

## **Bakgrund**

En ökning av antalet skador på kalla ventilerade vindar orsakade av kondensproblem har iakttagits. Detta kan ses som en följd av den utveckling mot mer energieffektiva hus som skett sedan 1970-talet. En ökad isolering i vindsbjälklaget i kombination med att skorstensstocken numera är kall, eller saknas helt, har bidragit till att vindsutrymmet blivit kallare. Med skorsten säkerställdes alltid ett undertryck i hela byggnaden samt en bättre luftomsättning under uppvärmningssäsongen. Utan skorsten får vi följaktligen en sämre ventilation och större risk för övertryck i byggnadens övre delar. För att säkerställa att varm, fuktig inomhusluft inte kommer upp på vinden har vikten av lufttätet i vindsbjälklaget ökat. "Ekologiskt byggande" med öppna bjälklag har ibland skapat problem. Nu har det emellertid visat sig att trots att man försöker bygga lufttäta bjälklag får man ibland kondensproblem på kalla vindar. En bidragande orsak kan vara att nattutstrålningen får större betydelse i nybyggda kalla vindsutrymme. Under klara nätter kan detta medföra att insidan av yttertaket får en lägre temperatur än uteluften vilket leder till högre relativ fuktighet och även kondens. I Sverige har problemet tidigare uppmärksammats av Ingemar Samuelson (1995) samt Lars-Erik Larsson (1995). Några av husen som uppfördes i Örebro i samband med Bo92 (Elmroth & Samuelson, 1996) har modifierade takkonstruktioner som utformats med tanke på det beskrivna problemet.

## **Syfte**

Syftet med projektet är att försöka prediktera fukt och temperaturtillstånd i kalla vindar och därmed risken för fuktrelaterade skador.

## **Genomförande**

Inom projektet har olika alternativa utformningar av kalla vindar praktiskt provats. Experimentell insamling av data från nybyggda konstruktioner samt omgivande klimat har registrerats och verifierats mot beräkningar.

Undersökningen har genomförts som en fallstudie av fem vindsutrymmen, varav ett varit referensobjekt och de övriga modifierats på olika sätt. I samtliga vindsutrymmen har mätningar av temperaturer och fuktighet genomförts under en två års period. Även temperatur och fuktighet ute har registrerats. För fyra av husen har temperatur och fuktighet på vindarna simulerats med hjälp av beräkningsverktyget HAM-tools (Sasic-Kalagasidis, 2004). Avsikten är att klargöra i vilken utsträckning man med hjälp av beräkningar kan prediktera klimatet i de fyra vindsutrymmena.

Studien omfattade enbart ventilerade kalla vindar och genomfördes som fallstudier. Mätningar har enbart genomförts i vindutrymme samt utomhus vilket innebär att någon hänsyn till inomhusklimatet i bostadsdelen inte har tagits.

Ett av husen utgör referensobjekt (Hus 4) där vindsutrymmet inte modifierats på något sätt, utan kan betraktas som ett "normalt" uteluftsventilerat vindsutrymme.

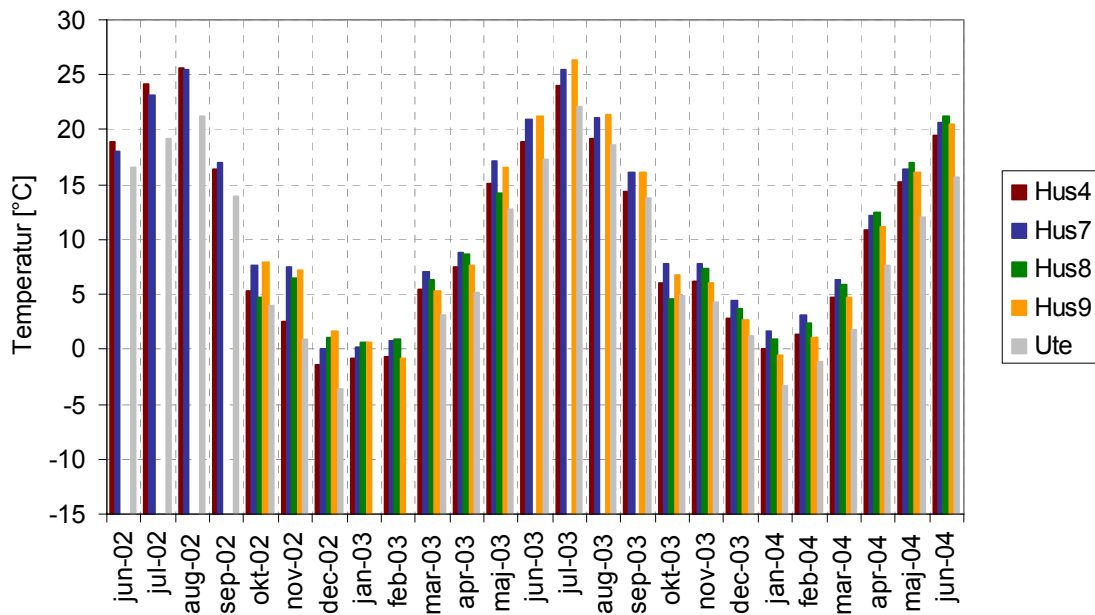
I yttertaket i ett vindsutrymme (Hus 7) har en 50 mm värmeisolering med falsad expanderad cellplast placerats mot råsponten.

