Regn har pressats in av hård vind. Har åtgärdat felet själv.  |
| 15 | Har ingen kondens eller mögel. Har bra ventilation.   |
| 16 | El + värmeväxlare   |
| 17 | Ett slags fiberpapp   |
| 18 | ?   |
| 19 | ?   |
| 20 | Frånluftsvärmepump Nibe 360   |
| 21 | Öppen-spiskanal - Isolerad, Luftrör diameter 75 PVC   |
| 22 | Tvåfamiljsvilla, ca 10 cm isolering ovan vån 3. Övrig isolering okänd.  |
| 23 | Kanske  |
| 24 | Vissa brädor är mörkare som om de utsatts för fukt. Kan finnas antydning till mögel mot norr. Prov taget från sådan bräda.  |
| 25 | Ca 1 m in från östersidan. Husets längd är ca 30 m. Kan det vara dålig ventilation mellan tak och brädfodring längst uppe i takspets?   |
| 26 | Ca 1 m från högsta punkten på taket. (Nästan platt tak)   |
| 27 | Otät lucka till vind  |
| 28 | 15 cm sågspån + 10 cm min.ull   |
| 29 | Likt höger bild i enkätfråga 15   |
| 30 | Lite småfläckar över hela yttertakspanelen  |
| 31 | Luftvärmväxlare   |
| 32 | El + täljstenskamin   |
| 33 | Ovanför en ventilation från toalett. Åtgärdat sedan 3-4 år.   |
| 34 | 60-70 cm <sup>2</sup>   |
| 35 | Luft/luftvärmepump + direktel   |
| 36 | El - vattenburen - radiatorer   |
| 37 | Lucka inomhus igensatt 2002   |

|    |  |
|----|--|
| 38 | Infällda spotlights, ventilationskanaler och rör monterat år 2002.   |
| 39 | Sågspån  |
| 40 | Lockad panel   |
| 41 | På råsponten mot norr, 1,5 m inåt. Mest mitt på råsponten.   |
| 42 | 10 x 50 cm   |
| 43 | Endast bräder  |
| 44 | Mögel på kläder och textilier  |
| 45 | 15 cm  |
| 46 | "baka ved"   |
| 47 | På barken på virket  |
| 48 | 5 x 30 cm  |
| 49 | Ombyggnad  |
| 50 | Ved  |
| 51 | Lucka i tak över balkong   |
| 52 | På några ställen upp till ca 5 m från inspektionsluckan i det oisolerade golvet över balkongen. En stor del av yttertaket kan ej observeras.   |
| 53 | Några stråk, kanske 1 m <sup>2</sup>   |
| 54 | 50 cm  |
| 55 | Sågspån  |
| 56 | Lätt grad av svartmögel (?) på den synliga råsponten mellan takstolarna.   |
| 57 | Inget sammanhängande större område.  |
| 58 | Vedspis  |
| 59 | Finns över hela taket på insidan.  |
| 60 | Fjärrvärme   |
| 61 | 45 cm  |
| 62 | Ser ut som högra bilden i enkät. Svarta prickar på insidan av råsponten. Bytte efter den observationen papp, läkt och takpannor på hela huset. Betongpannorna hade börjat släppa igenom vatten. Toppuntrymmet är tillstängt idag. Stängdes då tilläggsisolering gjordes. |
| 63 | Ej mögelpåväxt där provet togs   |
| 64 | Runt takgenomföring för frånluftsutblås. I facket mellan två takstolar.  |
| 65 | Ca 3 m <sup>2</sup>  |
| 66 | Liknar höger bild i fråga 15   |
| 67 | 1 m <sup>2</sup>   |
| 68 | Ved i kamin  |
| 69 | 250 mm   |
| 70 | Mekanisk ventilation till köket  |
| 71 | Fjärrvärme   |
| 72 | Braskamin  |
| 73 | Vedkamin + luftvärmepump   |
| 74 | Spån   |
| 75 | Ombyggt 1982 (nytt tak mm)   |

|           |   |
|-----------|---|
| <b>76</b> | Kall skorsten   |
| <b>77</b> | Vatten kom utefter skorstensstocken för ett antal år sedan.<br>Detta åtgärdades då.   |
| <b>78</b> | Vad som är gjort fram till -85 känner fastighetsägaren ej till.   |
| <b>79</b> | Mittparti av taket där taklutningen är flackare än sidoparti har både kraftigt och mindre kraftiga angrepp. Ingång till vind är placerad i detta mittparti. |
| <b>80</b> | 50 x 50 cm. Mindre angrepp i anslutning till detta.   |
| <b>81</b> | Luft-vatten. (Luftpump ute, CTC-panna som ger värme till vattnet i radiatorerna)  |
| <b>82</b> | Dörr och trappa   |
| <b>83</b> | Ventilationsrör, men inte direkt igenom. Utan via innertak.   |
| <b>84</b> | Knappt troligt. Skickar med prov, tror inte det är mögel.   |
| <b>85</b> | 1 dm <sup>2</sup>   |

## Bilaga 4 - Resultat från fuktkvotsmätning

Fuktkvotsmätningen utfördes i Institutionen för bygg- och miljötekniks laborationslokaler på Chalmers tekniska högskola. Mättilfällen: 2-3 nov, 13-14 nov samt 23-24 nov, 2006.

