

Effekter av åtgärder i uteluftsventilerade krypgrunder med fukt- och mögelskador

Uteluftsventilerade krypgrunder är konstruktioner som kan äventyra den goda inomhusmiljön i en byggnad genom att innebära hög risk för fukt- och mögelskador i krypgrunden. Resultat från många mätningar och analyser visar att konventionellt utformade uteluftsventilerade krypgrunder har höga fukttillstånd under delar av året. Detta kan leda till mikrobiologisk påväxt, som kan ge elak lukt i krypgrunden. Om luften från krypgrunden sedan kan komma upp i bostaden, till exempel genom otätheter och genomföringar i bjälklaget orsakas problem med inomhusmil-

jön. För att komma tillrätta med sådana problem i inomhusmiljön utförs olika åtgärder i hus som drabbats av fukt- och mögelskador.

I ett forskningsprojekt finansierat av Småhusskadenämnden, Byggeforskningsrådet och J&W Energi och Miljö har effekterna av olika åtgärder i uteluftsventilerade krypgrunder med fukt- och mögelskador studerats. Denna artikel baseras på en licentiatuppsats som skrivits i projektet och som presenterades i maj 2001 vid Avdelningen för Byggnadsfysik vid Lunds Tekniska Högskola.

För att problem i krypgrunden ska uppstå och påverka inomhusmiljön krävs att ett orsakssamband är uppfyllt, se figur 1. I figuren skisseras möjliga fuktkällor som kan påverka grunden och hur dessa kan leda till problem med lukt i bostaden.

Genom att bryta orsakssambandet kan en skada åtgärdas eller dess symptom avlägsnas. I de studerade fallen har oftast flera åtgärder som påverkar olika led i orsakssambandet utförts. På så sätt får man en extra säkerhetsmarginal. Det har visats sig viktigt att i varje skadefall utföra åtgärder som anpassats efter de specifika problemen. Det hjälper givetvis inte att

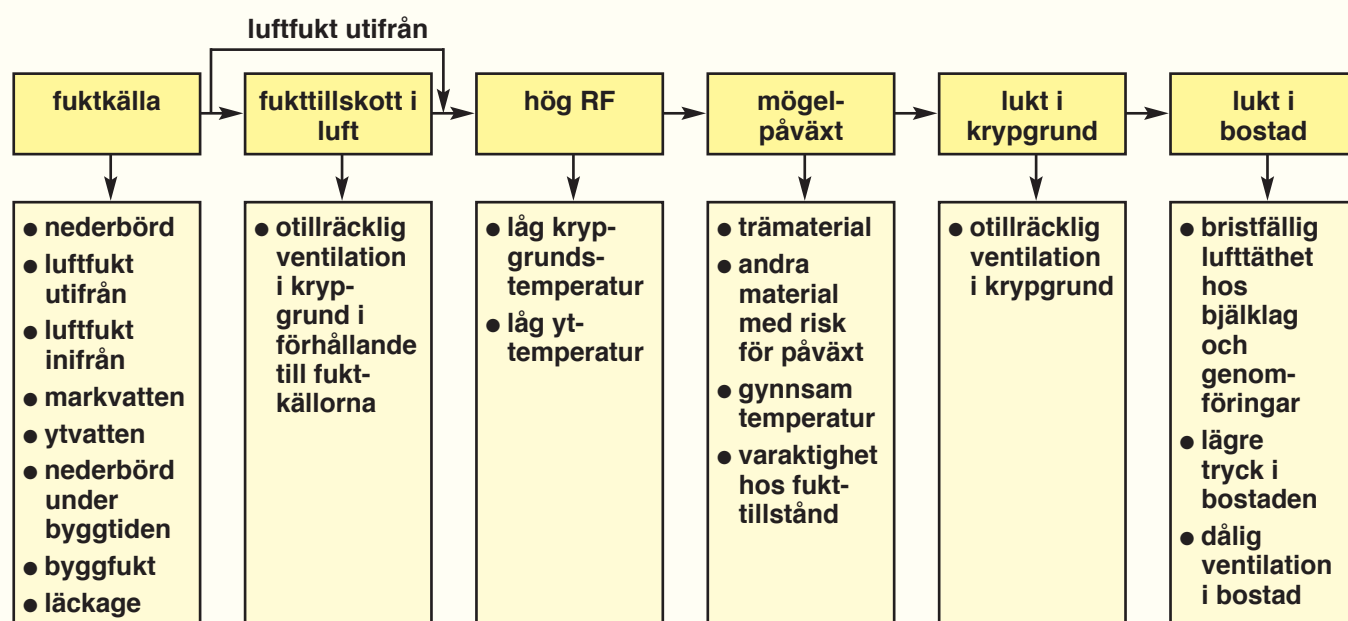
utföra många åtgärder om det inte är de rätta åtgärderna.