I ett hus har värmekällor (Hus 8) placerats i vindsutrymmet.

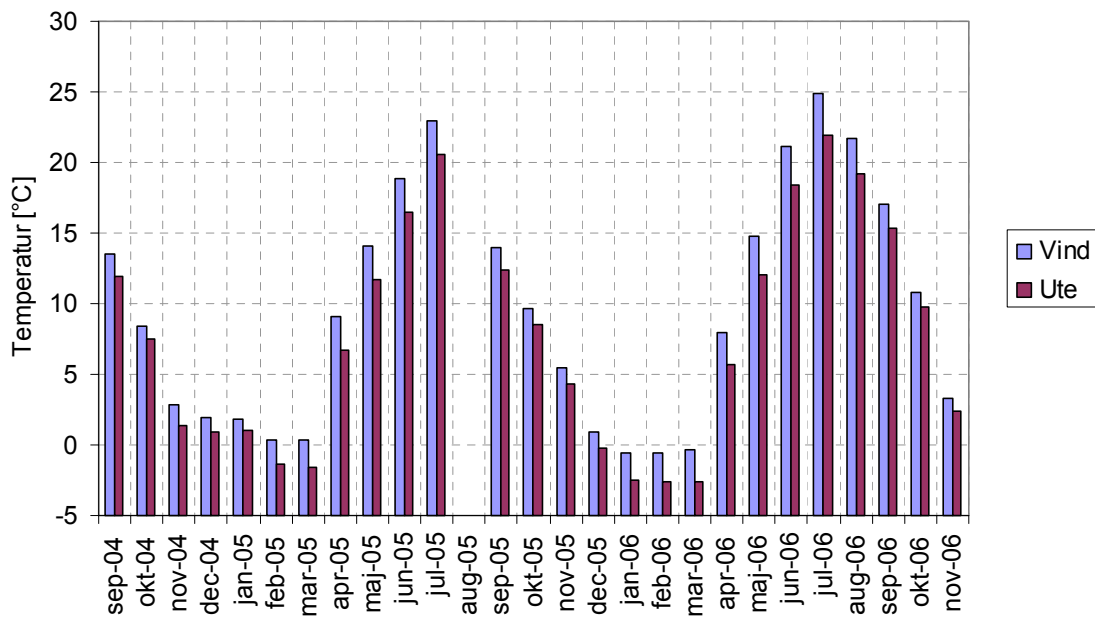
I två av husen har ventilationen reducerats (Hus 9 samt Majrogården). Av dessa har ett av husen försetts med diffusionsöppen underlagstäckning mot råsponten medan det andra har haft traditionell underlagspapp.

## **Resultat**

I figur 1 och 2 redovisas månadsmedeltemperaturer för de fem mätobjekten samt utomhus.