| NR | VIKT INNAN<br>TORKNING [g] | VIKT EFTER<br>TORKNING [g] | FUKTKVOT [%]          |
|----|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1  |                            |                            |                       |
| 2  |                            |                            |                       |
| 3  |                            |                            |                       |
| 4  |                            |                            |                       |
| 5  |                            |                            |                       |
| 6  |                            |                            |                       |
| 7  |                            |                            |                       |
| 8  | 3,262                      | 3,019                      | 8,0%                  |
| 9  |                            |                            |                       |
| 10 |                            |                            |                       |
| 11 |                            |                            |                       |
| 12 |                            |                            |                       |
| 13 |                            |                            |                       |
| 14 | 3,776                      | 3,469                      | 8,8%                  |
| 15 |                            |                            |                       |
| 16 |                            |                            |                       |
| 17 |                            |                            |                       |
| 18 |                            |                            |                       |
| 19 | 2,642                      | 2,476                      | 6,7%                  |
| 20 | 3,976                      | 3,658                      | 8,7%                  |
| 21 | 1,527                      | 1,478                      | 3,3%                  |
| 22 |                            |                            |                       |
| 23 |                            |                            |                       |
| 24 |                            |                            | Inget prov medskickat |
| 25 |                            |                            |                       |
| 26 |                            |                            |                       |
| 27 |                            |                            |                       |
| 28 |                            |                            |                       |
| 29 |                            |                            |                       |
| 30 | 2,051                      | 1,944                      | 5,5%                  |
| 31 |                            |                            |                       |
| 32 |                            |                            |                       |
| 33 |                            |                            |                       |
| 34 | 2,002                      | 1,897                      | 5,5%                  |
| 35 |                            |                            |                       |
| 36 |                            |                            | Inget prov medskickat |

| NR | VIKT INNAN<br>TORKNING [g] | VIKT EFTER<br>TORKNING [g] | FUKTKVOT [%]          |
|----|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 37 | 1,738                      | 1,657                      | 4,9%                  |
| 38 |                            |                            |                       |
| 39 |                            |                            |                       |
| 40 | 1,466                      | 1,411                      | 3,9%                  |
| 41 |                            |                            |                       |
| 42 | 1,791                      | 1,700                      | 5,4%                  |
| 43 |                            |                            |                       |
| 44 | 3,086                      | 2,856                      | 8,1%                  |
| 45 | 8,595                      | 7,900                      | 8,8%                  |
| 46 |                            |                            |                       |
| 47 |                            |                            |                       |
| 48 |                            |                            |                       |
| 49 |                            |                            |                       |
| 50 |                            |                            |                       |
| 51 | 2,324                      | 2,193                      | 6,0%                  |
| 52 |                            |                            |                       |
| 53 | 2,025                      | 1,913                      | 5,9%                  |
| 54 |                            |                            |                       |
| 55 | 3,323                      | 3,072                      | 8,2%                  |
| 56 |                            |                            |                       |
| 57 |                            |                            |                       |
| 58 | 2,720                      | 2,561                      | 6,2%                  |
| 59 |                            |                            |                       |
| 60 |                            |                            |                       |
| 61 | 2,347                      | 2,222                      | 5,6%                  |
| 62 | 3,342                      | 3,055                      | 9,4%                  |
| 63 | 3,452                      | 3,227                      | 7,0%                  |
| 64 |                            |                            |                       |
| 65 | 2,278                      | 2,164                      | 5,3%                  |
| 66 | 1,987                      | 1,891                      | 5,1%                  |
| 67 | 3,003                      | 2,797                      | 7,4%                  |
| 68 | 1,345                      | 1,304                      | 3,1%                  |
| 69 | 2,628                      | 2,414                      | 8,9%                  |
| 70 |                            |                            |                       |
| 71 | 2,728                      | 2,512                      | 8,6%                  |
| 72 |                            |                            |                       |
| 73 |                            |                            |                       |
| 74 |                            |                            | Inget prov medskickat |
| 75 |                            |                            |                       |
| 76 | 2,150                      | 2,056                      | 4,6%                  |
| 77 | 8,015                      | 7,311                      | 9,6%                  |

| NR  | VIKT INNAN<br>TORKNING [g] | VIKT EFTER<br>TORKNING [g] | FUKTKVOT [%] |
|-----|----------------------------|----------------------------|--------------|
| 78  | 2,776                      | 2,597                      | 6,9%         |
| 79  |                            |                            |              |
| 80  | 7,217                      | 6,483                      | 11,3%        |
| 81  |                            |                            |              |
| 82  |                            |                            |              |
| 83  |                            |                            |              |
| 84  | 5,031                      | 4,529                      | 11,1%        |
| 85  |                            |                            |              |
| 86  | 3,319                      | 3,107                      | 6,8%         |
| 87  |                            |                            |              |
| 88  |                            |                            |              |
| 89  | 2,495                      | 2,300                      | 8,5%         |
| 90  |                            |                            |              |
| 91  |                            |                            |              |
| 92  |                            |                            |              |
| 93  |                            |                            |              |
| 94  |                            |                            |              |
| 95  |                            |                            |              |
| 96  | 1,391                      | 1,352                      | 2,9%         |
| 97  | 2,911                      | 2,707                      | 7,5%         |
| 98  |                            |                            |              |
| 99  |                            |                            |              |
| 100 |                            |                            |              |
| 101 | 2,991                      | 2,705                      | 10,6%        |
| 102 |                            |                            |              |
| 103 | 2,376                      | 2,222                      | 6,9%         |
| 104 |                            |                            |              |
| 105 | 1,618                      | 1,553                      | 4,2%         |
| 106 |                            |                            |              |
| 107 |                            |                            |              |
| 108 |                            |                            |              |
| 109 |                            |                            |              |
| 110 |                            |                            |              |
| 111 | 2,462                      | 2,318                      | 6,2%         |
| 112 | 2,612                      | 2,411                      | 8,3%         |
| 113 | 1,606                      | 1,548                      | 3,7%         |
| 114 |                            |                            |              |
| 115 |                            |                            |              |
| 116 | 2,791                      | 2,613                      | 6,8%         |
| 117 |                            |                            |              |
| 118 |                            |                            |              |