En enkätstudie i åtgärdade hus inom projektet visar att upp till en tredjedel av husägarna fortfarande ofta känner oro för att problemen med fukt- och mögelskador ska återkomma. Detta trots att byggtekniskt och ekonomiskt omfattande åtgärder har utförts i byggnaden. Husägarnas oro accentuerar vikten av att utföra åtgärder som är adekvata för det enskilda huset, att byggnadsarbetarna är medvetna om vikten av noggrannhet i genomförandet, att slutbesiktningen av åtgärden är noggrann samt att husägarna detaljerat informeras hur åtgärden ska utföras och vad det väntade resultatet är. Husägarna måste få information om vilket underhåll som behövs.

För att studera hur effektiva olika åtgärder är, har både mätningar och datorsimuleringar utförts (se: Om projektet). En observation är att de åtgärdade krypgrunderna generellt är i gott skick. Även de grunder där anmärkningar har gjorts, uppvisar relativt goda förhållanden. Några generella slutsatser från observationer i samband med fältmätningarna är:

□ Utförande och efterkontroll har visat sig vara mycket viktiga. Trots detta kvarstår ibland fel i utförandet efter slutbesiktningen.

Artikelförfattare är **Charlotte Svensson**, som är doktorand vid Lunds Tekniska Högskola och arbetar vid J&W Energi och Miljö i Stockholm.



Figur 1: Exempel på orsakssamband som leder till luktproblem i en bostad. De övre rutorna anger orsakssambandet och under dessa ges exempel på vad som kan ge detta i en krypgrund. För att en åtgärd ska vara effektiv måste den bryta orsakssambandet mellan något led i figuren och på så sätt medföra att påverkan på innemiljön begränsas.

Om projektet

Projektet som artikeln bygger på har primärt syftat till att studera effekterna av olika åtgärder. Arbetet kan delas in i fyra delar där varje del ger en pusselbit i sökandet efter praktiska och effektiva åtgärder.

1. Genomgång av Småhusskadenämndens arkiv. Småhusskadenämnden är en statlig fond som kan hjälpa småhusägare med att ge tekniskt stöd (genom konsulter) till åtgärder av fukt- och mögelskador. De kan också ge ekonomiskt bidrag samt ge administrativt stöd att genomföra åtgärderna. Ur deras arkiv studeras uteluftsventilerade krypgrunder. Cirka 100 hus där åtgärder har utförts har valts ut och materialet har studerats. Underlagsmaterialet ger uppgifter om vilka skador som ligger bakom åtgärder och vilka åtgärder som är vanliga. Materialet visar att undertryckshållning av krypgrunden är en vanlig åtgärd.

2. Enkätundersökning. En enkät har skickats ut till husägarna till de 100 utvalda småhusen (under punkt 1). Enkäten innehåller frågor om tillståndet i husen och om åtgärdsarbetena. Svaren visar bland annat att husägarna i de flesta fall upplever åtgärden har inneburit en mycket positiv förändring av inomhusmiljön, men att upp till en tredjedel av husägarna fortfarande ofta oroar sig för att fukt- och mögelproblem ska återkomma.

3. Fältmätningar. Från detta underlagsmaterial har sedan ett antal krypgrunder som varit fuktskadade men som åtgärdats valts ut och studerats i detalj. Mätningar har gjorts för att bestämma fukt- och temperaturförhållanden, luftomsättningar etc i grunden efter åtgärd.

