

Fältmätningar i isolerade uteluftsventilerade krypgrunder

SBUF projekt nr 11370



Charlotte Svensson Tengberg, Skanska Teknik, Skanska
Sverige AB

Innehållsförteckning

0	Sammanfattning	3
1	Bakgrund	4
2	Arbetets uppläggnig	4
2.1	Syfte	4
2.2	Metod	4
2.3	Avgränsningar	5
3	Beskrivning av problemet	5
4	Mätobjekt	6
4.1	Konstruktiv utformning	7
4.1.1	Hus 0	7
4.1.2	Hus 1, hus 2 och hus 3	8
4.1.3	Hus 4 och hus 5	9
5	Mätmetoder och utvärderingsmetoder	10
5.1	Mätteknik	10
5.1.1	Fukt och temperatur	10
5.1.2	Ventilation	11
5.2	Riskbedömning	12
6	Mätningar	13
6.1	Mätperiod	13
6.1.1	Temperatur och RF	13
6.1.2	Ventilation	13
6.2	Mätningar	13
6.3	Avvikelser	13
6.4	Mätresultat	14
6.4.1	Utomhus	16
6.4.2	Hus 0 - referenshuset	18
6.4.3	Hus 1	19
6.4.4	Hus 2	21
6.4.5	Hus 3	22
6.4.6	Hus 4	24
6.4.7	Hus 5	24
6.5	Risk	25
6.6	Ventilation	27
7	Produktion och ekonomi	27
8	Diskussion	28
9	Slutsatser	29
10	Litteratur	29

0 Sammanfattning

Mätningar av ventilation, lufttemperatur och relativ luftfuktighet har utförts i sex uteluftsventilerade kryppgrunder i Stockholmsområdet. Kryppgrunderna har haft plastfolie på mark, cellplastisolering på mur, och cellplastisolering eller lecaisolering på mark. Mätningar av lufttemperatur och relativ luftfuktighet har utförts under två sommarperioder, 2004 och 2005. Utifrån mätningar har en bedömning av risken för mögelpåväxt i grunderna gjorts.

Mätningar visar att temperaturen är högre och den relativa luftfuktigheten är lägre i de isolerade kryppgrunderna. Risken för mögelpåväxt har bedömts som väsentligen lägre i de isolerade grunderna. En viss skillnad mellan de två mätperioderna finns och kan delvis förklaras med att mätperioden 2004 slutar i september, medan mätperioden 2005 slutar i november.

Under mätperioden 2004 var risken för mögelpåväxt i de studerade isolerade grunderna obefintlig. Det fanns ingen sammanhängande 14-dagars period med riskklimat. I referenshuset förelåg samtidigt en betydande risk för påväxt, med riskklimat under en sammanhängande tvåmånadersperiod (mitten av juni till mitten av augusti).

Under mätperioden 2005 var risken för mögelpåväxt i de studerade isolerade grunderna något förhöjd. Det fanns i samtliga grunder en sammanhängande period av minst 14 dagar med riskklimat (i juli). I referenshuset förelåg samtidigt en betydande risk för påväxt, med riskklimat under en sammanhängande tvåmånadersperiod (juli till augusti) samt en 14-dagars period i juni.

Ventilationsflöden i grunderna har mätts med passiv spårgasteknik. Ventilationsflödena varierar mellan cirka 0,5 och 1,0 m³/h,m². Stora altaner längs hela långsidan på de flesta av husen bedöms vara en orsak till de relativt låga ventilationsflödena. Inget klart samband mellan ventilationsflöde och klimat eller "risk" i grunden kunde observeras för de studerade grunderna.

Den polypropylenduk som är monterad på undersidan av blindbotten avser att minska kondensrisken och därmed minska risken för mögelpåväxt på den hårda träfiberskivan som utgör blindbotten. Den period trämaterialen i blindbotten är utsatt för fritt vatten minskas och den kondens som bildas på duken kan troligen delvis droppa ner på marken utan att direkt fukta upp trämaterialen. Duken skyddar dock inte trämaterialen i blindbotten från att påverkas av fuktbelastningen i kryppgrundsluften då den inte är lufttätt monterad.

En annan risk för blindbotten är anslutningen till grundmuren. Blindbotten kan inte anses helt lufttät och därmed kan yttre golvbalkar och blindbotten utsättas för kryppgrundens luftfuktighet i den yttre randzonen. Detta kan leda till påväxt.

Värmeisolering i grunden medför en måttlig extrakostnad för projektet med cirka 20% dyrare grundläggning. Detta torde vara en måttlig kostnad för projektet. Men trots värmeisolering och noggrant utförda arbeten medför klimatet i kryppgrunden en risk för påväxt på framförallt organiskt material. Konstruktionen är därmed förknippad med en risk och bör undvikas i nyproduktion. Eventuellt skulle konstruktionen kunna användas med helt oorganiska material och kombineras med en fuktstyrd värmekälla som monteras i grunden. Troligen skulle en mycket måttlig effekt/drifftid på en värmekälla kunna åstadkomma "riskfrihet" i grunden. Här måste dock detaljer kring bjälklagskanten och grundmuren lösas på ett sätt som säkerställer att det inte lokalt kan finnas risk för påväxt.

1 Bakgrund

Erfarenheter från ett flertal undersökningar och från praktiskt verksamma skadeutredare visar att uteluftsventilerade kryppgrunder ofta drabbas av fuktrelaterade skador. Även forskare på högskolorna har under lång tid varnat för denna typ av grundläggningsmetod. Sedan 1970-talet har ett flertal undersökningar genomförts både i Sverige och i andra länder för att dokumentera temperatur- och fuktillstånd i fuktskadade kryppgrunder.

Resultat från genomförda fältmätningar och undersökningar visar att den traditionella uteluftsventilerade kryppgrunden ofta har höga fuktillstånd, speciellt under den varma delen av året. Naturliga variationer i utomhusklimatet kan medföra att kritiska fuktillstånd ofta överskrids, vilket kan leda till fuktskador. Dessa skador kan leda till både ekonomiska och sociala olägenheter för de boende. Mögelpåväxten skulle även kunna leda till hälsoproblem. Trots denna samlade kunskap om riskerna med grundläggningsmetoden byggs konventionella uteluftsventilerade kryppgrunder fortfarande i stor omfattning, bl.a. eftersom det är en grundläggningsmetod lämplig för prefabricering. Det är därför av stort intresse för såväl enskilda husägare som samhället att försöka utveckla kryppgrunden till en fuktsäker konstruktion.

Ett stort antal forskningsarbeten i Sverige och även Finland visar på att kryppgrunder är riskkonstruktioner. Forskningsarbetena visar också ofta på komplexiteten i att utforma en kryppgrund på ett sätt som inte äventyrar innemiljön. En av de åtgärder som har studerats är värmeisolering av kryppgrunden med cellplastisolering eller med lättklinker. Detta är en åtgärd som genomgående visas reducera RF-nivåerna.

I ett tidigare SBUF projekt *Fuktdimensionering en utveckling av kryppgrunden* (proj nr 11148) utfördes en sammanställning av kunskapen inom området (Nilsson och Harderup 2003). Dessutom samlades råd och typlösningar på uteluftsventilerade kryppgrunder. Dessa typlösningar verifierades med simuleringar med ett datorprogram som utvecklats på Lunds Tekniska högskola för att studera klimatet i uteluftsventilerade kryppgrunder.

2 Arbetets uppläggning

2.1 Syfte

Syftet med projektet är att med hjälp av fältmätningar i nybyggda kryppgrunder verifiera resultaten från simuleringarna av typlösningarna i det tidigare SBUF projektet (projektnr. 11148). Dessutom undersöks hur väl luftflödena i en kryppgrund stämmer med de i normer angivna ventilareorna för uteluftsventilerade kryppgrunder. Slutligen görs en bedömning av lämpligheten hos grundläggningen i nyproduktion, med hänsyn till fukt- och temperaturförhållanden, ventilation, bedömd risk för mögelpåväxt samt ekonomi.

2.2 Metod

I projektet genomfördes mätningar där datalagrare för temperatur och relativ fuktighet placerades i ett antal nybyggda kryppgrunder med två olika konstruktionsprinciper. Båda typerna är värmeisolerade uteluftsventilerade kryppgrunder, med en cellplastisolering mot kantmur och där värmeisoleringen mot mark utgörs antingen av cellplast eller av en större mängd lös lättklinker på marken. Kryppgrunderna är belägna inom samma villaområde vilket innebär att klimatvariationer mellan orter inte påverkar fältmätningarna.

Konstruktionsprinciperna för kryppgrunderna är i stort sett av samma typ som togs fram i SBUF projektet *Fuktdimensionering - En utveckling av kryppgrunden*, vilket möjliggör verifiering av de datorsimuleringar som gjorts i det tidigare projektet. Utifrån mätningarna

görs en bedömning av risken för mögelpåväxt i kryppgrunderna. I kryppgrunderna utfördes även ventilationsmätningar med hjälp av passiv spårgasteknik, av typ Pentiaq. En ekonomisk bedömning av de olika konstruktionslösningarna utifrån nedlagda kostnader utfördes också.

Mätningar utfördes samtidigt i en referensgrund, hus 0, en uteluftsventilerad kryppgrund utan markisolering i ett närliggande bostadsområde. I övrigt är konstruktionerna likvärdiga.

2.3 Avgränsningar

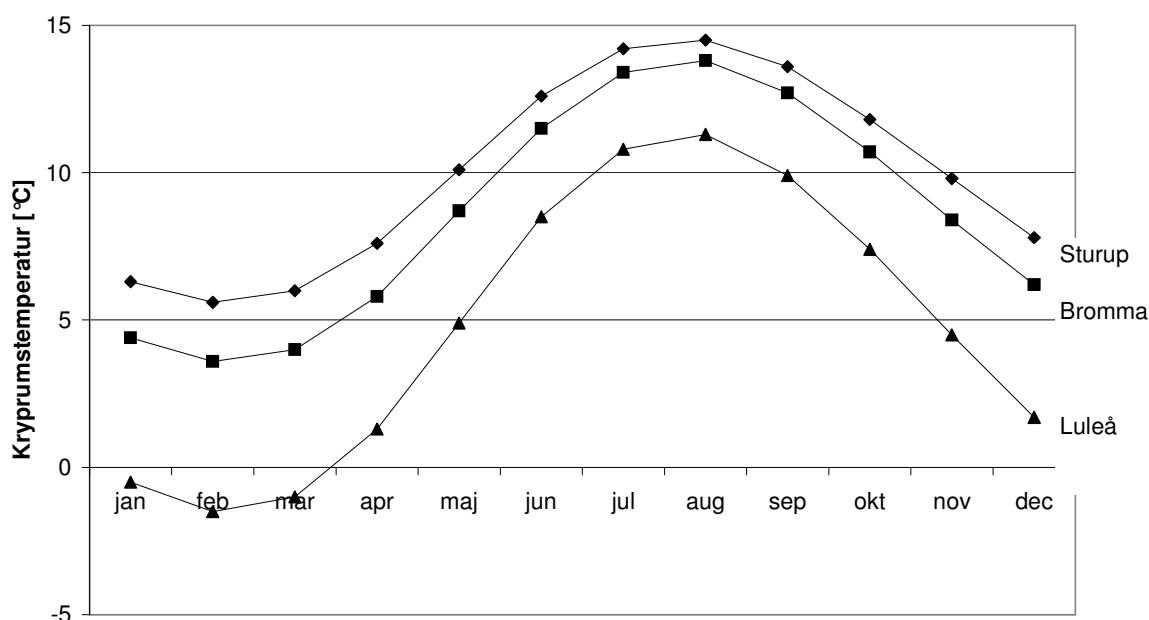
Temperatur och relativ luftfuktighet har loggats i kryppgrunderna under ett eller två sommarhalvår. Dessutom har en ventilationsmätning i kryppgrunderna utförts under en höstmånad. Slutsatserna från mätningarna gäller för de undersökta grunderna och för den undersökta perioden.