| NR  | VIKT INNAN<br>TORKNING [g] | VIKT EFTER<br>TORKNING [g] | FUKTKVOT [%]          |
|-----|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 119 |                            |                            | För litet prov        |
| 120 |                            |                            |                       |
| 121 | 2,111                      | 2,015                      | 4,8%                  |
| 122 |                            |                            |                       |
| 123 | 6,761                      | 6,172                      | 9,5%                  |
| 124 | 2,426                      | 2,282                      | 6,3%                  |
| 125 |                            |                            |                       |
| 126 |                            |                            |                       |
| 127 |                            |                            |                       |
| 128 |                            |                            |                       |
| 129 |                            |                            |                       |
| 130 | 6,907                      | 6,316                      | 9,4%                  |
| 131 |                            |                            |                       |
| 132 |                            |                            |                       |
| 133 | 1,771                      | 1,690                      | 4,8%                  |
| 134 |                            |                            |                       |
| 135 |                            |                            |                       |
| 136 | 3,739                      | 3,421                      | 9,3%                  |
| 137 |                            |                            |                       |
| 138 | 1,999                      | 1,882                      | 6,2%                  |
| 139 |                            |                            |                       |
| 140 |                            |                            |                       |
| 141 | 1,042                      | 1,027                      | 1,5%                  |
| 142 |                            |                            |                       |
| 143 | 1,000                      | 0,990                      | 1,0%                  |
| 144 |                            |                            |                       |
| 145 |                            |                            |                       |
| 146 |                            |                            |                       |
| 147 | 4,162                      | 3,800                      | 9,5%                  |
| 148 | 3,221                      | 2,898                      | 11,1%                 |
| 149 |                            |                            |                       |
| 150 | 3,199                      | 2,888                      | 10,8%                 |
| 151 |                            |                            |                       |
| 152 | 18,851                     | 17,063                     | 10,5%                 |
| 153 | 4,391                      | 4,006                      | 9,6%                  |
| 154 | 1,158                      | 1,133                      | 2,2%                  |
| 155 |                            |                            |                       |
| 156 |                            |                            |                       |
| 157 |                            |                            |                       |
| 158 | 5,222                      | 4,779                      | 9,3%                  |
| 159 |                            |                            | Inget prov medskickat |



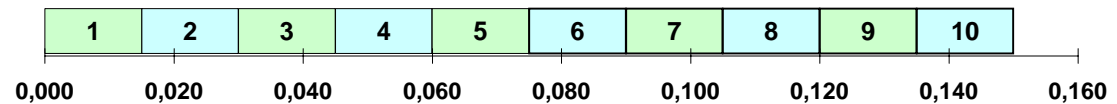
| NR  | VIKT INNAN<br>TORKNING [g] | VIKT EFTER<br>TORKNING [g] | FUKTKVOT [%]          |
|-----|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 160 |                            |                            |                       |
| 161 |                            |                            |                       |
| 162 | 3,253                      | 3,004                      | 8,3%                  |
| 163 |                            |                            | Inget prov medskickat |
| 164 | 3,066                      | 2,857                      | 7,3%                  |
| 165 |                            |                            |                       |
| 166 |                            |                            |                       |
| 167 | 1,234                      | 1,204                      | 2,5%                  |
| 168 |                            |                            |                       |
| 169 |                            |                            |                       |
| 170 | 3,054                      | 2,853                      | 7,0%                  |
| 171 |                            |                            |                       |
| 172 |                            |                            |                       |
| 173 | 2,680                      | 2,507                      | 6,9%                  |
| 174 |                            |                            |                       |
| 175 |                            |                            |                       |
| 176 | 2,158                      | 2,037                      | 5,9%                  |
| 177 | 2,122                      | 1,982                      | 7,1%                  |
| 178 |                            |                            |                       |
| 179 |                            |                            |                       |
| 180 | 1,078                      | 1,056                      | 2,1%                  |
| 181 |                            |                            |                       |
| 182 |                            |                            |                       |
| 183 |                            |                            |                       |
| 184 | 1,182                      | 1,154                      | 2,4%                  |
| 185 |                            |                            |                       |
| 186 | 2,024                      | 1,900                      | 6,5%                  |
| 187 |                            |                            |                       |
| 188 |                            |                            |                       |
| 189 |                            |                            |                       |
| 190 |                            |                            |                       |
| 191 |                            |                            |                       |
| 192 |                            |                            |                       |
| 193 | 3,036                      | 2,841                      | 6,9%                  |
| 194 |                            |                            |                       |
| 195 | 1,517                      | 1,465                      | 3,5%                  |
| 196 | 2,081                      | 1,968                      | 5,7%                  |
| 197 |                            |                            |                       |
| 198 |                            |                            |                       |
| 199 | 2,481                      | 2,304                      | 7,7%                  |
| 200 |                            |                            |                       |