4. Simuleringsprogram. Slutligen har en numerisk modell för beräkning av fukt- och temperaturförhållanden i krypgrunder utvecklats. Modellen har använts för att kunna studera grunder med verkliga klimatdata och på så sätt bestämma hur risken för mögelpåväxt påverkas av geografiska skillnader i utomhusklimatet, variationer i utomhusklimatet under olika perioder (både säsongs- och årsvariationer) samt av olika konstruktioner. Simuleringarna inkluderar även en studie av olika renoveringsåtgärders effektivitet. Simuleringsmodellen har verifierats med resultat från fältmätningarna.

□ Vissa åtgärdsförslag är dåligt genomarbetade och önskad effekt uteblir. Ett exempel på detta är att i grunder där undertryckshållning föreskrivs men inte tätning av ventiler, är det inte realistiskt att uppnå ett undertryck i krypgrunden gentemot bostaden.

□ I vissa fall har föreslagen åtgärd förvanskats så att den blivit ineffektiv, till exempel dränerande lager i krypgrunden som gjorts så tunna eller blandats in i befintligt material och har därför mycket begränsad dränerande effekt.

□ Undertryckshållning av krypgrunden föreslås ibland slentrianmässigt och utförandet blir i flera fall undermåligt, med följden att undertryck inte skapas i kryp-

rummet gentemot bostaden. Åtgärden leder dock oftast till bättre ventilation av krypgrunden.

□ Mätningarna visar att i samtliga fall där värmeisolering på marken har lagts ut har ingen eller låg risk för mögelpåväxt erhållits. Även simuleringsresultaten stödjer detta.

□ Förbättring av bostadsventilationen ingår ofta som rekommendation från Småhusskadenämnden. I många fall är troligtvis bostadsventilationen mycket låg före åtgärd.

□ Åtgärderna fokuserar på att förbättra inomhusluften. Detta innebär att även om fukt- och mögelproblem i begränsad omfattning finns kvar i krypgrunden kan åt-

gården ändå vara en lyckad åtgärd förutsatt att luftkvaliteten inomhus har blivit god genom åtgärden.

□ Säsongsstyrning av ventilation eller uppvärmning med en värmekälla i krypgrunden kan både vara effektivt för att minska risken för mögelpåväxt och för att begränsa energianvändningen. Det krävs dock att husägaren ges en god förståelse för hur säsongsstyrningen fungerar. Säsongsstyrning av ventilationen påverkar tryckförhållanden. I åtgärder där undertryckshållning har föreskrivits kan det medföra att undertryck inte uppnås under hela året.

Nytt simuleringsprogram för bedömning av risk för mögelpåväxt

För att få mer underlag i utvärderingen av åtgärder har också datorsimuleringar gjorts. Ett program som kan simulera risken för mögelpåväxt i krypgrunden baserat på timvärden (utomhusluftens temperatur och relativa fuktighet samt ventilationsflöde) har utvecklats inom projektet. Programmet kan mycket snabbt beräkna temperatur, relativ fuktighet och bedöma risken för mögelpåväxt i en krypgrund. Tack vare att programmet utnyttjar en ny teori – teorin om dynamiska termiska nätverk (Claesson, 1999) – förlorar programmet obetydligt i precision för temperaturen jämfört med ett flerdimensionellt transient temperaturberäkningsprogram. Fuktmodellen i programmet är enklare och bygger på en massbalans. Riskbedömningen görs utifrån fukt- och temperaturförhållanden enligt den riskkurva som beskrivs till exempel i Fukthandboken (Nevander och Elmarsson, 1994). En jämförelse mellan resultat från simuleringarna och mätningarna som gjorts inom projektet visar att simuleringarna överensstämmer väl med uppmätta resultat. Ibland kan risken för mögelpåväxt överskattas något eftersom simuleringarna kan överskatta variationerna i temperatur och relativ fuktighet i krypgrunden och på så sätt öka tiden med risk för mögelpåväxt.

Fördelen med detta program är att snabba simuleringar kan göras timme för timme med verkligt utomhusklimat som indata. Även ventilationen i krypgrunden kan varieras timme för timme.