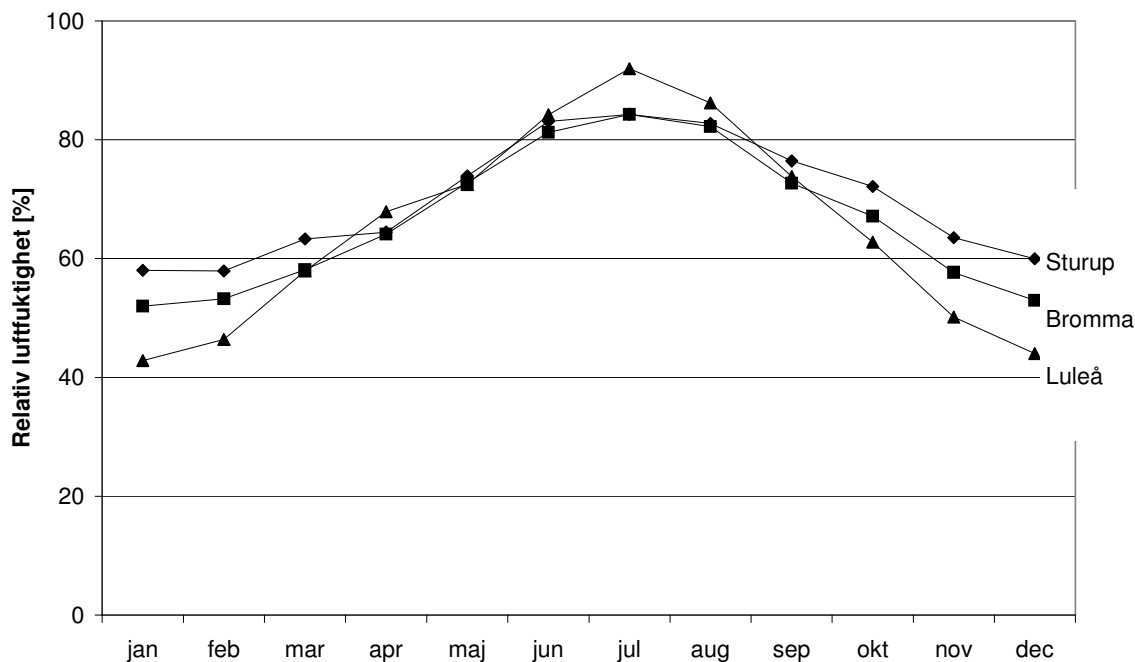
Mikrobiell påväxt i kryppgrunderna har inte studerats i fält. Istället har en enkel teoretisk uppskattning av risken för mikrobiell påväxt utförts utifrån mätningarna av lufttemperatur och relativ luftfuktighet.

Luftflöde mellan bostad och kryppgrund har inte studerats.

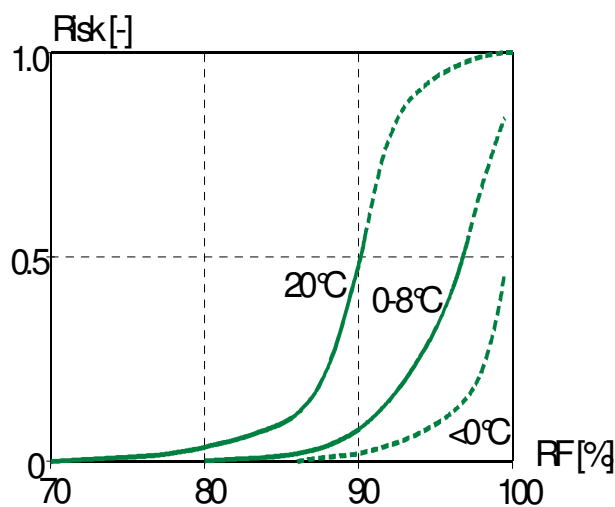
3 Beskrivning av problemet

Exempel på variationer för temperatur och relativ luftfuktighet i kryppgrunder i uteluftsventilerade krypprum visas i Figur 1. En uppskattad fördelningskurva för risk för mögelpåväxt vid olika fuktillstånd och temperaturer visas i Figur 2. Figuren ger att det under långa tider på året i ett konventionellt uteluftsventilerat krypprum finns risk för mögelpåväxt. I beräkningen av relativ luftfuktighet har fuktillskottet i grunden antagits vara obefintligt. I de fall kryppgrunden är utsatt för en fuktälla, t.ex. inläckande fukt genom grundbalk eller inläckande fuktig luft, kan förhållanden i kryppgrunden bli väsentligen mer kritiska med avseende på mögelpåväxt.





Figur 1: Exempel på variationer av temperatur och relativ luftfuktighet i en typisk svensk uteluftsventilerad kryppgrund belägen i tre olika orter (Svensson C 2001). I beräkningen av den relativa luftfuktigheten har fukttillskottet i kryppgrunden antagits vara noll.



Figur 2: Fördelningskurva för risk för mögelpåväxt vid olika fukttillstånd för virke som hanterats på ett omsorgsfullt sätt (Nevander och Elmarsson, 1991). Värdena för lägre temperaturer är mycket osäkra.

4 Mätobjekt

Mätningarna genomfördes i ett villaområde i Bro, Upplands kommun. Området består av tio stycken modulhus som byggts på kryppgrunder. Projektet är uppdelat i två etapper (sju+tre hus). I den första etappen utfördes alla husen med cellplast som värmeisolering på mark. I den andra etappen uppfördes tre hus där alla har lös lättklinker som värmeisolering på mark. Alla husens kantbalkar är isolerade med cellplastisolering. Mätningar gjordes i tre hus med cellplastisolering samt i två hus med lös lättklinker. Husen skiljer sig något åt i storlek.

Som referens till dessa hus monteras mätutrustning i ett tidigare byggt hus i ett närbeläget villaområde. Detta hus har ingen värmeisolering mot mark varför detta hus fungerar som en likare för att kunna se skillnader i RF och temperatur jämfört med de isolerade grunderna.



Figur 3: Ett av de fem husen i studien, hus 2.

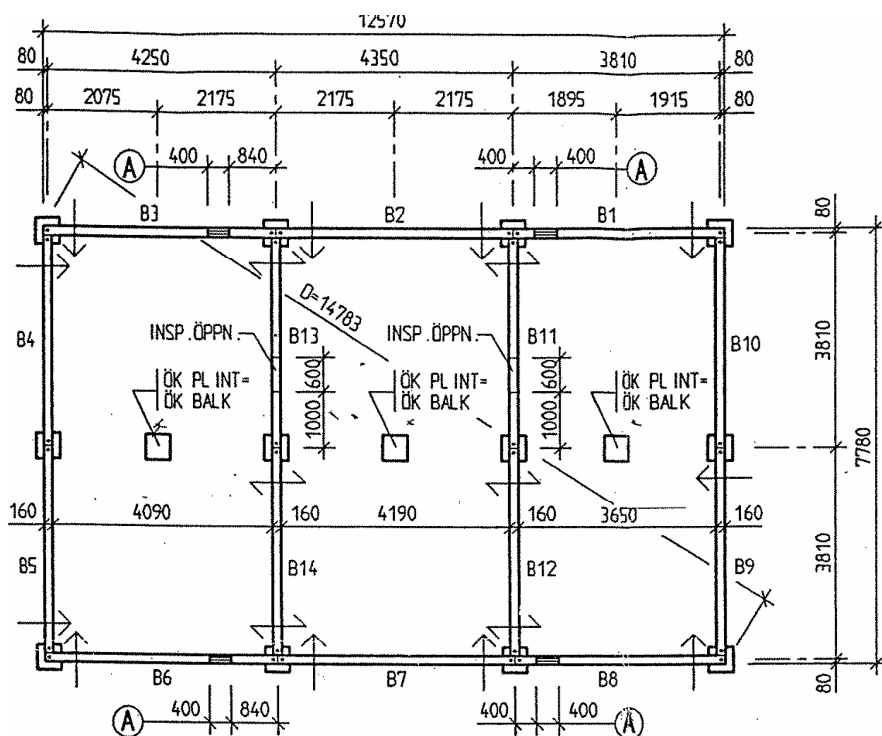
4.1 Konstruktiv utformning

Grunderna är uppbyggda med kantbalkar och grundbalkar som vilar på plintar och ovanpå balkarna har husmodulerna placerats på en syll. I kantbalkarna finns ventiler med ventilationsgaller.

4.1.1 Hus 0

Hus 0 är Smålandsvillan modell Mariannelund. Krypgrunden är cirka 7,8 m*12,6 m. Den invändiga volymen i grunden har uppskattats till 61 m³. Grunden har elva ventiler med en angiven genomströmningsarea av 100 cm²/ventil. Krypgrunden nås genom en lucka i bjälklaget.

Kryprummet är oisolerat. Marken är täckt med en plastfolie. Bjälklaget är fullisolerat med 220 mm mineralull. Blindbotten utgörs av en 4 mm hård träfiberskiva. Huset vilar på en träsyll. Huset var vid mätningarna 4-5 år gammalt.

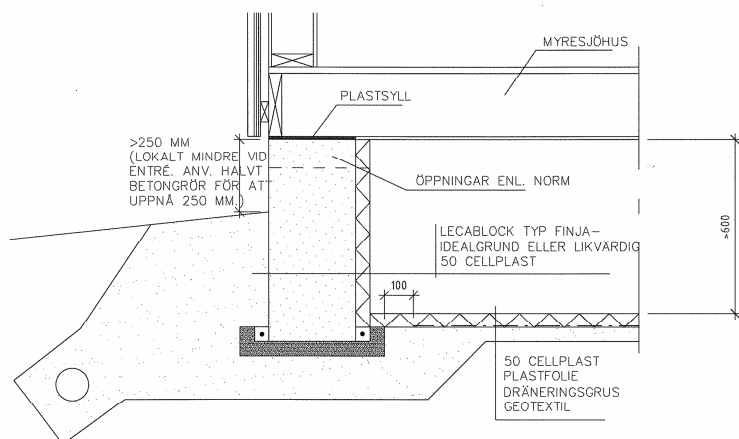


Figur 4: Grundplan för hus 0 (referenshuset).

4.1.2 Hus 1, hus 2 och hus 3

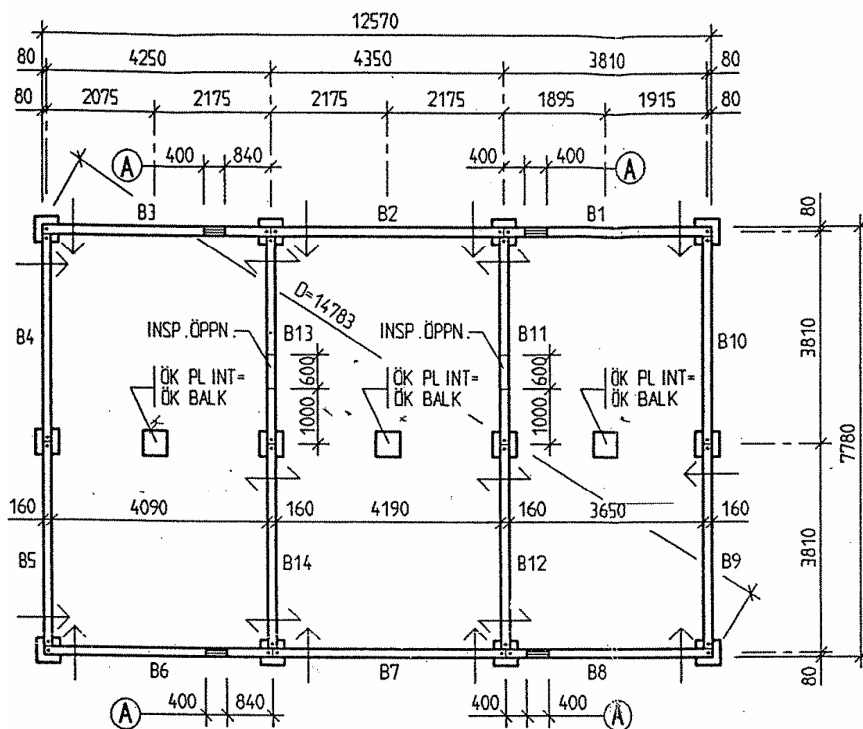
Hus 1, 2 och 3 är Smålandsvillan modell Mariannelund. Krypgrunderna är cirka 7,8 m*12,6 m. Den invändiga volymen i grunden har uppskattats till 61 m³. Grunden har elva ventiler med en angiven genomströmningsarea av 100 cm²/ventil. På baksidan av husen finns stora altaner, vilket medför att fyra eller fem ventiler är förbyggda.