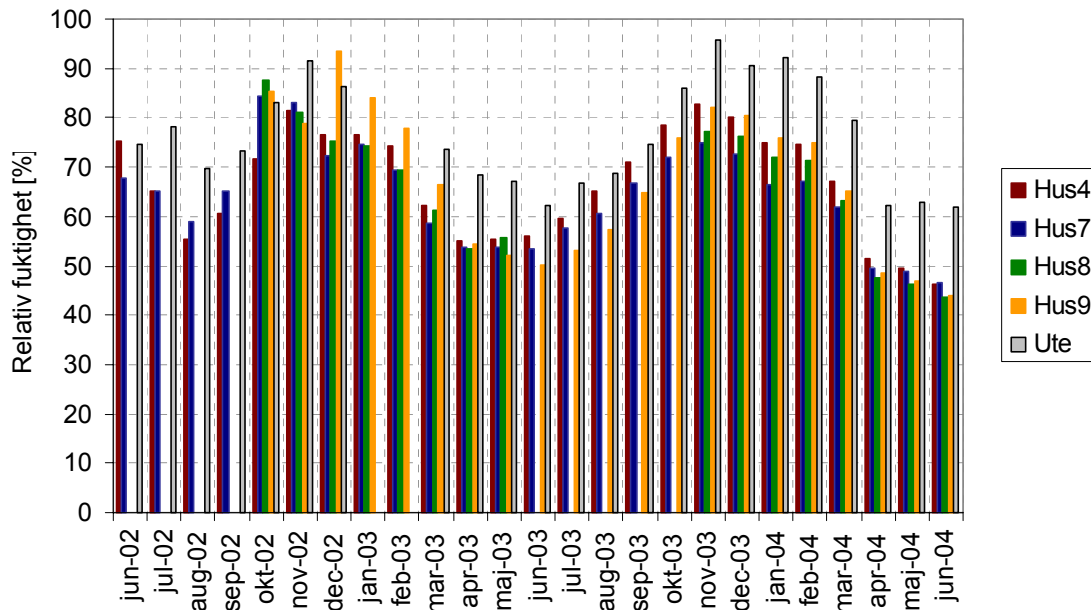


Figur 1. Månadsmedeltemperaturer (°C) för fyra av mätobjekten samt utomhus.

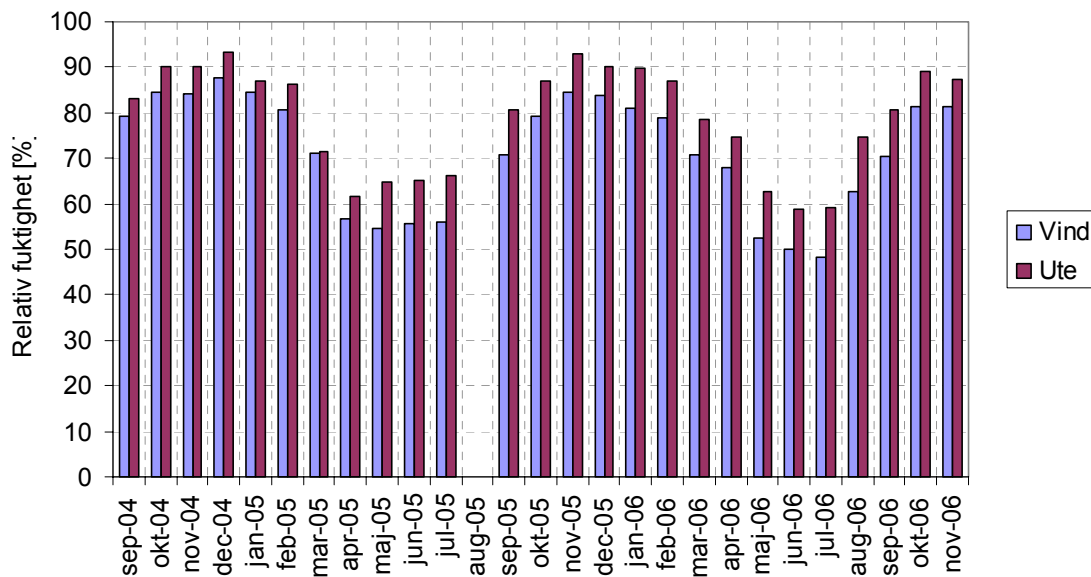


Figur 2. Månadsmedeltemperaturer (°C) på vinden med reducerad ventilation och diffusionsöppen underlagstäckning samt utomhus.

I figur 3 och 4 redovisas månadsmedelvärden för den relativa fuktigheten för de fem mätobjekten samt utomhus.