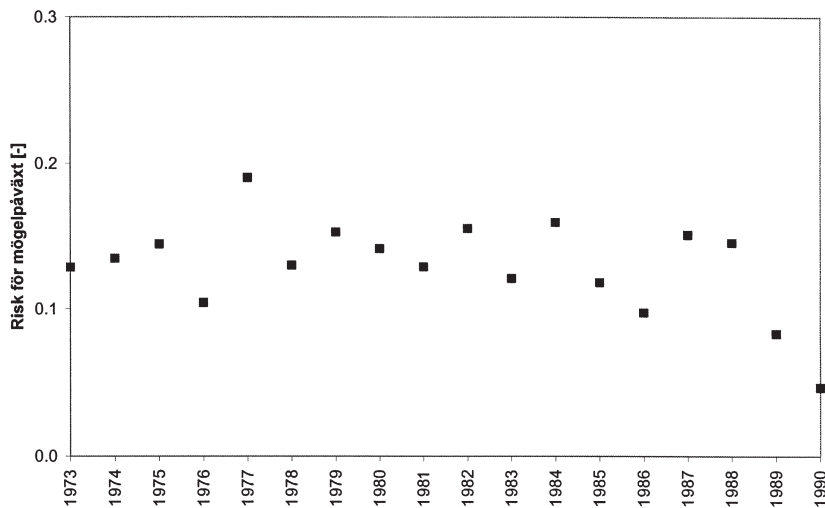
Riskvärdena från simuleringarna bör tolkas som risk för mögelpåväxt i krypgrunden och inte som verkliga skador. För att en verklig skada ska uppstå krävs bland annat trä eller annat material som kan utgöra näring för påväxten.

Klimatets inverkan på risk för mögelpåväxt

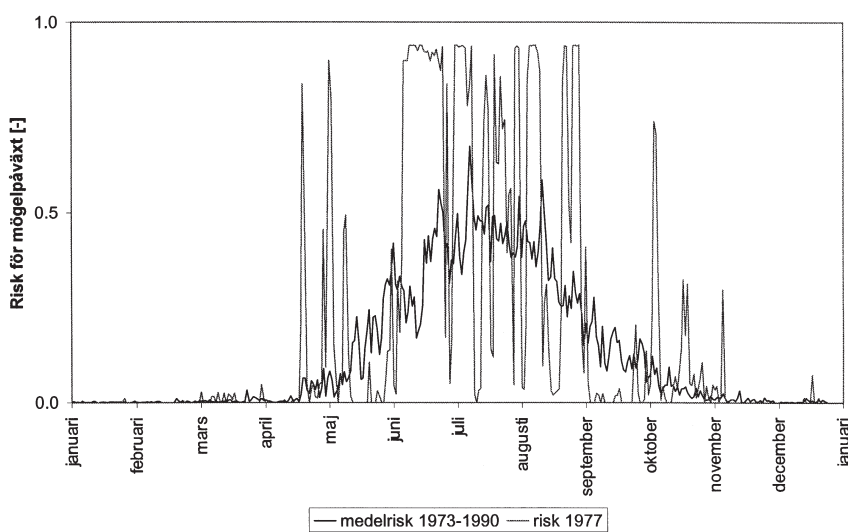
Risken för mögelpåväxt i krypgrunden (se förutsättningar för simuleringarna) för olika utomhusklimat under perioden 1973–1990 har simulerats, se tabell 1 samt figur 2–4 på nästa sida. Simuleringar har utförts

Tabell 1: Värsta år och årsmedelrisk för mögelpåväxt samt temperatur och relativ luftfuktighet i krypgrunder i Sturup, Ronneby, Bromma respektive Luleå (1973–1990).