Kantmuren är isolerad med 50 mm expanderad cellplastisolering, EPS, och marken är isolerad med 50 mm extruderad cellplastisolering, XPS. Bjälklaget är fullisolerat med 220 mm mineralull. Bjälklaget vilar på en plastsyll. Blindbotten utgörs av en 4 mm hård träfiberskiva. På undersidan av denna är en duk av polypropylen monterad. Krypgrunden nås genom en lucka i grundmuren vid entrétrappan. Huset var vid mätningarna 1-2 år gammalt.



UTLUFTSVENTILERAD KRYPGRUND MED CELLPLAST

Figur 5: Schematisk grundsektion för hus 1, hus 2 och hus 3. Konstruktionen motsvarar krypgrundstyp 1 i SBUF-rapport 11148. I objekten ligger dock markens cellplastisolering med en lutning från kantbalkarna av cirka 25° till cirka 80 cm in i rummet.

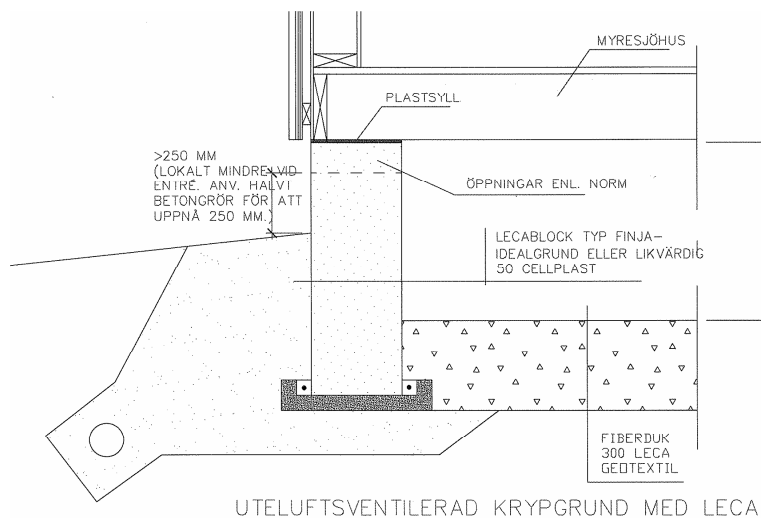


Figur 6: Grundplan för hus 1, hus 2 och hus 3.

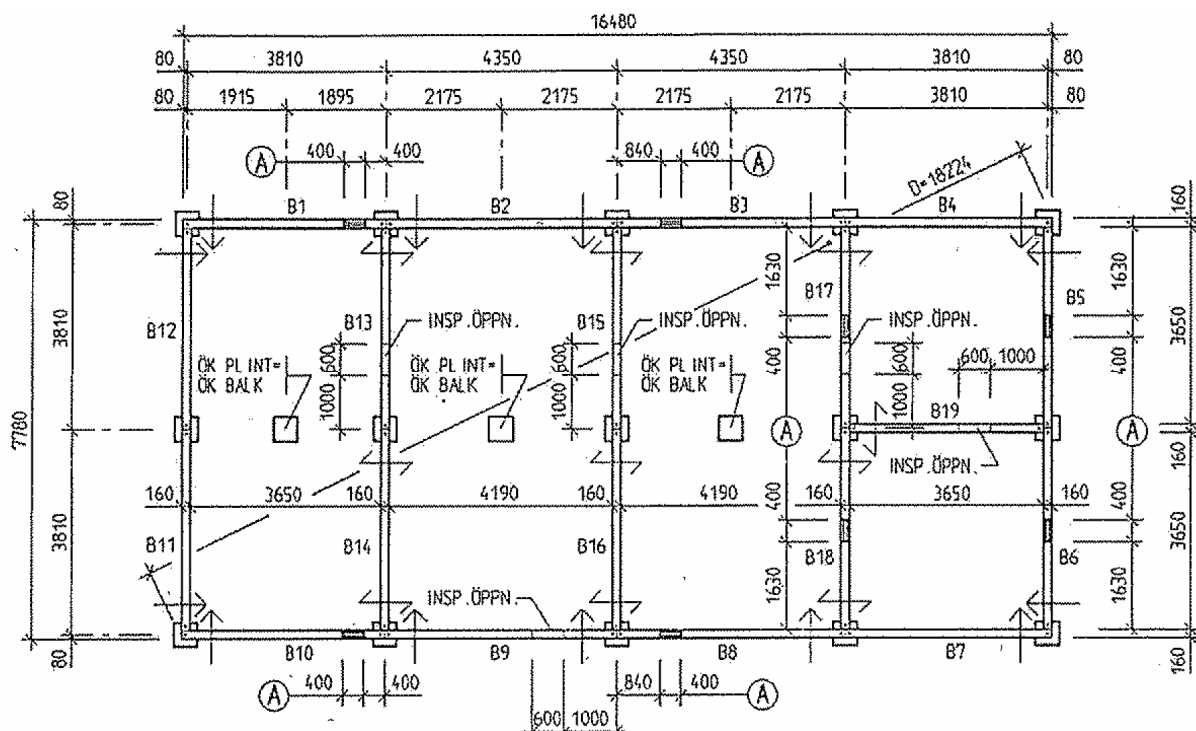
4.1.3 Hus 4 och hus 5

Hus 4 och hus 5 är Smålandsvillan modell Katthult. Krypgrunderna är cirka 7,8 m*12,6 m respektive cirka 7,8 m*16,2 m. Den invändiga volymen har uppskattats till 65 m³ respektive 86 m³. Grunderna har tolv respektive fjorton ventiler med en angiven genomströmningsarea av 100 cm²/ventil. I hus 4 är fem ventiler skydda bl.a. av en stor vidbyggd altan. I hus 5 är endast en ventil något skyddad.

Kantmuren är isolerad med 50 mm expanderad cellplastisolering, EPS. Marken är isolerad med 300 mm lös lättklinker. Bjälklaget är fullisolerat med 220 mm mineralull. Bjälklaget vilar på en plastsyll. Blindbotten utgörs av en 4 mm hård träfiberskiva. På undersidan av denna är en duk av polypropylen monterad. Krypgrunden nås genom en lucka i grundmuren vid entrétrappan. Huset var vid mätningarna 1-2 år gammalt.



Figur 7: Schematisk grundsektion för hus 4 och hus 5. Konstruktionen motsvarar krypgrundstyp 2 i SBUF-rapport 11148.



Figur 8: Grundplan för hus 5. Hus 4 är mindre men har samma grundplan med undantag för att det tredje facket från höger saknas.

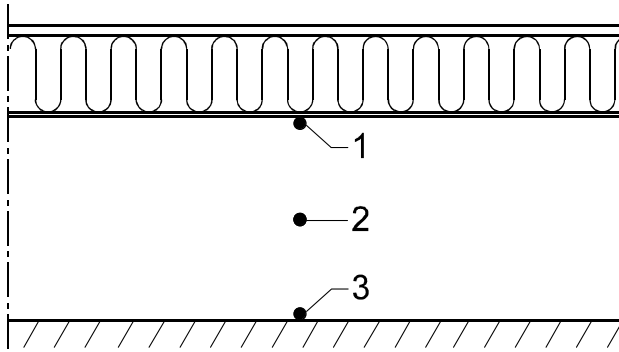
5 Mätmetoder och utvärderingsmetoder

5.1 Mätteknik

5.1.1 Fukt och temperatur

Mätningar av fukt och temperatur gjordes i tre punkter i krypgrunden samt inomhus och utomhus. Mätningarna gjordes med temperatur- och rf-givare av märket Testo 175-H1. Dessa har, enligt tillverkaren, ett mätområde mellan -10°C och $+50^{\circ}\text{C}$ respektive 0 och 100 % RF, med en noggrannhet av $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ respektive ± 3 % RF och en upplösning på $0,1^{\circ}\text{C}$ respektive 0,1 %.

I de sex husen har lufttemperatur och relativ luftfuktighet loggats under en längre period i minst fem punkter; inomhus, utomhus och tre punkter i kryprummet; invid blindbottenyta, mitt i utrymmet samt invid markyta. Datalagraren inomhus har placerats på bottenvåningen i mitten av huset, dock inte i hall eller kök, på cirka 1,5-2 meters höjd. Datalagraren utomhus har placerats på byggnadens norrgavel under takutsprång eller liknande. De tre datalagrarna i kryprummet har varit placerade i mitten av byggnaden, minst 1 meter från hjärtmuren. De har suttit rakt ovanför varandra, se Figur 9. Samtliga datalagrare har registrerat sex mätvärden per dygn (fyra-timmars intervall).



Figur 9: Placering i kryprummet av datalagrare för fukt och temperatur.

Utifrån lufttemperatur och relativ luftfuktighet har luftens ånghalt beräknats med:

$$v_s(T) = p_s(T) \cdot \frac{M_v}{R \cdot (273,15 + T)} \quad (\text{ekv1})$$

Där:

$p_s(T)$ = mättnadsångtryck vid temperaturen T [Pa]

$v_s(T)$ = luftens mättnadsånghalt vid aktuell temperatur T [kg/m³]

T = luftens temperatur [°C]

M_v = 18,02 [kg/kmol]

R = 8314,3 [J/(kmol·K)]

Fukttillskottet i grunden och inomhus har beräknats som skillnaden mellan ånghalten i krypgrundsluften respektive inomhusluften, och utomhusluftens ånghalt.

5.1.2 Ventilation

Ventilationsmätningar har gjorts med homogenspridningsmetod för passiva spårgasmätningar, även kallad PFT-mätning (Stymne et al, 1994). Metoden innebär att spårgas sprids kontinuerligt i sex eller åtta punkter i den studerade krypgrunden så att mängd per volymenhet är lika i hela grunden. Samtidigt placeras provtagare i tre eller fyra punkter i krypgrunden. Spridningen av spårgas sker genom spårgaskällor i form av miniatyrbehållare med flytande spårgasämne, perfluorbensen eller perfluormetylbensen, som diffunderar ut genom ett kapillärrör med en känd hastighet. Provtagarna är glasrör med aktivt kol som senare analyseras på laboratorium. Utifrån resultatet beräknas luftens medelålder och utifrån detta resultat kan andra storheter beräknas, t.ex. specifika ventilationsflöde. Exempel på placering av spårgaskälla visas i Figur 10.