## Bilaga 5 - Beräkning av förväntad fuktkvot i takstol

|  | I | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | II       |
|--|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Material</b>                        |   | Gran     | Gran     | Gran     | Gran     | Gran     | Gran     | Gran     | Gran     | Gran     | Gran     |          |
| We <sub>60</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]  |   | 50       | 50       | 50       | 50       | 50       | 50       | 50       | 50       | 50       | 50       |          |
| We <sub>100</sub> [kg/m <sup>3</sup> ] |   | 130      | 130      | 130      | 130      | 130      | 130      | 130      | 130      | 130      | 130      |          |
| We <sub>max</sub> [kg/m <sup>3</sup> ] |   | 200      | 200      | 200      | 200      | 200      | 200      | 200      | 200      | 200      | 200      |          |
| a, formfaktor                          |   | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        |          |
| δ <sub>0</sub> [m <sup>2</sup> /s]     |   | 3,00E-07 | 3,00E-07 | 3,00E-07 | 3,00E-07 | 3,00E-07 | 3,00E-07 | 3,00E-07 | 3,00E-07 | 3,00E-07 | 3,00E-07 |          |
| δ <sub>95</sub> [m <sup>2</sup> /s]    |   | 2,10E-06 | 2,10E-06 | 2,10E-06 | 2,10E-06 | 2,10E-06 | 2,10E-06 | 2,10E-06 | 2,10E-06 | 2,10E-06 | 2,10E-06 |          |
| δ <sub>100</sub> [m <sup>2</sup> /s]   |   | 3,50E-06 | 3,50E-06 | 3,50E-06 | 3,50E-06 | 3,50E-06 | 3,50E-06 | 3,50E-06 | 3,50E-06 | 3,50E-06 | 3,50E-06 |          |
| λ [W/mK]                               |   | 0,14     | 0,14     | 0,14     | 0,14     | 0,14     | 0,14     | 0,14     | 0,14     | 0,14     | 0,14     |          |
| Elementtjocklek [m]                    |   | 0,0150   | 0,0150   | 0,0150   | 0,0150   | 0,0150   | 0,0150   | 0,0150   | 0,0150   | 0,0150   | 0,0150   |          |
| W, initialt [kg/m <sup>3</sup> ]       |   | 75,0     | 75,0     | 75,0     | 75,0     | 75,0     | 75,0     | 75,0     | 75,0     | 75,0     | 75,0     |          |
| R [m <sup>2</sup> K/W]                 |   | 4,00E-02 |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 4,00E-02 |
| Z [s/m]                                |   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |

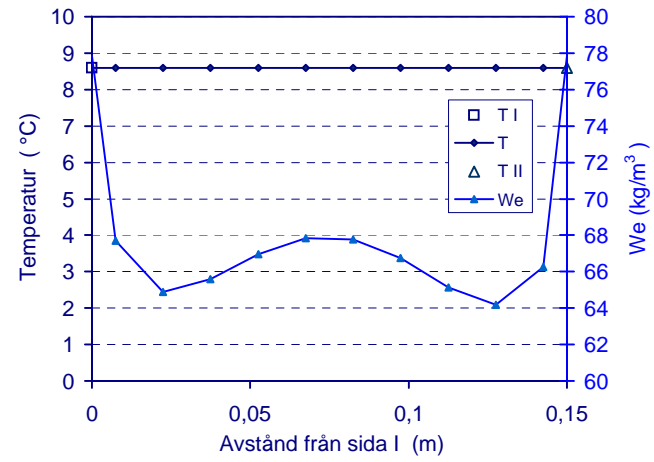
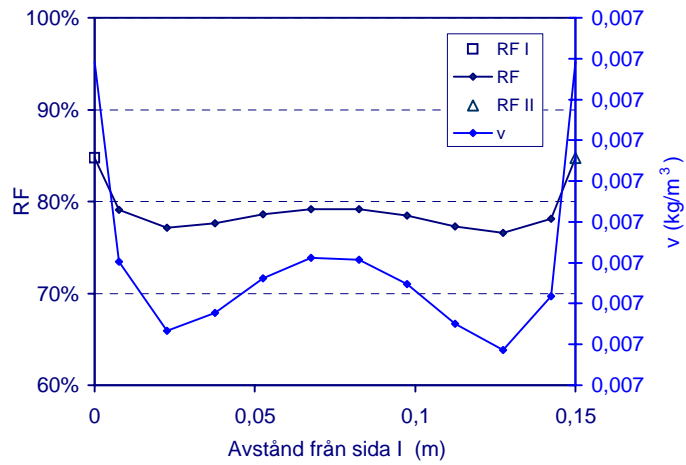
|   |       | Sida I |  | Sida II |  |
|---|-------|--------|--|---------|--|
|   |       | alt. 1 | alt. 2   |         |  |
| T <sub>medel</sub> [°C]                           | 7,9   | 7,9    | T <sub>II</sub> [°C]                                       |         |  |
| T <sub>amplitud</sub> [°C]                        | 10    | 10     | Max RF <sub>II</sub>                                       |         |  |
| T <sub>fas ( för T<sub>min</sub> )</sub> [dygn]   | 35    | 35     | Δv = v <sub>I</sub> - v <sub>II</sub> [kg/m <sup>3</sup> ] |         |  |
| RF <sub>medel</sub>                               | 77,0% | 77,0%  |  |         |  |
| RF <sub>amplitud</sub>                            | 10,0% | 10,0%  |  |         |  |
| RF <sub>fas ( för RF<sub>min</sub> )</sub> [dygn] | 160   | 160    |  |         |  |
| I <sub>medel</sub> [W/m <sup>2</sup> ]            | 0     | 0      |  |         |  |
| I <sub>amplitud</sub> [W/m <sup>2</sup> ]         | 0     | 0      |  |         |  |
| I <sub>fas ( för I<sub>min</sub> )</sub> [dygn]   | 0     | 0      |  |         |  |