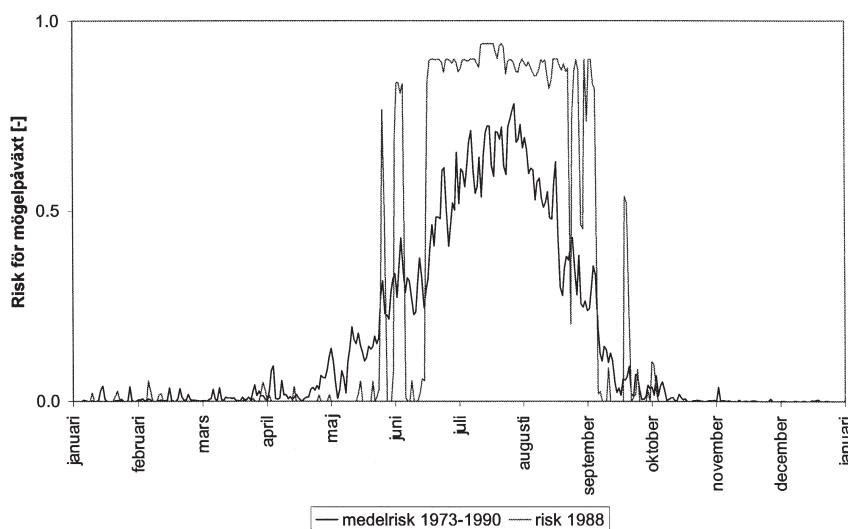
Ort	årsmedelrisk [-]	medeltemp. [°C]	medel RF i luft [%]	värsta år [år]	värsta år medelrisk [-]	värsta år medeltemp. [°C]	värsta år medel RF i luft [%]
Sturup	0,15	9,8	78	1980	0,22	9,2	79
Ronneby	0,13	9,3	76	1977	0,19	9,3	80
Bromma	0,11	8,9	74	1985	0,16	7,6	74
Luleå	0,15	5,6	73	1988	0,22	5,8	74



Figur 2: Årsmedelrisk för mögelpåväxt i kryppgrund i hus beläget i Ronneby 1973–1990.



Figur 3: Medelrisk för mögelpåväxt under året under perioden 1973–1990 samt värsta år för mögelpåväxt, dvs 1977, i kryppgrund i hus beläget i Ronneby.



Figur 4: Medelrisk för mögelpåväxt under året under perioden 1973–1990 samt värsta år för mögelpåväxt, dvs 1988, i kryppgrund i hus beläget i Luleå.

för grunder på fyra olika orter: Sturup, Ronneby, Bromma och Luleå. Sammantaget är kryppgrundsklimatet gynnsammast,

dvs. minst risk för mögelpåväxt, i Bromma samt ogynnsammast i Sturup och Luleå. Årsmedelrisken i kryppgrunden är från år i

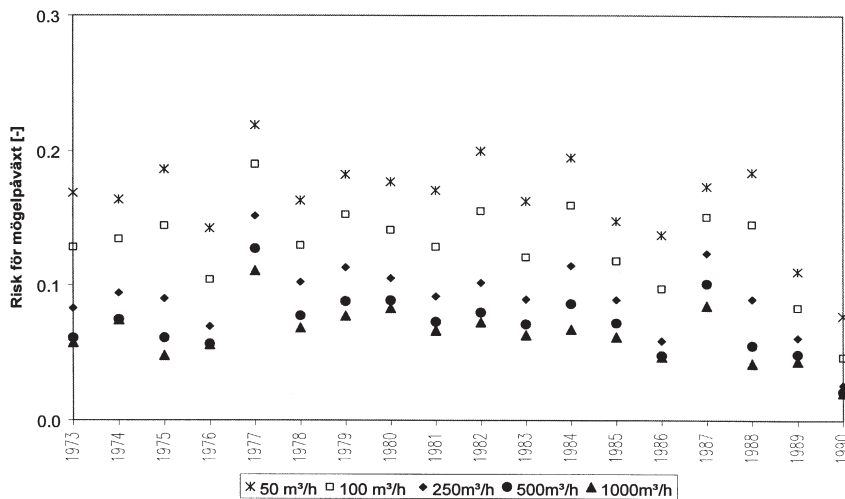
Sturup liknar i stora drag motsvarande risk i Ronneby, lågrisk och högrisk år för respektive ort sammanfaller. Dock är risknivån generellt något högre i Sturup. För övriga klimatkombinationer finns inte samma utpräglade likheter, exempelvis kan ett lågrisk år i Luleå sammanfalla med ett högrisk år i Bromma. Generellt sett är det stor variation mellan risken under enskilda år för ett klimat. Årsmedelrisken i Luleå uppvisar störst variation år från år. Jämfört med beräkningar utifrån månadsmedelvärden är den med timvärden simulerade risken betydligt större.