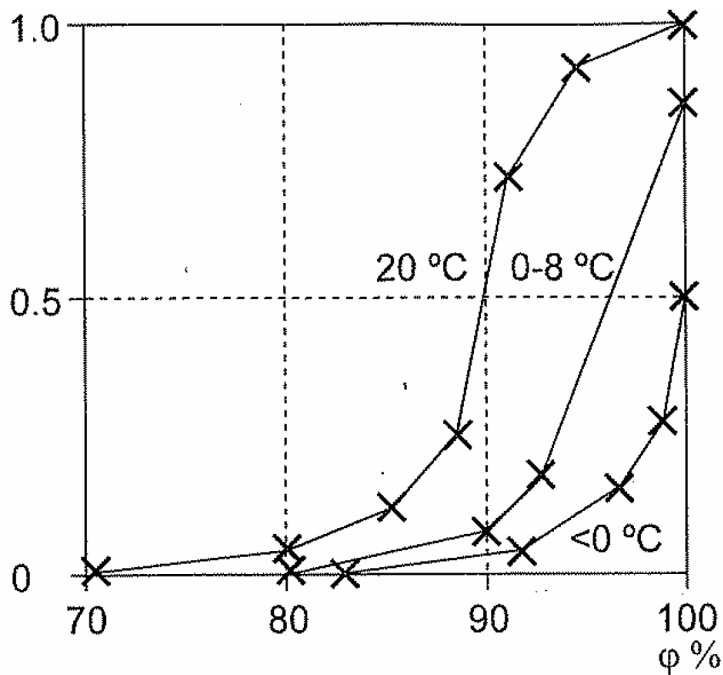
Figur 10: Exempel på placering av spårgaskälla.

5.2 Riskbedömning

Riskbedömning av klimatet i kryppgrunderna görs med en riskbedömningmodell från Svensson, 2001. I denna används en approximation av fördelningskurvor för risk för mögelpåväxt vid olika fukt och temperaturförhållanden (Harderup, 1998). Riskbedömningen görs utifrån dygnsmedelvärden för fukt och temperatur, där ett riskvärde beräknas för varje dygn. Riskvärdet under en mätperiod kan sedan presenteras som ett medelvärde av alla framräknade riskvärden under mätperioden.

Eftersom Persson (2005) har visat att riskbedömning enligt nedanstående kurvor utan hänsyn till varaktigheten ger dålig överensstämmelse för verklig mikrobiell påväxt redovisas här även ett medelvärde av riskvärden under den 14 dagars period med högst sammanhängande riskvärde. I det fall sammanhängande 14-dagars period med riskklimat helt saknas under en mätperiod, antas sätts 14-dagars riskvärdet till noll. På så sätt ges en grov uppskattning av klimatets varaktighets betydelse för risken för mögelpåväxt. Förhoppningsvis fås på så sätt en bättre korrelation till verklig risk.

Observera att riskbedömningen primärt görs för att jämföra olika lösningar med varandra och för att på ett enkelt sätt åskådliggöra den risk som fukt- och temperaturförhållanden i kryppgrunden ger. Riskvärden ska inte betraktas som verklig, procentuell, risk för mögelpåväxt i den specifika grunden utan som ett jämförelsetal.



Figur 11: Approximation av fördelningskurvor för risk för mögelpåväxt vid olika fukt- och temperaturförhållanden (Harderup, 1998). Kurvan gäller för virke som hanterats på ett omsorgsfullt sätt. Fördelningskurvorna tar ingen hänsyn till klimatets varaktighet.

6 Mätningar

6.1 Mätperiod

6.1.1 Temperatur och RF

Temperatur och RF mättes under två perioder. Mätperiod 1 omfattar 2004-04-07 -- 2004-09-16 då mätningar utfördes i hus 0 (referenshuset) samt i hus 1, 2 och 3. Mätperiod 2 omfattar 2005-04-22 -- 2005-11-08 då mätningar utfördes i samtliga sex hus.

6.1.2 Ventilation

Mätperiod är 2006-09-05-- 2006-10-17 för hus 1 till 5.

Mätperiod är 2006-09-20 -- 2006-10-17 för hus 0 (referenshuset).

6.2 Mätningar

Vid upprättande av diagram för krypgrunden har ett medelvärde för de tre punkterna använts. Differensen mellan medelvärde och maxvärde under perioden bedömts och kommenteras i de fall den har bedömts av intresse.

6.3 Avvikelser

Följande avvikelser kan noteras:

Datalagrare i hus 3, krypgrund punkt 2 visar värden över mätområdet under sista tredjedelen av perioden. Vid dessa tidpunkter har 100%-ig relativ luftfuktighet antagits. När värdena från denna givare jämförs med de andra två givarna i krypgrunden kan man misstänka att funktionen hos givaren har varit nedsatt. Denna medräknas därför inte i medelvärdet för grunden.

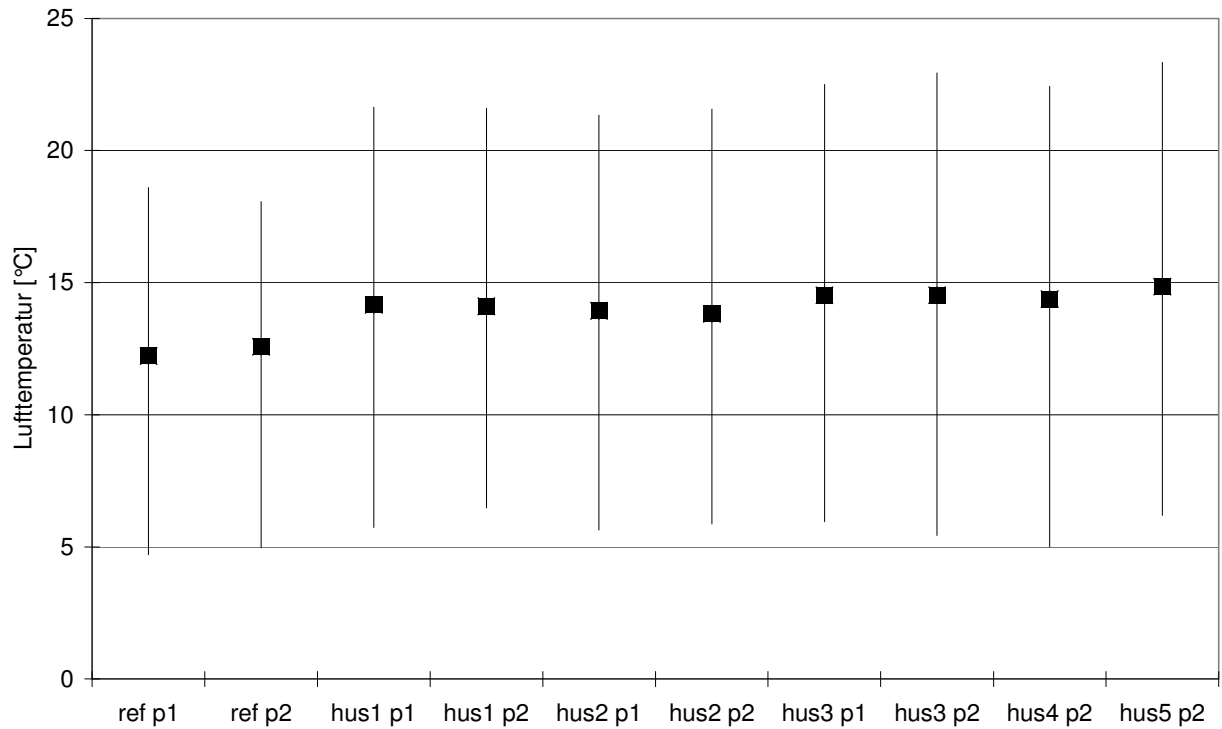
6.4 Mätresultat

Summering av mätresultat för kryppgrunderna visas i Tabell 1. Temperatur och relativ luftfuktighet har uppmätts och utifrån dessa värden har ånghalt och ”risk” beräknats respektive bedömts.

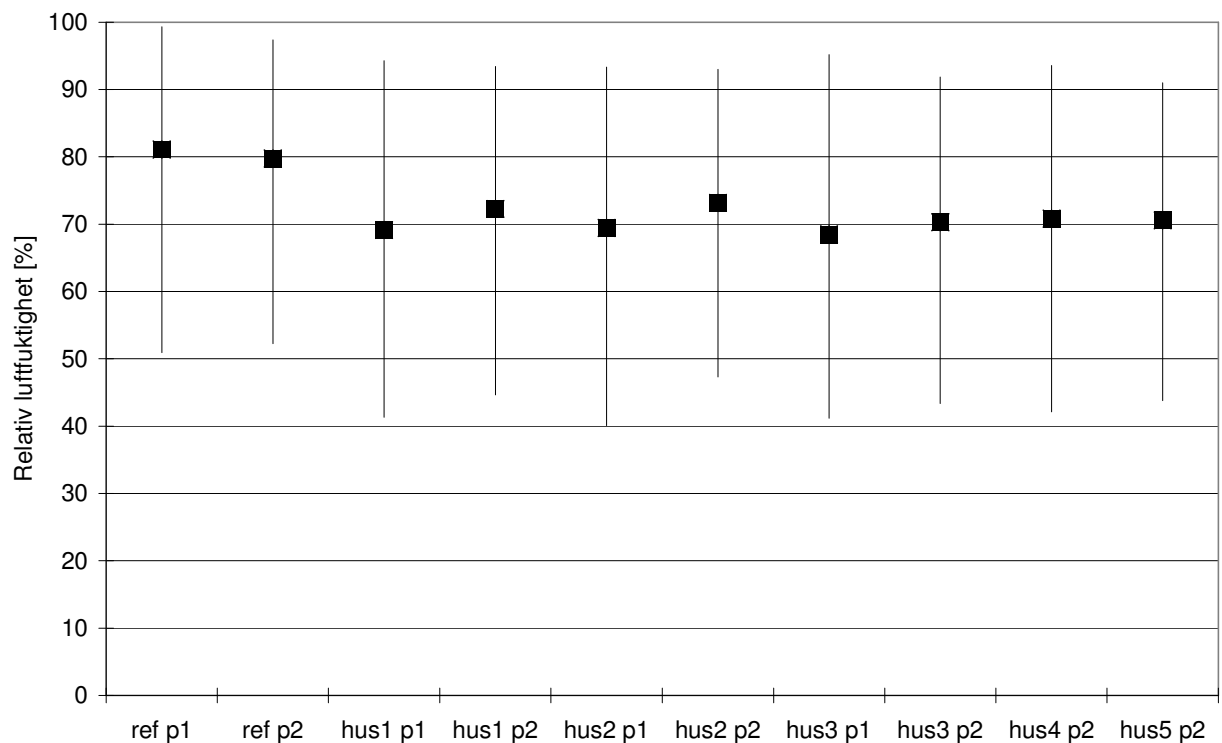
Riskbedömningen har gjorts dels som ett medelvärde av alla framräknade riskvärden (”risk”), dels som medelvärde av riskvärden under den sammanhängande 14-dagars period som visar högst risk (”14-dagars risk”). I de värmeisolerade grunderna under period 1 har ingen sammanhängande period med riskvärden uppmätts, och ”14-dagars risk” bedöms vara noll.

Tabell 1: Sammanfattning av medelvärden över perioden av fukt- och temperaturförhållanden i kryppgrunderna. I tabellen visas också medelvärde över hela perioden av bedömd risk samt högsta medelvärde för den sammanhängande tvåveckorsperiod med högst riskvärde.