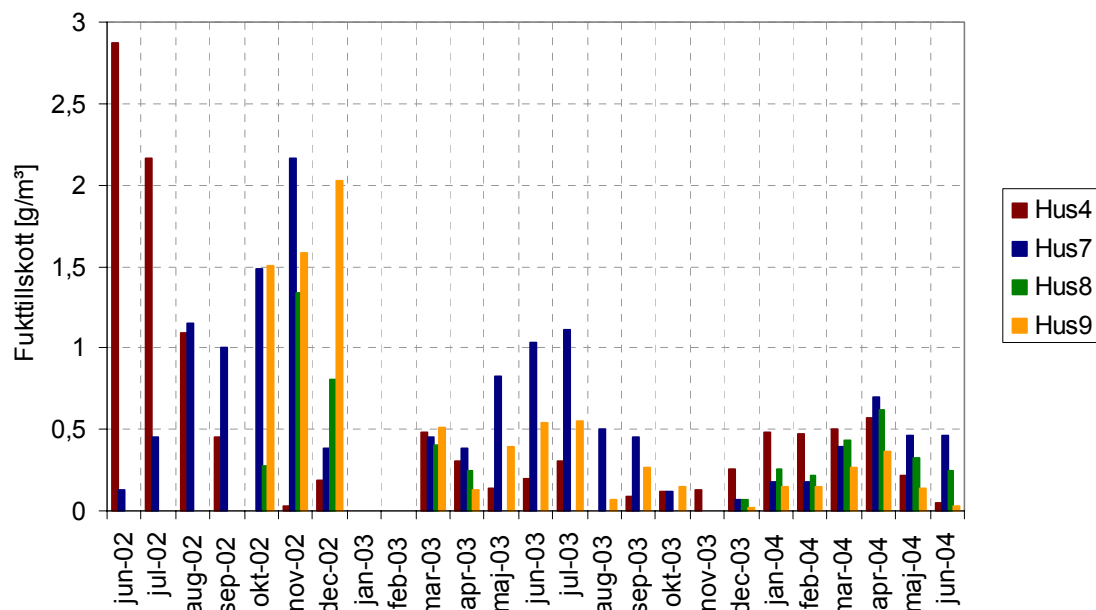


Figur 3. Månadsmedelvärde av relativ fuktighet (%) för fyra av mätobjekten samt utomhus.

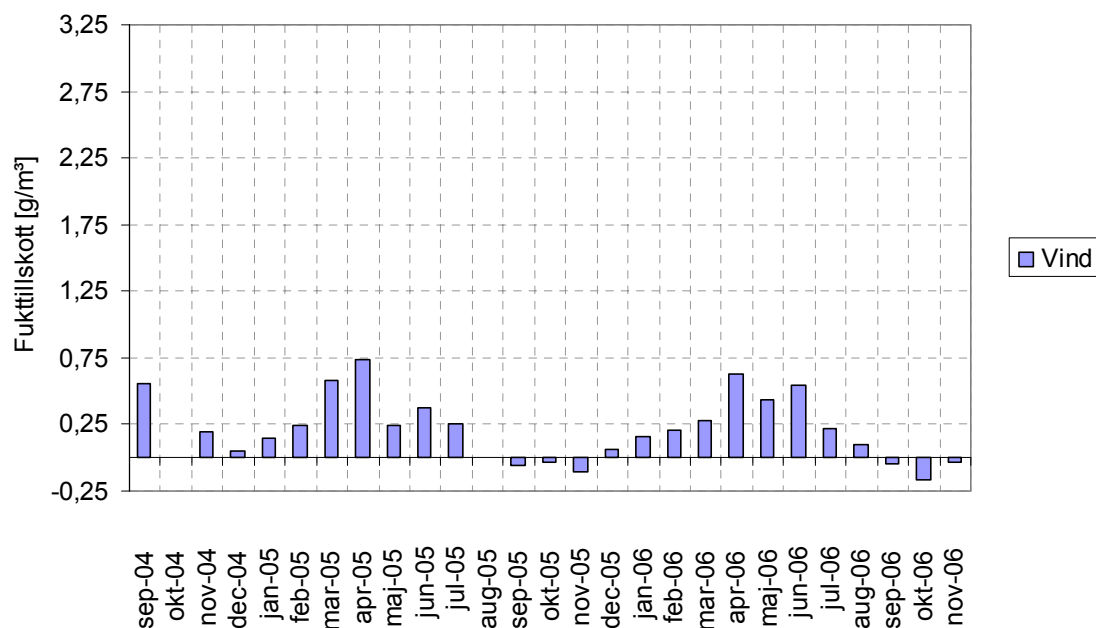


Figur 4. Månadsmedelvärde av relativ fuktighet (%) på vinden med reducerad ventilation och diffusionsöppen underlagstäckning samt utomhus.

I figur 5 och 6 redovisas månadsmedelvärden för fuktillskottet för de fem mätobjekten.