Medelrisken under året visar att säsongen för sammanhängande risk för mögelpåväxt är längst i kryppgrunden i Sturup. Där börjar risksäsongen vanligtvis under mitten av april och fortsätter i stort sett till och med oktober. I kryppgrunden i Ronneby slutar risksäsongen uppskattningsvis någon vecka tidigare. I kryppgrunden i Bromma slutar risksäsongen ytterligare någon vecka tidigare. För kryppgrunden i Luleå är perioden kortast, den börjar i april/maj och slutar redan tidigt i september. För kryppgrunderna i Sturup, Ronneby och Bromma infaller den största risken i månadsskiftet juni/juli, vilket är något tidigare än för kryppgrunden i Luleå. För kryppgrunden i Luleå, men även i viss mån kryppgrunden i Bromma, avtar risken för mögelpåväxt snabbt under augusti och september.

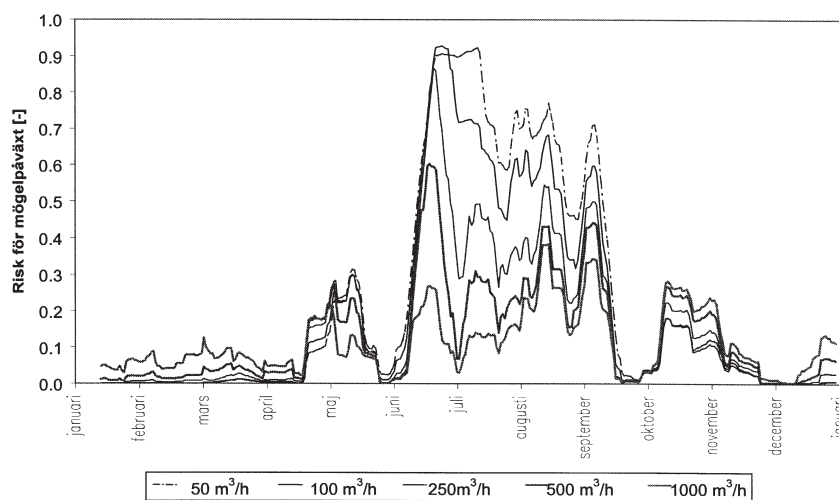
För kryppgrunden i Luleå minskar troligen uteluftsventilationen i kryppgrunden samtidigt som eventuellt en viss andel inomhusluft ventilerar kryppgrunden under vintertid när snö ligger upp längs sockeln. Dessutom innebär ett snötäcke en värmeisolering av mark och grundmurar, vilket ändrar kryppgrundens termiska beteende. Detta innebär att risken för mögelpåväxt i kryppgrunden i Luleå kanske överskattas. För kryppgrunderna i södra Sverige borde detta ha en mer marginell betydelse.

Kryppgrundsventilationens inverkan

Studien av olika orters förutsättningar var början av en lång rad simuleringar av risken för mögelpåväxt i kryppgrunder. Nästa steg var att studera olika åtgärders inverkan på risken för mögelpåväxt. Ventilationen av kryppgrunden är ofta föremål för åtgärder. Åtgärderna kan omfatta både höjning/sänkning av ventilationsflöden och ineluftsventilation etc. Olika ventilationsnivåer i kryppgrunder har simulerats och dess inverkan på risken för mögelpåväxt, se figur 5 och 6. Notera att risken sjunker kraftigt med måttligt ökad ventilation, från 50 m³/h till 100 m³/h respektive från 100 m³/h till 250 m³/h, medan ytterligare ökad ventilation har mindre betydelse för risken för mögelpåväxt. Vid hög ventilation ökar risken för mögelpåväxt under vintertid, medan risken under sommartid minskar. Vid åtgärder med hög ventilation ska man också tänka på att de kan leda till andra problem som till exempel energiförluster och tjälskador.



Figur 5: Förändring av risken för mögelpåväxt vid olika ventilationsnivåer. Årsmedelrisk för mögelpåväxt i kryppgrund i hus beläget i Ronneby 1973–1990.



Figur 6: Värsta år för mögelpåväxt i kryppgrund för olika ventilationsnivåer i hus beläget i Ronneby under perioden 1973–1990, dvs 1977. Kurvorna visar ett glidande tvåveckorsmedelvärde.