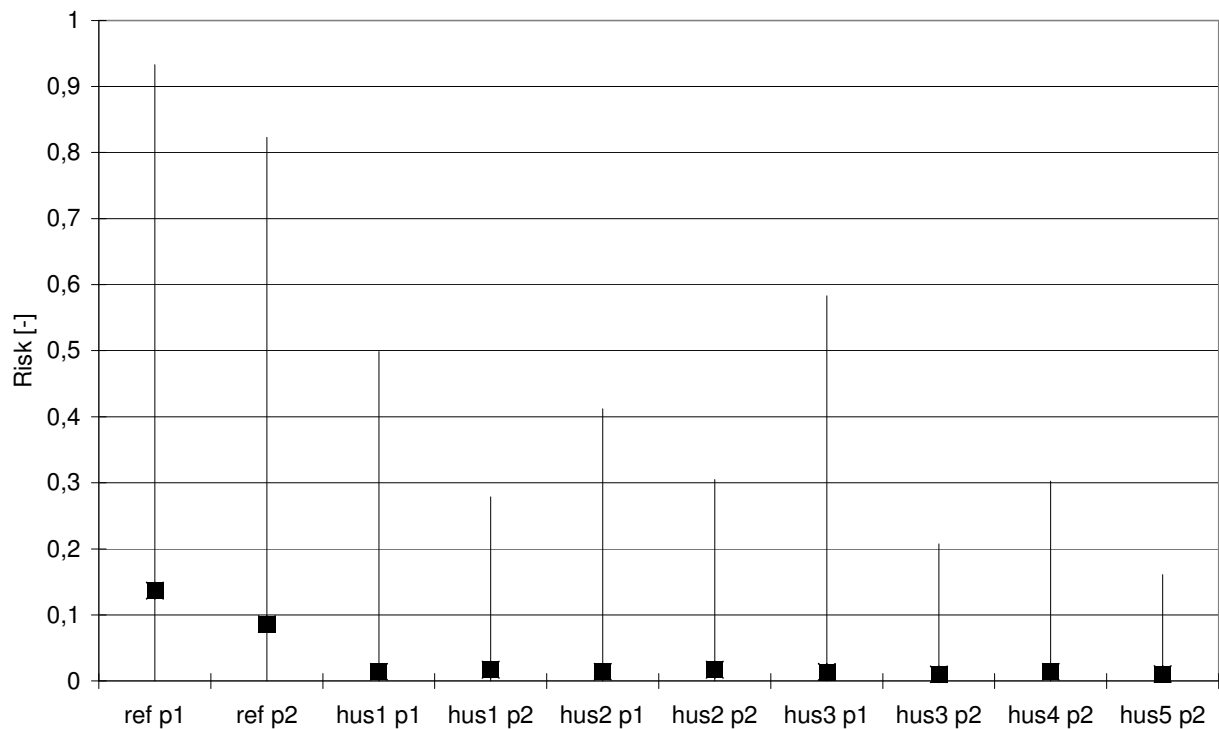
Hus	Temperatur, °C	Relativ luftfuktighet, %RF	Ånghalt, g/m ³	”Risk”	14dgr risk
Period 1					
Ute	14,8	64	8,3	-	-
Hus 0	12,2	81	9,0	0,14	0,55
Hus 1	14,2	69	8,7	0,01	0
Hus 2	13,9	69	8,6	0,01	0
Hus 3	14,5	68	8,8	0,01	0
Period 2					
Ute	14,0	72	8,7	-	-
Hus 0	12,6	80	9,0	0,09	0,41
Hus 1	14,1	72	9,0	0,02	0,09
Hus 2	13,8	73	8,9	0,02	0,10
Hus 3	14,5	70	9,0	0,01	0,05
Hus 4	14,4	71	8,9	0,01	0,10
Hus 5	14,8	71	9,2	0,01	0,06



Figur 12: Medelvärden samt min- respektive maxvärde för krypgrundernas lufttemperatur. Mätperioderna 2004-04-07--2004-09-16 respektive 2005-04-22--2005-11-08 betecknas p1 respektive p2.



Figur 13: Medelvärden samt min- respektive maxvärde för krypgrundernas relativa luftfuktighet. Mätperioderna 2004-04-07--2004-09-16 respektive 2005-04-22--2005-11-08 betecknas p1 respektive p2.



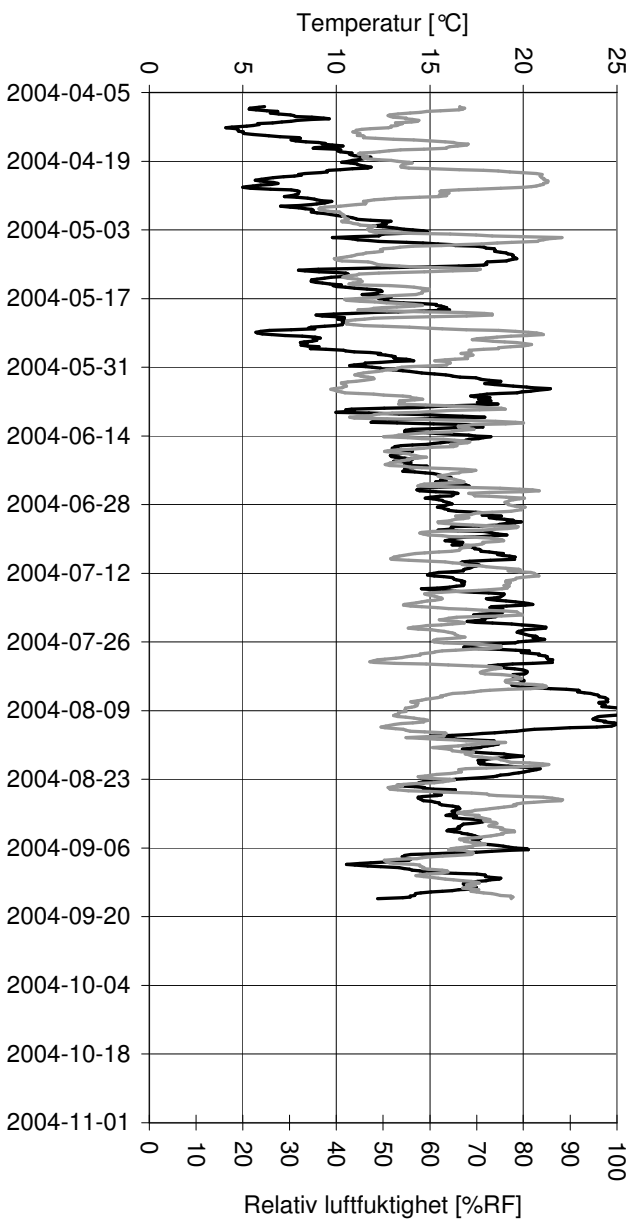
Figur 14: Medelvärden samt min- respektive maxvärde för uppskattad risk i kryppgrunderna baserat på dygnsmedelvärden. Mätperioderna 2004-04-07--2004-09-16 respektive 2005-04-22--2005-11-08 betecknas p1 respektive p2. Risken anges mellan 0 och 1.

6.4.1 Utomhus

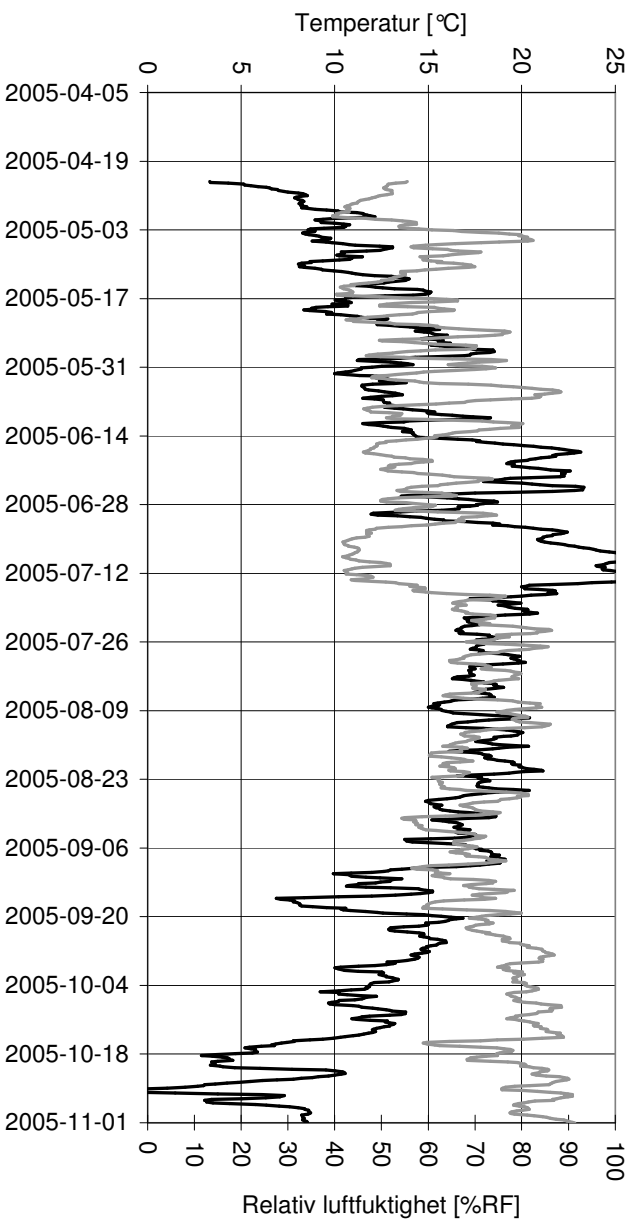
Utomhusklimat under mätperiod 1, 2004-04-07 -- 2004-09-16 samt mätperiod 2, 2005-04-22 - 2005-11-08.

Lufttemperatur och relativ luftfuktighet utomhus mättes utanför samtliga hus. Både temperatur och relativ fuktighet var likvärdigt vid samtliga mätpunkter utomhus och därför kan uteklimatet illustreras med mätvärden från en mätning i ett diagram, se *Figur 15* samt *Figur 16*. Mätvärdena redovisas som glidande dygnsmedelvärden för att ge diagrammen en bättre läsbarhet.

Medelvärden för lufttemperatur och relativ luftfuktighet är under mätperiod 1, 14,8°C respektive 64%RF. Medelvärden för lufttemperatur och relativ luftfuktighet är under mätperiod 2, 14,0°C respektive 72%RF.



Figur 15: Fukt- och temperaturförhållanden utomhus, glidande dygnsmedelvärden, mätperiod 2004-04-07 - 2004-09-16.

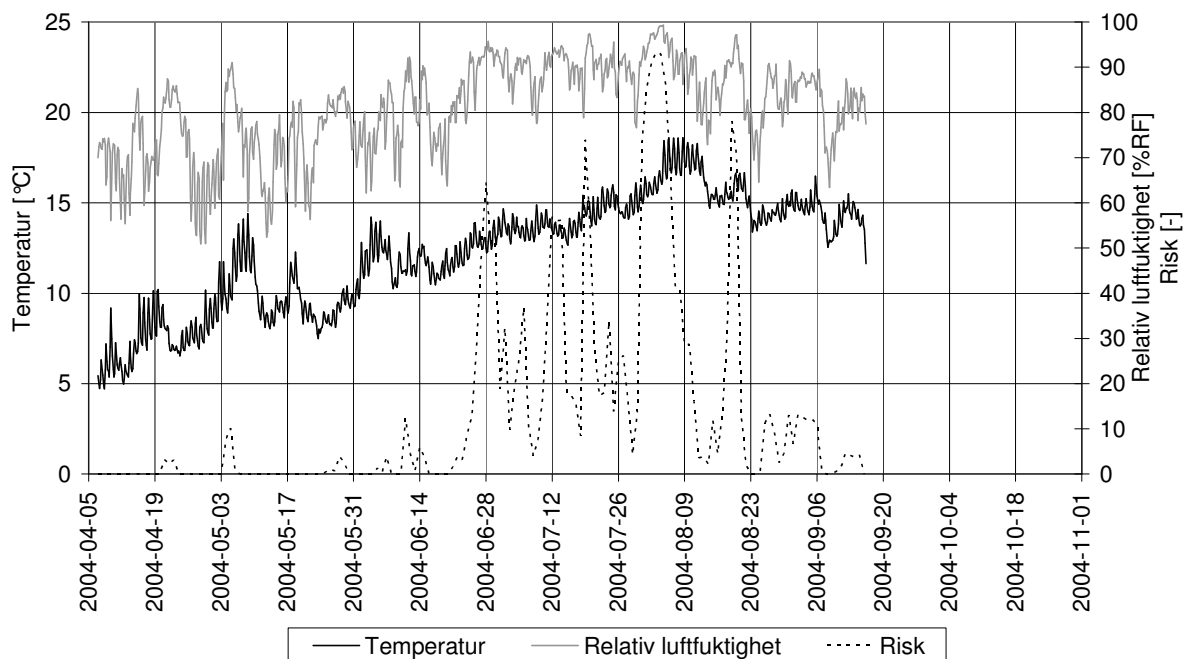


Figur 16: Fukt- och temperaturförhållanden utomhus, glidande dygnsmedelvärden, mätperiod 2005-04-22 - 2005-11-08.