| Tid                     |  |     |
|-------------------------|--|-----|
| Period [dygn]           |  | 360 |
| Start i perioden [dygn] |  | 0   |
| Tid per resultat [tim]  |  | 24  |
| Tid totalt [dygn]       |  | 660 |



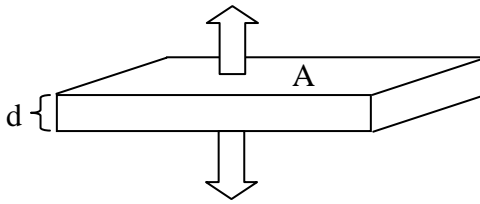
**Beräkna**

**Tid (dygn)**  
**661**



|                   |       |                       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1,015             | 0,973 | 0,984                 | 1,005 | 1,018 | 1,017 | 1,001 | 0,977 | 0,962 | 0,994 |
| <b>We medel =</b> |       | <b>66,307 (kg/m³)</b> |       |       |       |       |       |       |       |

## Bilaga 6 - Känslighetsanalys av provbitars uttorkning



Inomhustemperaturen,  $T_i$ , antas till  $20^\circ\text{C}$  och den relativ fuktigheten inomhus,  $RF_i$ , antas till 50 %

Provbitens fuktkvot,  $u$ , antas till 15 % vid provtagning vilket medför att  $RF_{provbit}$  är 75 %  
Provbitens fukthalt blir,  $v_{provbit} = RF_{provbit} \cdot v_s(20^\circ\text{C}) = 12,96 \text{ g/m}^3$

Inomhusluftens ånghalt blir,  $v_i = RF_i \cdot v_s(20^\circ\text{C}) = 8,64 \text{ g/m}^3$

Skillnaden i ånghalt,  $\Delta v$ , blir således:  $\Delta v = (RF_{provbit} - RF_i) \cdot v_s(20^\circ\text{C}) = 4,32 \text{ g/m}^3$

Fukttransport genom diffusion från provbiten beräknas enligt:

$$G = 2A \cdot \frac{\Delta v}{Z} \quad (1)$$

$Z = 360 \text{ s/m}$  (ångmotståndet i provbiten försummas)

Skillnaden i fukthalt,  $\Delta w$  beräknas enligt:

$$\Delta w = \frac{G \cdot \Delta t}{A \cdot d} \quad (2)$$

(1) i (2) ger:

$$\Delta w = \frac{2 \cdot \Delta v \cdot \Delta t}{d \cdot Z} \quad (3)$$

Eftersom  $w = \rho \cdot u$  kan (3) skrivas om till:

$$\Delta u = \frac{2 \cdot \Delta v \cdot \Delta t}{d \cdot Z \cdot \rho} \quad (4)$$

$\rho = 500 \text{ kg/m}^3$

En fuktkvotsförändring,  $\Delta u$  5 %, medför att  $\Delta t$  med insatta värden blir:

$$\Delta t = d(mm) \cdot 0,289h$$

Eftersom ångmotståndet i provbiten försummas är denna beräkning en underskattning av den tid som krävs för uppskattad uttorkning.

Nedan presenteras resultaten från känslighetsanalysen. Varje provbits fuktkvot har justerats upp med 5 %.