Vid låg ventilation (50 m³/h) finns i stort sett ingen risk för mögelpåväxt under vintertid, medan risken är stor under sommaren. I åtgärdade kryppgrunder förekommer säsongsstyrning av ventilationen. Erfarenhetsmässigt kan säsongsstyrningen se mycket olika ut – i något fall har ventilationen under vintern höjts medan i de

flesta fallen har ventilationen höjts under sommaren. Den senare lösningen är den rätta eftersom man då inte kyler ner grunden under vintern och får på så sätt en varmare grund året om, vilket innebär mindre risk för kondens och hög luftfuktighet under sommaren. En simulering där ventilationen höjdes från 100 m³/h till

250 m³/h under april till november gjordes. Simuleringen visar en väsentligen sänkt risk för mögelpåväxt under sommaren, vilket innebär en lägre årsmedelrisk, se figur 7.

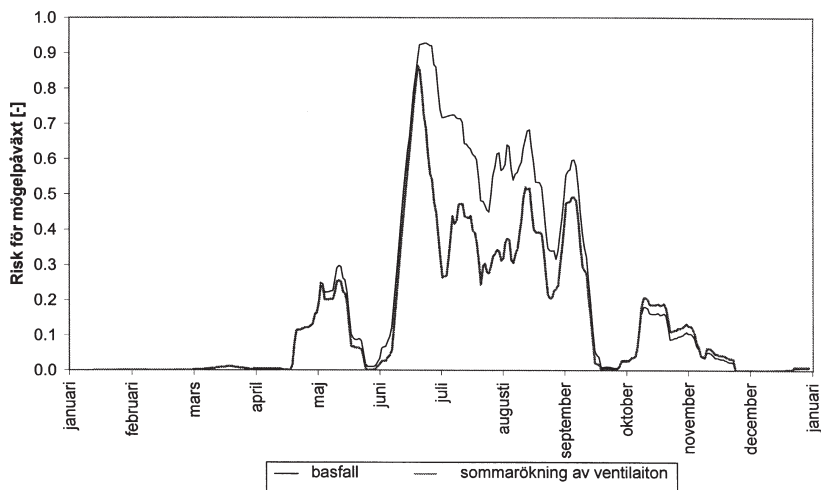
Aven risken för mögelpåväxt i en kryppgrund som ventileras med inomhusluft har simulerats. I detta fall har ventilationsluften tagits från bostaden (inte våtutrymmen). Simuleringarna visar att risken för mögelpåväxt sjunker något, men för att åstadkomma en ordentlig förbättring krävs att kantbalkar och mark isoleras för att minska värmeflödet ut från grunden och därmed höja temperaturen, se figur 8. I den studerade kryppgrunden fanns ett fuktillskott i inomhusluften. Om ventilationsluften till kryppgrunden istället värms och tas direkt till kryppgrunden (utan fuktillskott) blir effekten mycket positivare och risken för mögelpåväxt i kryppgrunden mycket lägre.

Sammanfattningsvis visar resultaten från simuleringarna att en måttlig höjning av ventilationen väsentligen minskar risken för mögelpåväxt. För att minska energianvändningen kan ventilationsflödet vara något lägre under vintern utan att det innebär någon större ökad risk. Inneventilation är mindre effektivt om inte ventilationsluften har ett lågt fuktillskott (< 2 g/m³). Dessa slutsatser gäller för det specifika fallet som beskrivits.