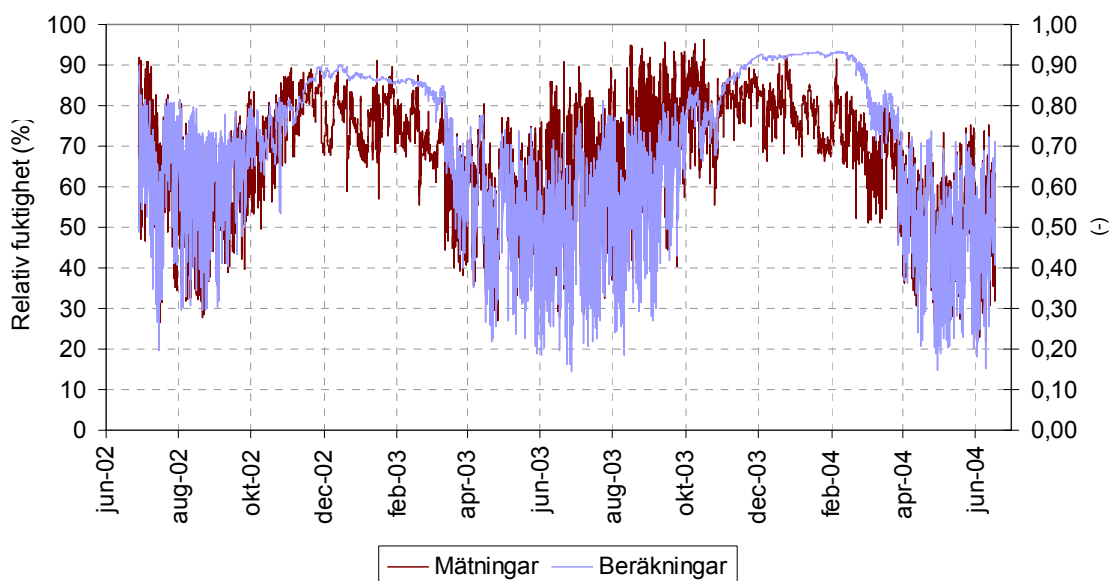
Figur 5. Månadsmedelvärden för fukttillskottet ( $\text{g/m}^3$ ) på vindarna i fyra av husen.



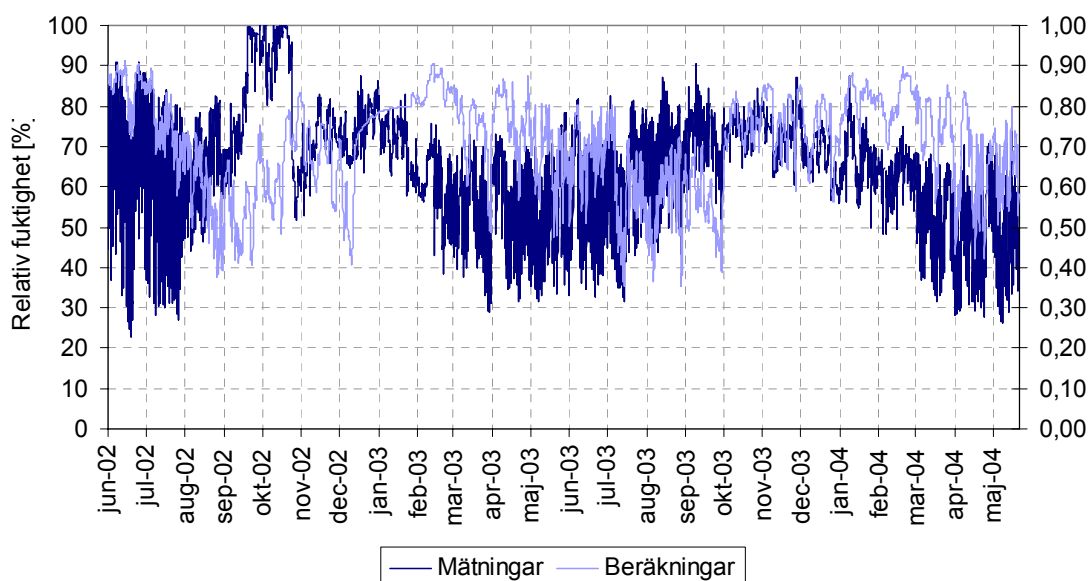
Figur 6. Månadsmedelvärden för fukttillskottet ( $\text{g/m}^3$ ) på vinden med reducerad ventilation och diffusionsöppen underlagstäckning.

För fyra av vindarna har beräkningar genomförts. Dessa har utförts av Angela Sasic Kalagasidis, Byggnadsfysik Chalmers. Vid beräkningarna har uteklimatet från mätningarna använts som indata. Andra klimatdata som behövs till beräkningarna, såsom direkt och diffus solstrålningen har beräknats. Förutom geometri för de olika vindsutrymmena och relevant materialdata krävs även luftomsättningen på vindarna som indata till beräkningarna. För Hus 4, Hus 7 och Hus 8 har luftomsättningen antagits vara 2,0 luftomsättningar per timme, medan luftomsättningen i Hus 9 antas vara 0,2 omsättningar per timme i genomsnitt. Vid samtliga beräkningar har temperaturen under vindsbjälklaget (inomhus) antagits till  $+22^\circ\text{C}$ .