\* provbitar med önskad tjocklek större än 1 cm

| NR  | Fuktkvot [%] | d [mm] | $\Delta u$ 5 % ger<br>$\Delta t$ [h] | Ny fuktkvot [%] |
|-----|--------------|--------|--------------------------------------|-----------------|
| 8   | 8,0%         | 7,3    | 2,1                                  | 13,0%           |
| 14  | 8,8%         | 3,2    | 0,9                                  | 13,8%           |
| 19  | 6,7%         | 8,7    | 2,5                                  | 11,7%           |
| 20  | 8,7%         | 6,7    | 1,9                                  | 13,7%           |
| 21  | 3,3%         | 3,3    | 1,0                                  | 8,3%            |
| 30  | 5,5%         | 1,8    | 0,5                                  | 10,5%           |
| 34  | 5,5%         | 3,5    | 1,0                                  | 10,5%           |
| 37  | 4,9%         | 5,0    | 1,4                                  | 9,9%            |
| 40  | 3,9%         | 2,8    | 0,8                                  | 8,9%            |
| 42  | 5,4%         | 3,5    | 1,0                                  | 10,4%           |
| 44  | 8,1%         | 7,8    | 2,3                                  | 13,1%           |
| 45* | 8,8%         | 11,6   | 3,4                                  | 13,8%           |
| 51  | 6,0%         | 3,1    | 0,9                                  | 11,0%           |
| 53  | 5,9%         | 3,7    | 1,1                                  | 10,9%           |
| 55  | 8,2%         | 3,1    | 0,9                                  | 13,2%           |
| 58  | 6,2%         | 1,4    | 0,4                                  | 11,2%           |
| 61  | 5,6%         | 3,4    | 1,0                                  | 10,6%           |
| 62  | 9,4%         | 9,2    | 2,7                                  | 14,4%           |
| 63* | 7,0%         | 16,2   | 4,7                                  | 12,0%           |
| 65  | 5,3%         | 6,6    | 1,9                                  | 10,3%           |
| 66  | 5,1%         | 5,3    | 1,5                                  | 10,1%           |
| 67  | 7,4%         | 8,1    | 2,3                                  | 12,4%           |
| 68  | 3,1%         | 2,6    | 0,8                                  | 8,1%            |
| 69  | 8,9%         | 7,1    | 2,1                                  | 13,9%           |
| 71  | 8,6%         | 3,4    | 1,0                                  | 13,6%           |
| 76  | 4,6%         | 6,1    | 1,8                                  | 9,6%            |
| 77* | 9,6%         | 13,4   | 3,9                                  | 14,6%           |
| 78  | 6,9%         | 5,7    | 1,6                                  | 11,9%           |
| 80  | 11,3%        | 7,7    | 2,2                                  | 16,3%           |
| 84  | 11,1%        | 7,6    | 2,2                                  | 16,1%           |
| 86  | 6,8%         | 7,0    | 2,0                                  | 11,8%           |
| 89  | 8,5%         | 3,0    | 0,9                                  | 13,5%           |
| 96  | 2,9%         | 1,2    | 0,3                                  | 7,9%            |
| 97* | 7,5%         | 12,6   | 3,6                                  | 12,5%           |
| 101 | 10,6%        | 4,0    | 1,2                                  | 15,6%           |
| 103 | 6,9%         | 3,6    | 1,0                                  | 11,9%           |

| NR   | Fuktkvot [%] | d [mm] | $\Delta u$ 5 % ger<br>$\Delta t$ [h] | Ny fuktkvot [%] |
|------|--------------|--------|--------------------------------------|-----------------|
| 105  | 4,2%         | 3,1    | 0,9                                  | 9,2%            |
| 111  | 6,2%         | 3,4    | 1,0                                  | 11,2%           |
| 112* | 8,3%         | 10,3   | 3,0                                  | 13,3%           |
| 113  | 3,7%         | 1,2    | 0,3                                  | 8,7%            |
| 116  | 6,8%         | 8,5    | 2,5                                  | 11,8%           |
| 121  | 4,8%         | 1,2    | 0,3                                  | 9,8%            |
| 123* | 9,5%         | 22,4   | 6,5                                  | 14,5%           |
| 124  | 6,3%         | 3,5    | 1,0                                  | 11,3%           |
| 130  | 9,4%         | 7,5    | 2,2                                  | 14,4%           |
| 133  | 4,8%         | 2,2    | 0,6                                  | 9,8%            |
| 136  | 9,3%         | 5,1    | 1,5                                  | 14,3%           |
| 138  | 6,2%         | 2,8    | 0,8                                  | 11,2%           |
| 141  | 1,5%         | 0,7    | 0,2                                  | 6,5%            |
| 143  | 1,0%         | 3,2    | 0,9                                  | 6,0%            |
| 147  | 9,5%         | 6,2    | 1,8                                  | 14,5%           |
| 148  | 11,1%        | 5,5    | 1,6                                  | 16,1%           |
| 150  | 10,8%        | 5,8    | 1,7                                  | 15,8%           |
| 152* | 10,5%        | 18,9   | 5,5                                  | 15,5%           |
| 153  | 9,6%         | 6,2    | 1,8                                  | 14,6%           |
| 154  | 2,2%         | 3,1    | 0,9                                  | 7,2%            |
| 158  | 9,3%         | 6,9    | 2,0                                  | 14,3%           |
| 162  | 8,3%         | 7,5    | 2,2                                  | 13,3%           |
| 164  | 7,3%         | 8,7    | 2,5                                  | 12,3%           |
| 167  | 2,5%         | 1,6    | 0,5                                  | 7,5%            |
| 170  | 7,0%         | 4,9    | 1,4                                  | 12,0%           |
| 173  | 6,9%         | 3,4    | 1,0                                  | 11,9%           |
| 176  | 5,9%         | 3,0    | 0,9                                  | 10,9%           |
| 177  | 7,1%         | 5,2    | 1,5                                  | 12,1%           |
| 180  | 2,1%         | 1,8    | 0,5                                  | 7,1%            |
| 184  | 2,4%         | 6,6    | 1,9                                  | 7,4%            |
| 186  | 6,5%         | 5,7    | 1,6                                  | 11,5%           |
| 193  | 6,9%         | 4,5    | 1,3                                  | 11,9%           |
| 195  | 3,5%         | 3,4    | 1,0                                  | 8,5%            |
| 196  | 5,7%         | 5,3    | 1,5                                  | 10,7%           |
| 199  | 7,7%         | 3,1    | 0,9                                  | 12,7%           |

## Bilaga 7 - Resultat från mykologisk analys

Den mykologiska analysen utfördes kontinuerligt av Gunilla Bok, doktorand vid Göteborgs universitet under november månad, 2006. Resultaten presenteras enligt Botaniska Analysgruppens indelning (se nedan).