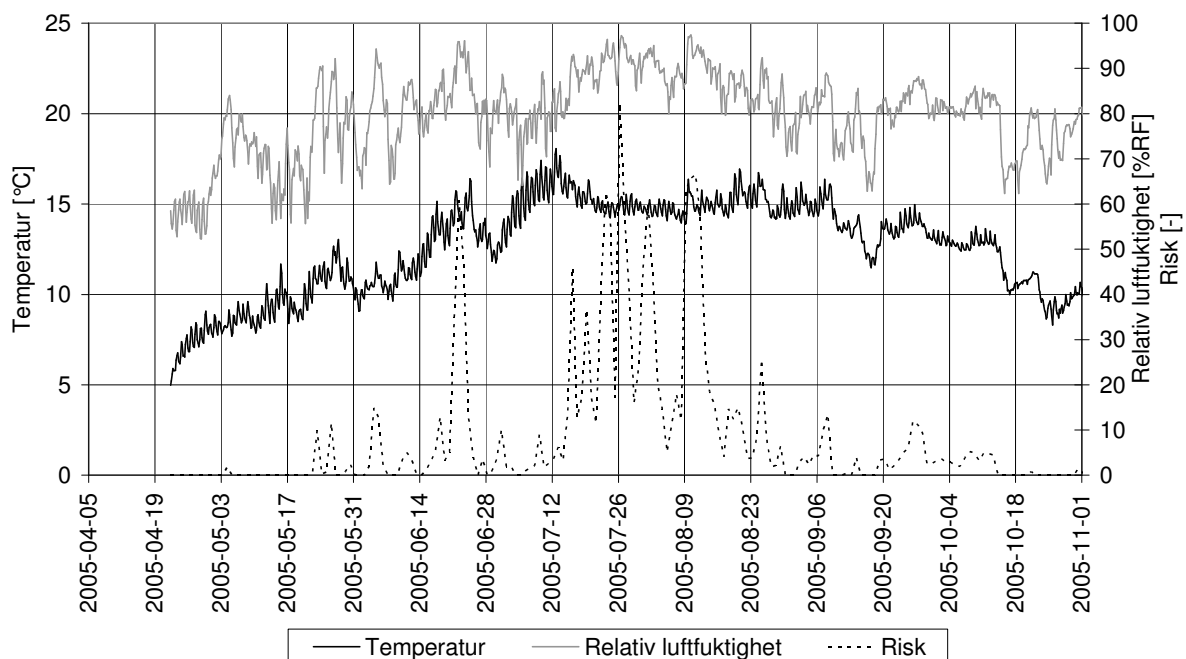
6.4.2 Hus 0 - referenshuset

Medelvärden för lufttemperatur och relativ luftfuktighet i kryprummet är under mätperiod 1, 12,2°C respektive 81%RF. Medelvärdet för fukttillskottet i krypgrunden och inomhus är 0,8 g/m³ respektive 0,7 g/m³. Det finns en längre sammanhängande period (två månader) av riskklimat i kryprummet. Den bedömda medelrisken för hela perioden är 0,14. Högsta medelriskvärde under en sammanhängande tvåveckorsperiod är 0,55.

Medelvärden för lufttemperatur och relativ luftfuktighet i kryprummet är under mätperiod 2 12,6°C respektive 80%RF. Medelvärdet för fukttillskottet i krypgrunden och inomhus är 0,6 g/m³ respektive 1,0 g/m³. Det finns en längre sammanhängande period (två månader) av riskklimat i kryprummet. Den bedömda medelrisken för hela perioden är 0,09. Högsta medelriskvärde under en sammanhängande tvåveckorsperiod är 0,41.



Figur 17: Fukt- och temperaturförhållanden i kryprummet i hus 0 (referenshuset), 4-timmarvärden, mätperiod 1, 2004-04-07 - 2004-09-16. I diagrammet visas också en riskbedömning utifrån dygnsmedelvärden. Riskbedömningen redovisas multiplicerad med 100 för att förbättra diagrammets läsbarhet.

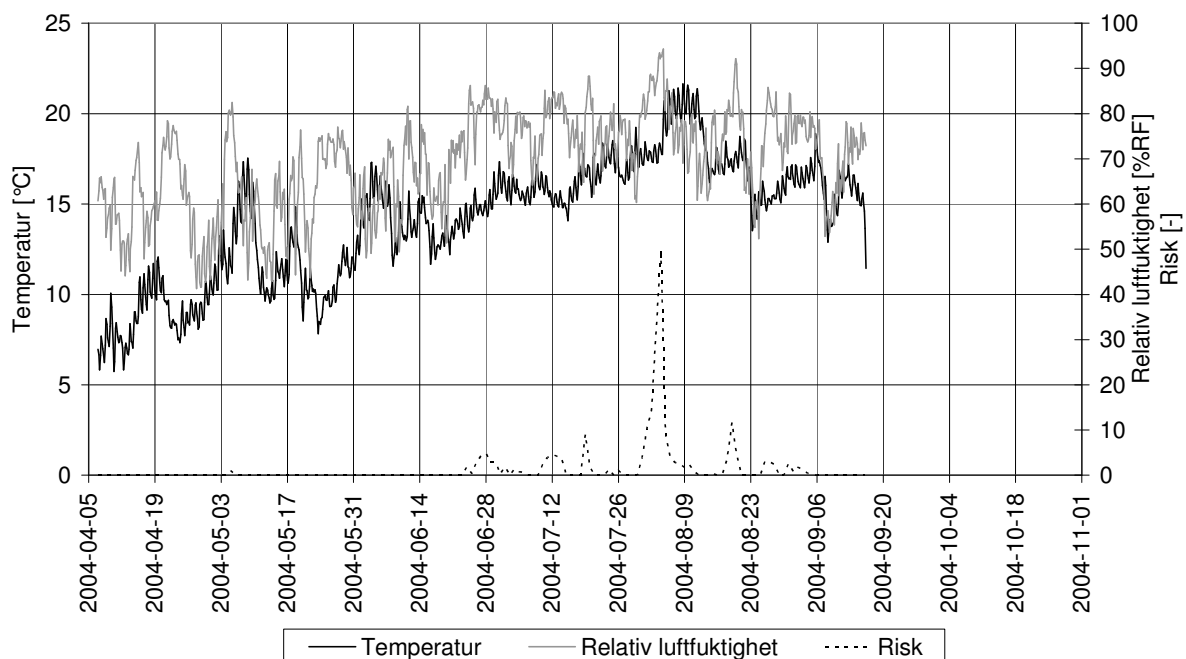


Figur 18: Fukt- och temperaturförhållanden i i kryprummet i hus 0 (referenshuset), 4-timmarsvärden, mätperiod 2, 2005-04-22 - 2005-11-08. I diagrammet visas också en riskbedömning utifrån dygnsmedelvärden. Riskbedömningen redovisas multiplicerad med 100 för att förbättra diagrammets läsbarhet.

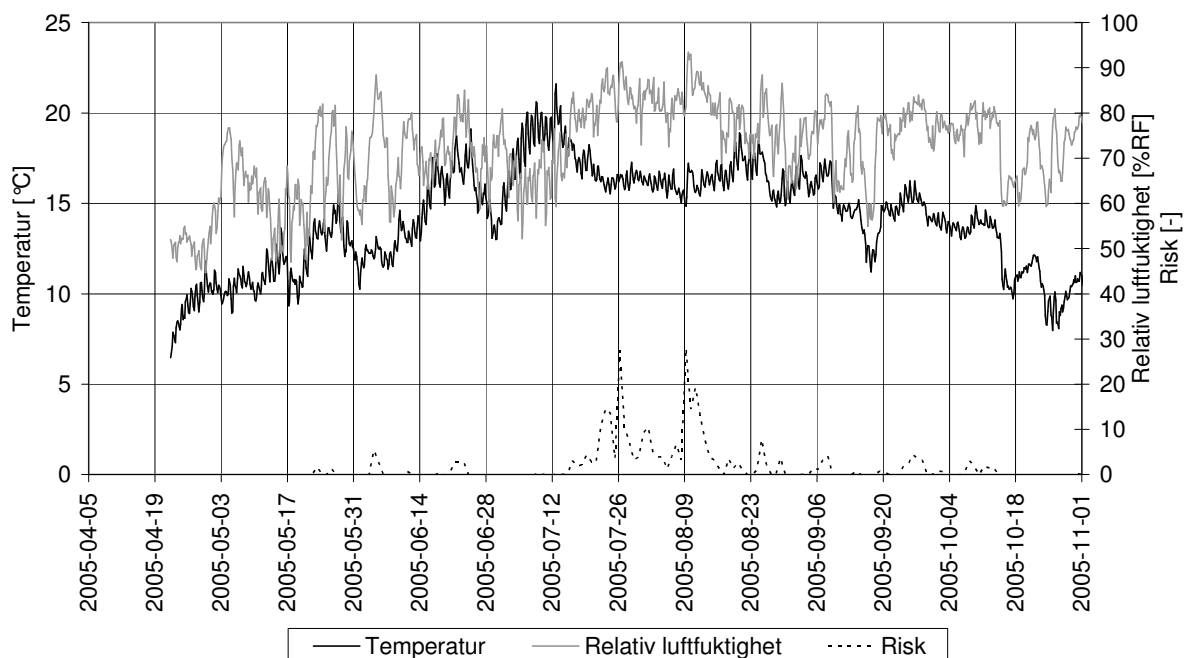
6.4.3 Hus 1

Medelvärden för lufttemperatur och relativ luftfuktighet i kryprummet är under mätperiod 1, 14,2°C respektive 69%RF. Medelvärdet för fukttillskottet i krypgrunden 0,5 g/m³. Mätvärden för inomhus luften saknas. Längsta sammanhängande period av riskklimat är mindre än två veckor i kryprummet. Den bedömda medelrisken för hela perioden är 0,01.

Medelvärden för lufttemperatur och relativ luftfuktighet i kryprummet är under mätperiod 2, 14,1°C respektive 72%RF. Medelvärdet för fukttillskottet i krypgrunden och inomhus är 0,6 g/m³ respektive 0,7 g/m³. Det finns en längre sammanhängande period (en månad) av riskklimat i kryprummet. Den bedömda medelrisken för hela perioden är 0,02. Högsta medelriskvärde under en sammanhängande tvåveckorsperiod är 0,09.



Figur 19: Fukt- och temperaturförhållanden i krypgrunden i hus 1, 4-timmarsvärden, mätperiod 1, 2004-04-07 - 2004-09-16. I diagrammet visas också en riskbedömning utifrån dygnsmedelvärden. Riskbedömningen redovisas multiplicerad med 100 för att förbättra diagrammets läsbarhet.