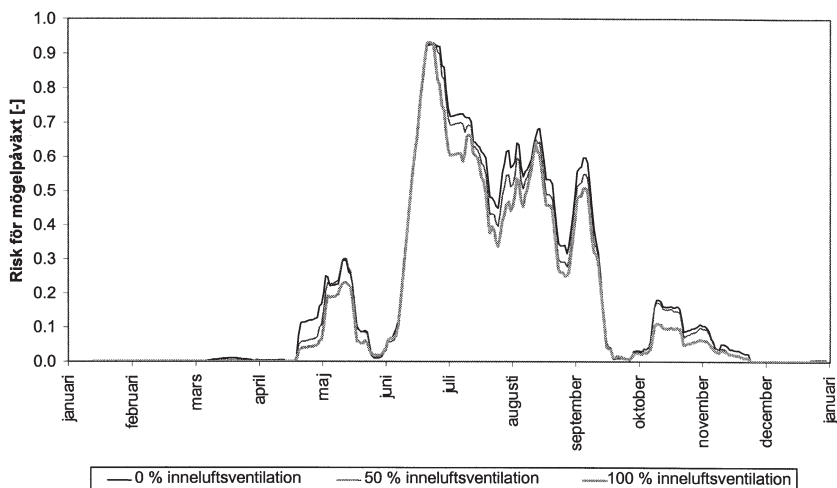
Förutom ventilationens effekt på risken för mögelpåväxt i kryppgrunden har åtgärder som till exempel tilläggsisolering av bjälklaget, utläggning av isolering på mark och kantbalkar/murar och värmekälla i kryppgrunden studerats. Simuleringarna visar hur risken för mögelpåväxt i kryppgrunden påverkas av olika åtgärder. Resultaten från dessa simuleringar beskrivs på samma sätt som för ventilationssimuleringarna och återfinns i (Svensson, 2001).

Framtiden

Utifrån slutsatserna från projektet ges ett förslag till hur uppföljningen av olika åtgärder ska förbättras i hus där åtgärder utförs. Förslaget avser de hus som åtgärdats med bidrag från Småhusskadenämnden. Uppföljningen strävar efter att säkerställa



Figur 7: Värsta år för mögelpåväxt i kryppgrund vid sommarökning av ventilationen i hus beläget i Ronneby under perioden 1973–1990, dvs 1977. Kurvorna visar ett glidande tvåveckorsmedelvärde.



Figur 8: Värsta år för mögelpåväxt i kryppgrund vid olika nivå av inluftsventilation i kryppgrunden i hus beläget i Ronneby under perioden 1973–1990, dvs 1977. Kurvorna visar ett glidande tvåveckorsmedelvärde.

kvaliteten hos åtgärderna och därmed minska risken för återkommande problem.

Då fuktdimensioneringsteknikens kärna är att kunna säkerställa byggnadsdelens funktion med hänsyn till fukt har simule-

ringsprogrammet en stor utvecklingspotential. Med ett beräkningsprogram som kan förutse fukt- och temperaturtillstånd i kryppgrunden kan olika åtgärder simuleras och den mest effektiva utformningen väljas

Förutsättningar för simuleringarna – den studerade kryppgrunden

Huset, byggt 1972, ligger i ett villaområde i Blekinge. Det är ett enplans hus grundlagt med uteluftsventilerad kryppgrundsgrund. Ytterväggskonstruktionen består av 100 mm mineralull mellan träreglar. Fasadmaterialet är tegel eller träpanel. Insidan av väggen är en gipsskiva med diffusionstät papp bakom.

Bottenbjälklaget består av 200 mm mineralull mellan golvbjälkar. Blindbotten består av 15 mm mineralullsskivor. Kantbalkarna av betong är upplagda på plintar. Höjden i krypprummet är cirka 0,6–0,8 m.

Uppmätt inomhustemperatur i bostaden var i genomsnitt 20,2 °C under mätperioden. Den mekaniska ventilationen av kryppgrunden uppmättes till cirka 270 m³/h. Vid simuleringen antogs all ventilation vara med utomhusluft. Klimatstation som använts är Ronneby, vilken är belägen cirka en mil från huset.

Simuleringarna som utförts baseras på dessa omständigheter och resultaten gäller alltså endast för detta fall.

och fuktskador därmed i stor utsträckning undvikas. ■

Referenser

Claesson J, 1999, *Dynamic Thermal Network. Application of a general theory to a ventilated crawl-space.*, Proceedings från Building Physics in the Nordic countries, Göteborg.

Nevander L E, Elmarsson B, 1994, *Fukthandbok*, Svensk Byggtjänst, Stockholm.

Svensson C, 2001, *Effekter av åtgärder i uteluftsventilerade kryppgrunder med fukt- och mögelskador. En undersökning med utgångspunkt i Småhusskadenämndens arkiv*, Avdelningen för Byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola, rapport TVBH-3038.