- Ingen förekomst
- + Sparsam förekomst
- ++ Måttlig förekomst
- +++ Riklig förekomst
- \* Inget prov medskickat

| NR | FÖREKOMST AV HYFER | FÖREKOMST AV SPORER | KOMMENTAR                       |
|----|--------------------|---------------------|---------------------------------|
| 1  |                    |                     |                                 |
| 2  |                    |                     |                                 |
| 3  |                    |                     |                                 |
| 4  |                    |                     |                                 |
| 5  |                    |                     |                                 |
| 6  |                    |                     |                                 |
| 7  |                    |                     |                                 |
| 8  | +++                | +                   | Insektexkrementer               |
| 9  |                    |                     |                                 |
| 10 |                    |                     |                                 |
| 11 |                    |                     |                                 |
| 12 |                    |                     |                                 |
| 13 |                    |                     |                                 |
| 14 | +++                | +++                 | Insektexkrementer               |
| 15 |                    |                     |                                 |
| 16 |                    |                     |                                 |
| 17 |                    |                     |                                 |
| 18 |                    |                     |                                 |
| 19 | +++                | +++                 | Insektrester, insektexkrementer |
| 20 | +++                | +++                 |                                 |
| 21 | +++                | +++                 | Saltavlagringar                 |
| 22 |                    |                     |                                 |
| 23 |                    |                     |                                 |
| 24 | *                  | *                   |                                 |
| 25 |                    |                     |                                 |
| 26 |                    |                     |                                 |
| 27 |                    |                     |                                 |
| 28 |                    |                     |                                 |
| 29 |                    |                     |                                 |
| 30 | +++                | +++                 | Insektexkrementer               |



| NR | FÖREKOMST AV HYFER | FÖREKOMST AV SPORER | KOMMENTAR                                      |
|----|--------------------|---------------------|--|
| 31 |                    |                     |  |
| 32 |                    |                     |  |
| 33 |                    |                     |  |
| 34 | +++                | +++                 | Insektrester, insektexkrementer                |
| 35 |                    |                     |  |
| 36 | *                  | *                   |  |
| 37 | +++                | +++                 | Insektrester, insektexkrementer                |
| 38 |                    |                     |  |
| 39 |                    |                     |  |
| 40 | +++                | +++                 | Insektexkrementer                              |
| 41 |                    |                     |  |
| 42 | -                  | -                   |  |
| 43 |                    |                     |  |
| 44 | -                  | +                   |  |
| 45 | +++                | +++                 |  |
| 46 |                    |                     |  |
| 47 |                    |                     |  |
| 48 | *                  | *                   |  |
| 49 |                    |                     |  |
| 50 |                    |                     |  |
| 51 | +++                | +++                 | Insektexkrementer                              |
| 52 |                    |                     |  |
| 53 | +++                | +++                 |  |
| 54 |                    |                     |  |
| 55 | +++                | +++                 | Insektexkrementer                              |
| 56 |                    |                     |  |
| 57 |                    |                     |  |
| 58 | +                  | +                   |  |
| 59 |                    |                     |  |
| 60 |                    |                     |  |
| 61 | +++                | +++                 |  |
| 62 | +++                | +++                 | Saltavlagringar, insektexkrementer             |
| 63 | +++                | +++                 | Insektexkrementer, insektrester                |
| 64 |                    |                     |  |
| 65 | +++                | +++                 | Insektrester                                   |
| 66 | +++                | +++                 |  |
| 67 | -                  | -                   |  |
| 68 | +++                | +++                 | Fruktkroppar, insektrester, insektexkrementer, |
| 69 | +                  | -                   | Insektexkrementer                              |
| 70 |                    |                     |  |

| NR  | FÖREKOMST AV HYFER | FÖREKOMST AV SPORER | KOMMENTAR                                       |
|-----|--------------------|---------------------|---|
| 71  | +++                | +++                 | Insektexkrementer                               |
| 72  |                    |                     |   |
| 73  |                    |                     |   |
| 74  | *                  | *                   |   |
| 75  |                    |                     |   |
| 76  | -                  | -                   |   |
| 77  | +++                | +++                 | Insektexkrementer                               |
| 78  | +++                | +++                 | Fruktkroppar                                    |
| 79  |                    |                     |   |
| 80  | +++                | +++                 | Insektexkrementer                               |
| 81  |                    |                     |   |
| 82  |                    |                     |   |
| 83  |                    |                     |   |
| 84  | +                  | +                   | Tjärfläckar                                     |
| 85  |                    |                     |   |
| 86  | +++                | +                   | Grus på ytan, insektrester                      |
| 87  |                    |                     |   |
| 88  |                    |                     |   |
| 89  | +++                | +++                 |   |
| 90  |                    |                     |   |
| 91  |                    |                     |   |
| 92  |                    |                     |   |
| 93  |                    |                     |   |
| 94  |                    |                     |   |
| 95  |                    |                     |   |
| 96  | +++                | +++                 | Insektrester, insektexkrementer                 |
| 97  | -                  | -                   |   |
| 98  |                    |                     |   |
| 99  |                    |                     |   |
| 100 |                    |                     |   |
| 101 | +++                | +++                 | Insektexkrementer, fruktkroppar                 |
| 102 |                    |                     |   |
| 103 | +++                | +++                 | Saltavlagringar                                 |
| 104 |                    |                     |   |
| 105 | +++                | +++                 | Insektrester, insektexkrementer                 |
| 106 |                    |                     |   |
| 107 |                    |                     |   |
| 108 |                    |                     |   |
| 109 |                    |                     |   |
| 110 |                    |                     |   |
| 111 | +++                | +++                 | Insektexkrementer, insektrester<br>fruktkroppar |