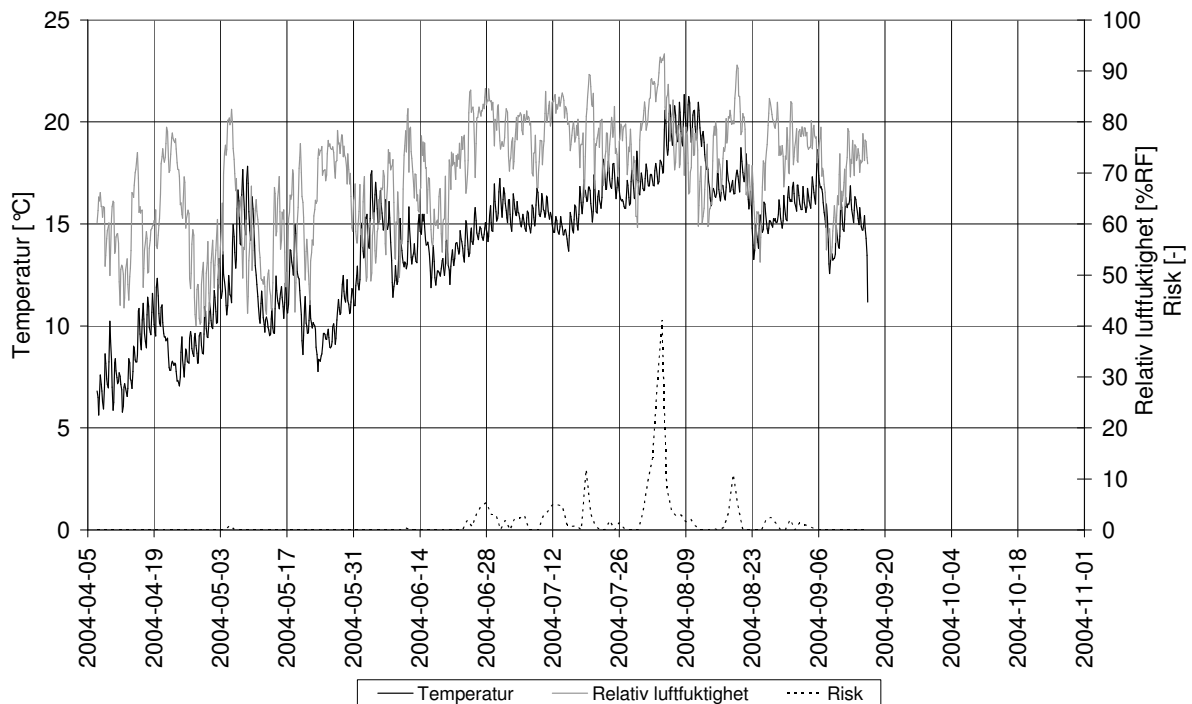


Figur 20: Fukt- och temperaturförhållanden i krypgrunden i hus 1, 4-timmarsvärden, mätperiod 2, 2005-04-22 - 2005-11-08. I diagrammet visas också en riskbedömning utifrån dygnsmedelvärden. Riskbedömningen redovisas multiplicerad med 100 för att förbättra diagrammets läsbarhet.

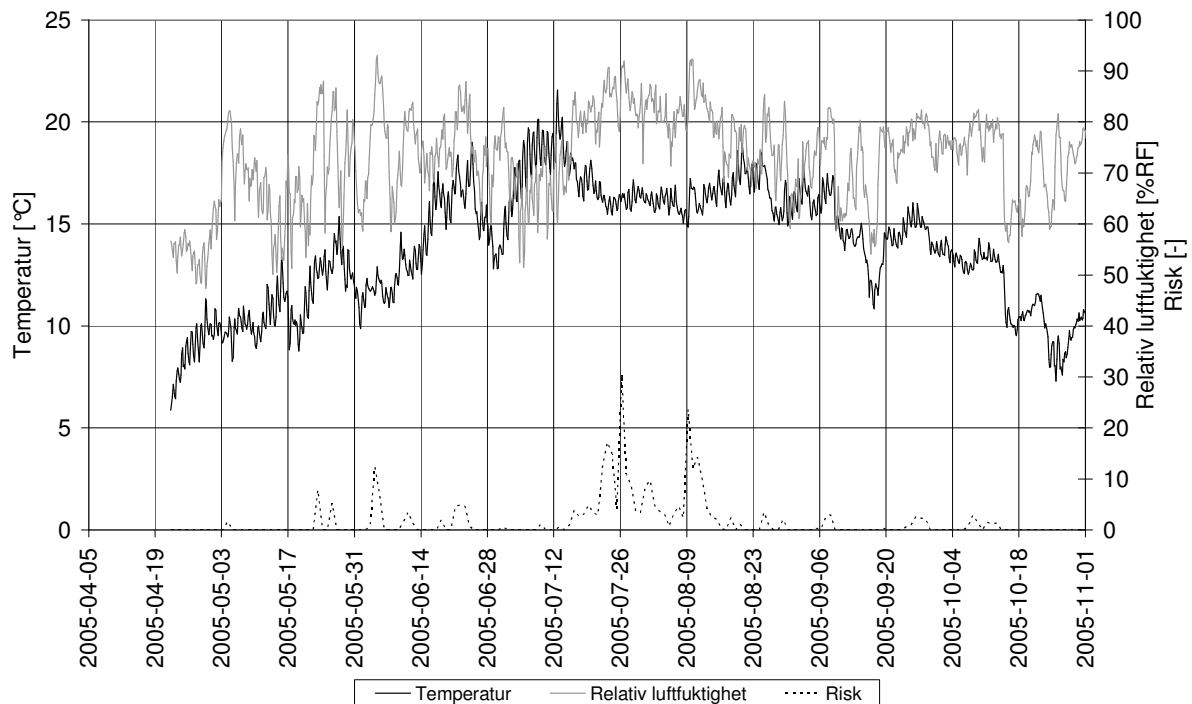
6.4.4 Hus 2

Medelvärden för lufttemperatur och relativ luftfuktighet i kryprummet är under mätperiod 1, 13,9°C respektive 69%RF. Medelvärdet för fukttillskottet i krypgrunden och inomhus är 0,3 g/m³ respektive 0,4 g/m³. Längsta sammanhängande period av riskklimat är mindre än två veckor i kryprummet. Den bedömda medelrisken för hela perioden är 0,01.

Medelvärden för lufttemperatur och relativ luftfuktighet i kryprummet är under mätperiod 2, 13,8°C respektive 73%RF. Medelvärdet för fukttillskottet i krypgrunden och inomhus är 0,2 g/m³ respektive 0,2 g/m³. Det finns en längre sammanhängande period (en månad) av riskklimat i kryprummet. Den bedömda medelrisken för hela perioden är 0,02. Högsta medelriskvärde under en sammanhängande tvåveckorsperiod är 0,10.



Figur 21: Fukt- och temperaturförhållanden i krypgrunden i hus 2, 4-timmarsvärden, mätperiod 1, 2004-04-07 - 2004-09-16. I diagrammet visas också en riskbedömning utifrån dygnsmedelvärden. Riskbedömningen redovisas multiplicerad med 100 för att förbättra diagrammets läsbarhet.

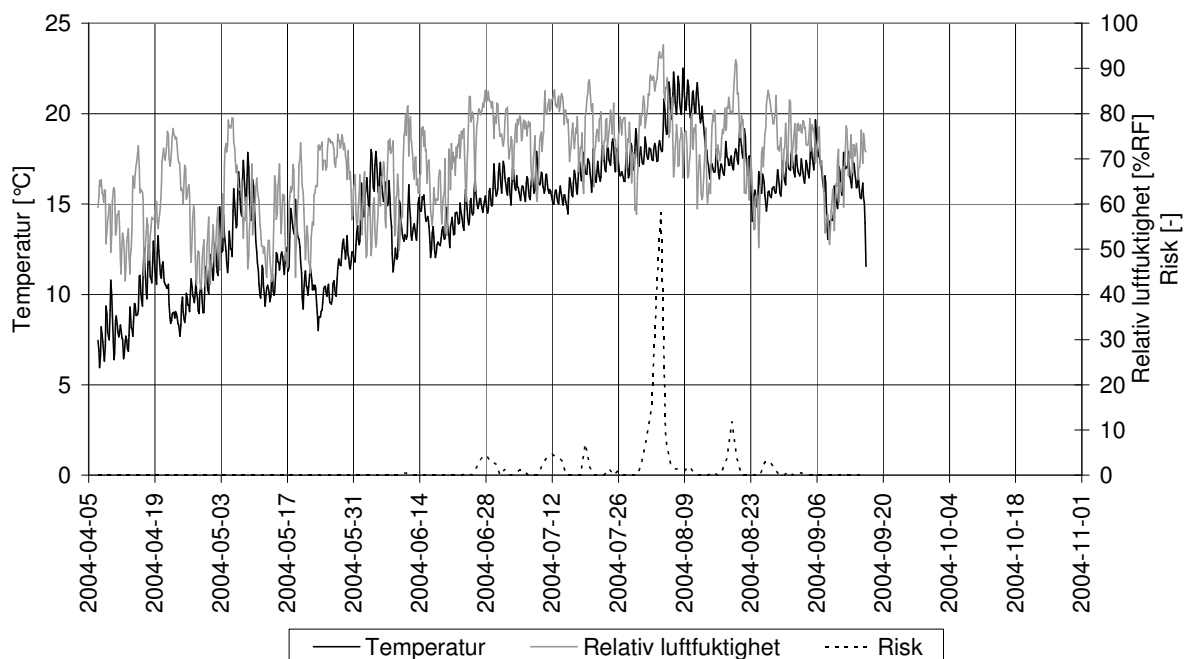


Figur 22: Fukt- och temperaturförhållanden i krypgrunden i hus 2, 4-timmarsvärden, mätperiod 2, 2005-04-22 - 2005-11-08. I diagrammet visas också en riskbedömning utifrån dygnsmedelvärden. Riskbedömningen redovisas multiplicerad med 100 för att förbättra diagrammets läsbarhet.

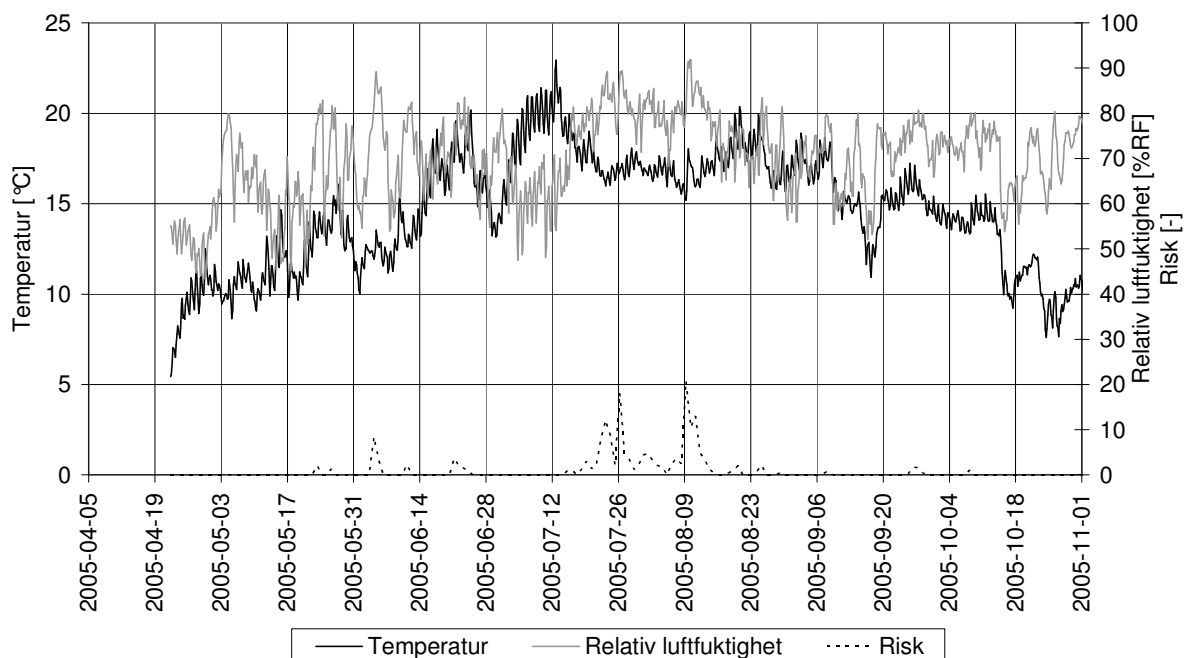
6.4.5 Hus 3

Medelvärden för lufttemperatur och relativ luftfuktighet i kryprummet är under mätperiod 1, 14,5°C respektive 68%RF. Medelvärdet för fuktillskottet i krypgrunden och inomhus är 0,7 g/m³ respektive 0,9 g/m³. Längsta sammanhängande period av riskklimat är mindre än två veckor i kryprummet. Den bedömda medelrisken för hela perioden är 0,01.