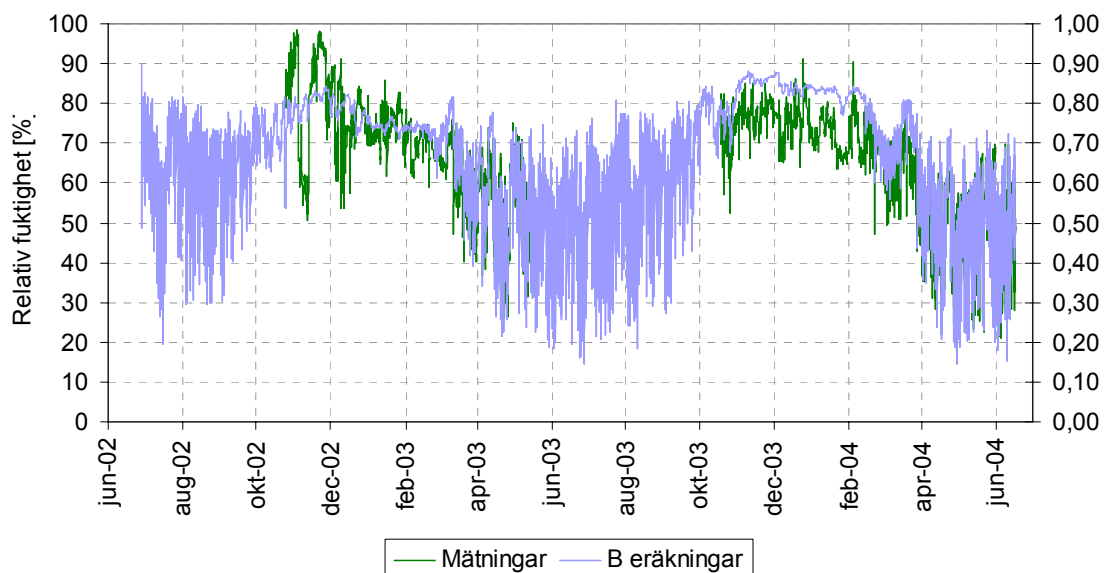
I figurerna nedan redovisas förutom beräknade värden även uppmätta medelvärden från loggarna.



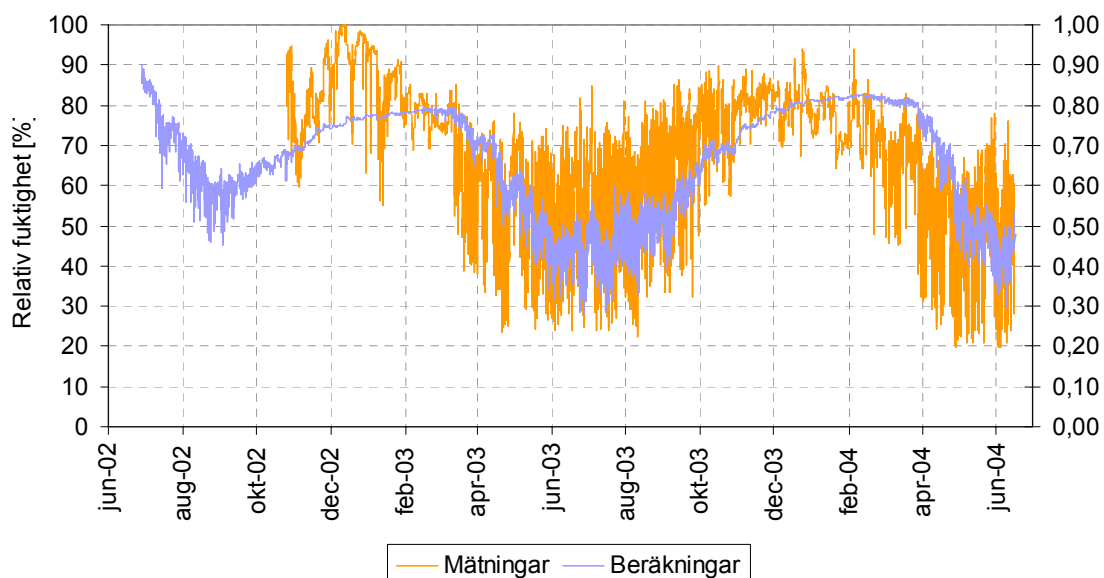
Figur 7. Medelvärden av RF-mätningar (%) i Hus 4, referenshus, samt beräknad relativ fuktighet (-) vid invändig yta av råspont.