| NR  | FÖREKOMST AV HYFER | FÖREKOMST AV SPORER | KOMMENTAR         |
|-----|--------------------|---------------------|-------------------|
| 112 | +++                | +++                 | Fruktkroppar      |
| 113 | +++                | +++                 |                   |
| 114 |                    |                     |                   |
| 115 |                    |                     |                   |
| 116 | +++                | +++                 | Insektexkrementer |
| 117 |                    |                     |                   |
| 118 |                    |                     |                   |
| 119 | För litet prov     | För litet prov      |                   |
| 120 |                    |                     |                   |
| 121 | -                  | -                   |                   |
| 122 |                    |                     |                   |
| 123 | +++                | +++                 |                   |
| 124 | +++                | +++                 |                   |
| 125 |                    |                     |                   |
| 126 |                    |                     |                   |
| 127 |                    |                     |                   |
| 128 |                    |                     |                   |
| 129 |                    |                     |                   |
| 130 | +++                | +++                 |                   |
| 131 |                    |                     |                   |
| 132 |                    |                     |                   |
| 133 | +++                | +++                 |                   |
| 134 |                    |                     |                   |
| 135 |                    |                     |                   |
| 136 | -                  | -                   |                   |
| 137 |                    |                     |                   |
| 138 | -                  | -                   |                   |
| 139 |                    |                     |                   |
| 140 |                    |                     |                   |
| 141 | -                  | +                   |                   |
| 142 |                    |                     |                   |
| 143 | +++                | +++                 | Insektexkrementer |
| 144 |                    |                     |                   |
| 145 |                    |                     |                   |
| 146 |                    |                     |                   |
| 147 | +++                | +++                 |                   |
| 148 | +++                | +++                 | Insektexkrementer |
| 149 |                    |                     |                   |
| 150 | +++                | +++                 | Insektexkrementer |
| 151 |                    |                     |                   |
| 152 | +                  | +                   |                   |
| 153 | +++                | +++                 |                   |

| NR  | FÖREKOMST AV HYFER | FÖREKOMST AV SPORER | KOMMENTAR                       |
|-----|--------------------|---------------------|---------------------------------|
| 154 | +                  | +                   |                                 |
| 155 |                    |                     |                                 |
| 156 |                    |                     |                                 |
| 157 |                    |                     |                                 |
| 158 | +                  | +                   |                                 |
| 159 | -                  | +                   |                                 |
| 160 |                    |                     |                                 |
| 161 |                    |                     |                                 |
| 162 | +++                | +++                 | Insektexkrementer               |
| 163 | *                  | *                   |                                 |
| 164 | +++                | +++                 |                                 |
| 165 |                    |                     |                                 |
| 166 |                    |                     |                                 |
| 167 | +++                | +++                 |                                 |
| 168 |                    |                     |                                 |
| 169 |                    |                     |                                 |
| 170 | +++                | +++                 | Insektrester, insektexkrementer |
| 171 |                    |                     |                                 |
| 172 |                    |                     |                                 |
| 173 | +                  | -                   |                                 |
| 174 |                    |                     |                                 |
| 175 |                    |                     |                                 |
| 176 | +++                | +++                 | Insektrester, insektexkrementer |
| 177 | -                  | +                   |                                 |
| 178 |                    |                     |                                 |
| 179 |                    |                     |                                 |
| 180 | +++                | +++                 | Insektexkrementer               |
| 181 |                    |                     |                                 |
| 182 |                    |                     |                                 |
| 183 |                    |                     |                                 |
| 184 | +++                | +++                 |                                 |
| 185 |                    |                     |                                 |
| 186 | +++                | +++                 | Insektexkrementer               |
| 187 |                    |                     |                                 |
| 188 |                    |                     |                                 |
| 189 |                    |                     |                                 |
| 190 |                    |                     |                                 |
| 191 |                    |                     |                                 |
| 192 |                    |                     |                                 |
| 193 | -                  | -                   |                                 |
| 194 |                    |                     |                                 |
| 195 | +                  | +                   |                                 |

| NR  | FÖREKOMST<br>AV HYFER | FÖREKOMST<br>AV SPORER | KOMMENTAR         |
|-----|-----------------------|------------------------|-------------------|
| 196 | +++                   | +++                    | Insektexkrementer |
| 197 |                       |                        |                   |
| 198 |                       |                        |                   |
| 199 | +++                   | +++                    |                   |
| 200 |                       |                        |                   |