Figur 8. Medelvärden av RF-mätningar (%) i Hus 7, isolering mot råsponten, samt beräknad relativ fuktighet (-) vid invändig yta av cellplast.

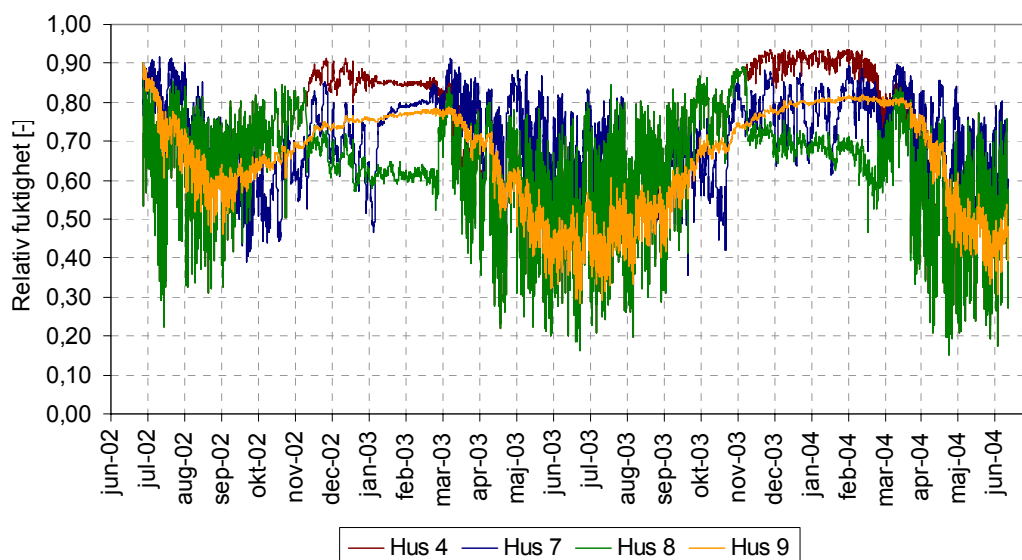


Figur 9. Medelvärden av RF-mätningar (%) i Hus 8, värmekälla, samt beräknad relativ fuktighet (-) vid invändig yta av råspont.



Figur 10. Medelvärden av RF-mätningar (%) i Hus 9, reducerad ventilation, samt beräknad relativ fuktighet (-) vid invändig yta av råspont.

I figur 11 redovisas beräkningar av relativa fuktigheter för samtliga undersökta vindar.



Figur 11. Beräknade relativa fuktigheter (-) i de fyra vindsutrymmena. Hus 4 (referenshus), Hus 7 (isolering mot råspont), Hus 8 (värmekälla), Hus 9 (reducerad ventilation).

Gemensamt för samtliga vindar vid normal drift är att lufttemperaturen nästan alltid är högre på vindarna i jämförelse med uteluften, se figur 1 och 2. Hus 7 (isolering mot råspont), och hus 8 (värmekälla) uppvisar de högsta lufttemperaturerna. För dessa hus är temperaturerna alltid högre än i hus 4, referenshuset. Under vintern, oktober 2003 – mars 2004, är det hus 7 (isolering mot råspont), som uppvisar de högsta temperaturerna. I hus 9 (reducerad ventilation), är temperaturerna under vintern lägre än referenshuset, medan det omvända gäller under sommaren. I huset med reducerad ventilation och diffusionsöppen underlagstäckning är temperaturen på vinden alltid högre än utomhus under mätperioden.

På flertalet av vindarna har höga värden på relativ fuktighet och fukttillskott registrerats under hösten 2002, se figur 3 och 5. Under denna period genomfördes kompletterande gjutning med lättballastbetong, 200-300 mm på mellanbjälklagen i de fyra hus som uppfördes 2002. Byggfukten från detta arbetsmoment beaktades inte tillräckligt utan ett rejält fukttillskott skapades. Den fuktiga luften kunde fritt strömma upp på vinden genom vindsluckan som olyckligtvis var öppen. Då detta uppmärksammades vidtogs genast avfuktande åtgärder. Den relativa fuktigheten sjönk därefter snabbt. I huset med reducerad ventilation och diffusionsöppen underlagstäckning är den relativa fuktigheten på vinden alltid lägre än utomhus, se figur 4.

Enligt figur 5 är fukttillskottet under vintern 2003-2004 mycket litet. Detta tyder på att luftläckage underifrån är mycket litet eller inget alls, vilket ur fuktsäkerhetssynpunkt är positivt. Den skillnad i fukttillskott som dock finns mellan de fyra husen visar på ett lägre fukttillskott under vintern för samtliga tre hus i jämförelse med referenshuset. Fukttillskottet på sommaren i hus 4 (referenshus), hus 8 (värmekälla) och hus 9 (reducerad ventilation), se figur 5, ligger i storleksordningen  $0,5 \text{ g/m}^3$ . Detta kan bero på mätfel, läckage från nederbörd eller lokal kondensation i närheten av takfot. Det är dock inte troligt att fukttillskottet härrör från att inneluften läcker ut i vindsutrymmet. Anledningen till de höga värdena i hus 7 (isolering mot råspont), under sommaren 2003 är förmodligen att cellplastisoleringen, som ligger på insidan av råsponten, reducerar fuktbufferingen i råsponten.

I huset med reducerad ventilation och diffusionsöppen underlagstäckning är ånghalten mestadels något högre på vinden än utomhus. Detta framgår tydligt i figur 6 där fukttillskottet redovisas. Eftersom skillnaden i stora drag blir allt större ju längre fram i uppvärmningssäsongerna vi

kommer tyder detta på ett visst luftläckage från bostads- till vindsutrymme. Detta stämmer väl med att de termiska drivkrafterna är störst under vintern då temperaturskillnaderna är som störst.

Som tidigare påpekats är fukttillskottet mycket högt i samband med gjutning och pågjutning av betong på mellanbjälklagen i de fyra hus som uppfördes 2002. Det är därför viktigt att luft- och ångtätande åtgärder mellan vindsutrymme och underliggande lokaler utförs i ett tidigt skede. Plastfolie, tätningar av genomföringar och anslutningar samt tät vindslucka är direkt avgörande för en acceptabel fuktnivå i vindsutrymmet. En dålig luft- och ångtäthet kan få negativa konsekvenser under mycket lång tid framåt. Detta är en mycket viktig lärdom inför framtiden.

Isolering på utsida av råspont bör fungera väl tillsammans med normal underlagspapp. Vid användning av nya material såsom diffusionsöppen underlagstäckning i kombination med relativt ångtät cellplast försvinner ångbromsens funktion helt eller delvis. Detta bör vidare undersökas.

I en kompletterande fallstudie undersöktes reducerad ventilation i kombination med diffusionsöppen underlagstäckning mot råspont. Slutsatsen från denna studie och liknade pågående studier i Storbritannien är att reducerad ventilation i kombination med diffusionsöppen underlagstäckning mot råspont tycks minska risken för fukt och mögelskador i jämförelse med en traditionellt ventilerad vind med underlagspapp mot råspont.

Beräkningsmässigt är samtliga undersökta åtgärder från studien 2002-2004 gynnsamma och minskar risken för fuktskador, se figur 11. Jämförelser mellan beräkningar och mätningar visar på god överensstämmelse. Generellt är skillnaderna störst under vintern, beräkningarna ligger dock på säkra sidan, det vill säga beräkningarna ger högre relativa fuktigheter än vad mätningarna visar. Korttidsvariationerna underskattas dock av beräkningarna, speciellt under vintern. Uppskattningar av luftomsättningen på vindarna verkar stämma. De beräkningsverktyg som här använts lämpar sig således väl för parameterstudier.

### **Praktiska tillämpningar och möjliga konsekvenser**

Resultaten från projektet skall användas till att ge ett säkrare beslutsunderlag vid produktion/utformning av kalla vindar, ge konstruktören ett dimensioneringsverktyg samt ge byggaren/beställaren möjlighet att kontrollera om ritningsunderlaget ger en fuktsäkrare konstruktion.

Enligt resonemanget ovan är reducering av ventilationen en olämplig åtgärd under byggskedet. Däremot bör den, med gott resultat, kunna genomföras under driftsskedet under förutsättning att god lufttäthet gentemot bostadsutrymmen kan garanteras under byggnadens hela livslängd. Användning av reducerad ventilation bör ytterligare studeras och nya tekniker provas och utvecklas.

Resultaten från fallstudierna visar att samtliga provade åtgärder är gynnsamma och minskar risken för fuktskador. Detta betyder att det inte går att använda erfarenheter från äldre byggnader med kalla ventilerade vindar med traditionell utformning och extrapolera denna kunskap vid nyproduktion. Orsakerna till detta är flera, såsom tjockare isolering i bjälklaget, nya material och materialkombinationer samt andra uppvärmningssystem som leder till förändrade tryckförhållanden i byggnaden. För att säkerställa att nya byggnader inte får fuktproblem på de kalla vindarna bör en bedömning av fuktsäkerheten alltid genomföras.