Medelvärden för lufttemperatur och relativ luftfuktighet i kryprummet är under mätperiod 2, 14,5°C respektive 70%RF. Medelvärdet för fuktillskottet i krypgrunden och inomhus är 0,5 g/m³ respektive 0,5 g/m³. Det finns en sammanhängande period (två veckor) av riskklimat i kryprummet. Den bedömda medelrisken för hela perioden är 0,01. Högsta medelriskvärde under en sammanhängande tvåveckorsperiod är 0,05.



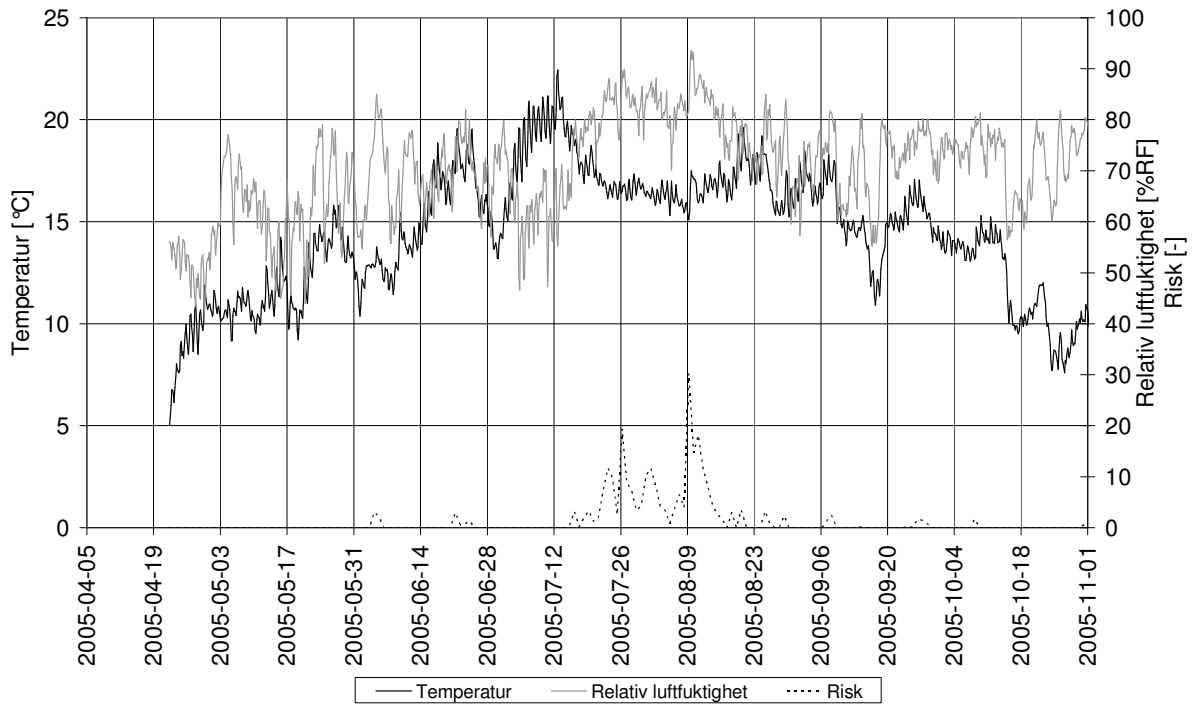
Figur 23: Fukt- och temperaturförhållanden i kryppgrunden i hus 3, 4-timmarsvärden, mätperiod 1, 2004-04-07 - 2004-09-16. I diagrammet visas också en riskbedömning utifrån dygnsmedelvärden. Riskbedömningen redovisas multiplicerad med 100 för att förbättra diagrammets läsbarhet.



Figur 24: Fukt- och temperaturförhållanden i kryppgrunden i hus 3, 4-timmarsvärden, mätperiod 2, 2005-04-22 - 2005-11-08. I diagrammet visas också en riskbedömning utifrån dygnsmedelvärden. Riskbedömningen redovisas multiplicerad med 100 för att förbättra diagrammets läsbarhet.

6.4.6 Hus 4

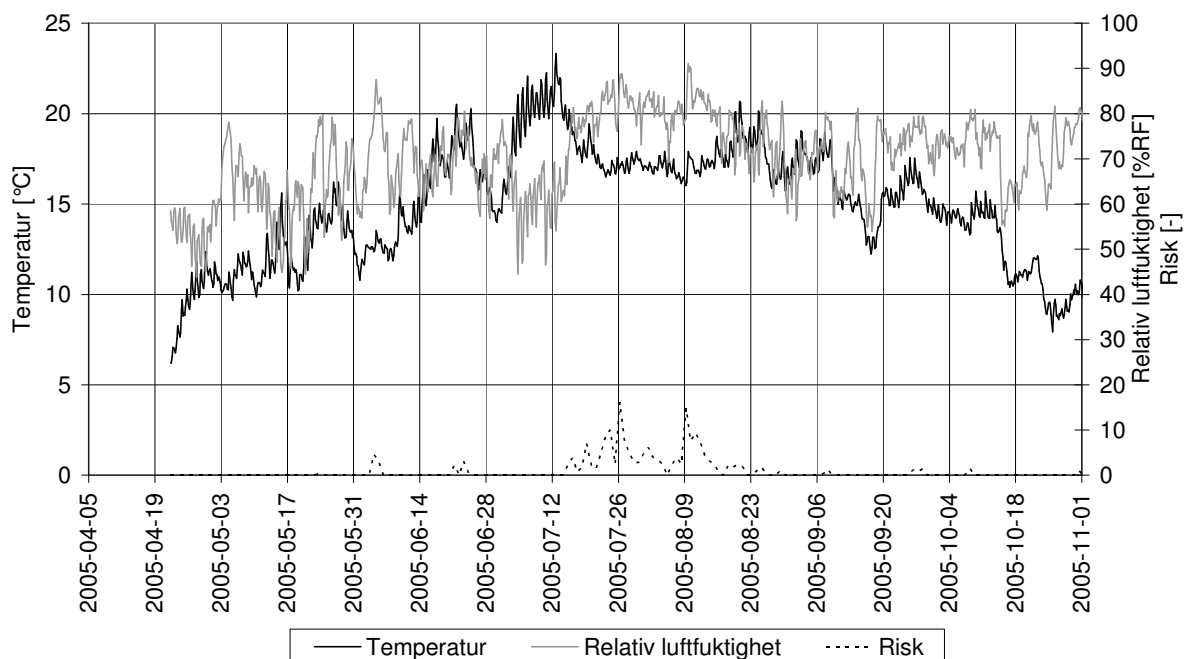
Medelvärden för lufttemperatur och relativ luftfuktighet i kryprummet är under mätperiod 2, 14,4°C respektive 71%RF. Medelvärdet för fuktillskottet i krypgrunden och inomhus är 0,1 g/m³ respektive 0,4 g/m³. Det finns en längre sammanhängande period (en månad) av riskklimat i kryprummet. Den bedömda medelrisken för hela perioden är 0,01. Högsta medelriskvärde under en sammanhängande tvåveckorsperiod är 0,10.



Figur 25: Fukt- och temperaturförhållanden i krypgrunden i hus 4, 4-timmarsvärden, mätperiod 2, 2005-04-22 -- 2005-11-08. I diagrammet visas också en riskbedömning utifrån dygnsmedelvärden. Riskbedömningen redovisas multiplicerad med 100 för att förbättra diagrammets läsbarhet.

6.4.7 Hus 5

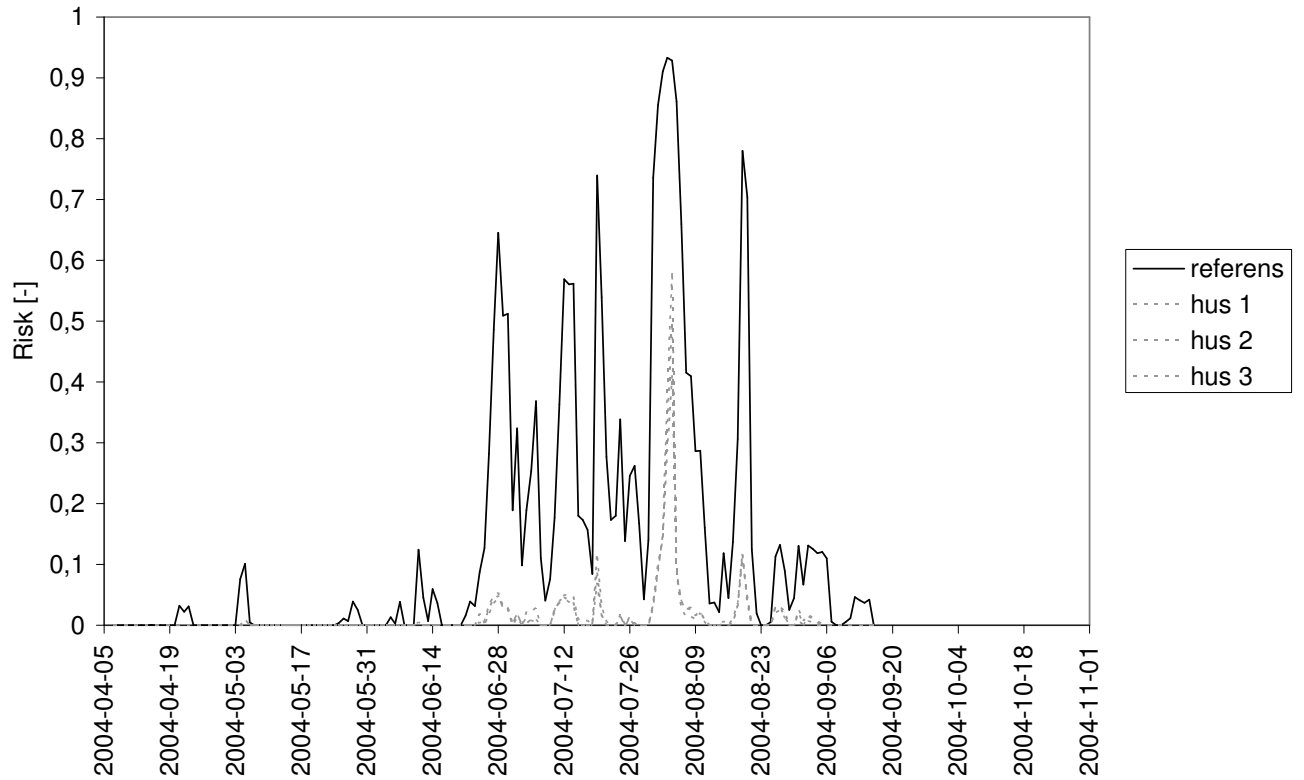
Medelvärden för lufttemperatur och relativ luftfuktighet i kryprummet är under mätperiod 2, 14,8°C respektive 71%RF. Medelvärdet för fuktillskottet i krypgrunden och inomhus är 0,3 g/m³ respektive 0,2 g/m³. Det finns en sammanhängande period (två veckor) av riskklimat i kryprummet. Den bedömda medelrisken för hela perioden är 0,01. Högsta medelriskvärde under en sammanhängande tvåveckorsperiod är 0,06.



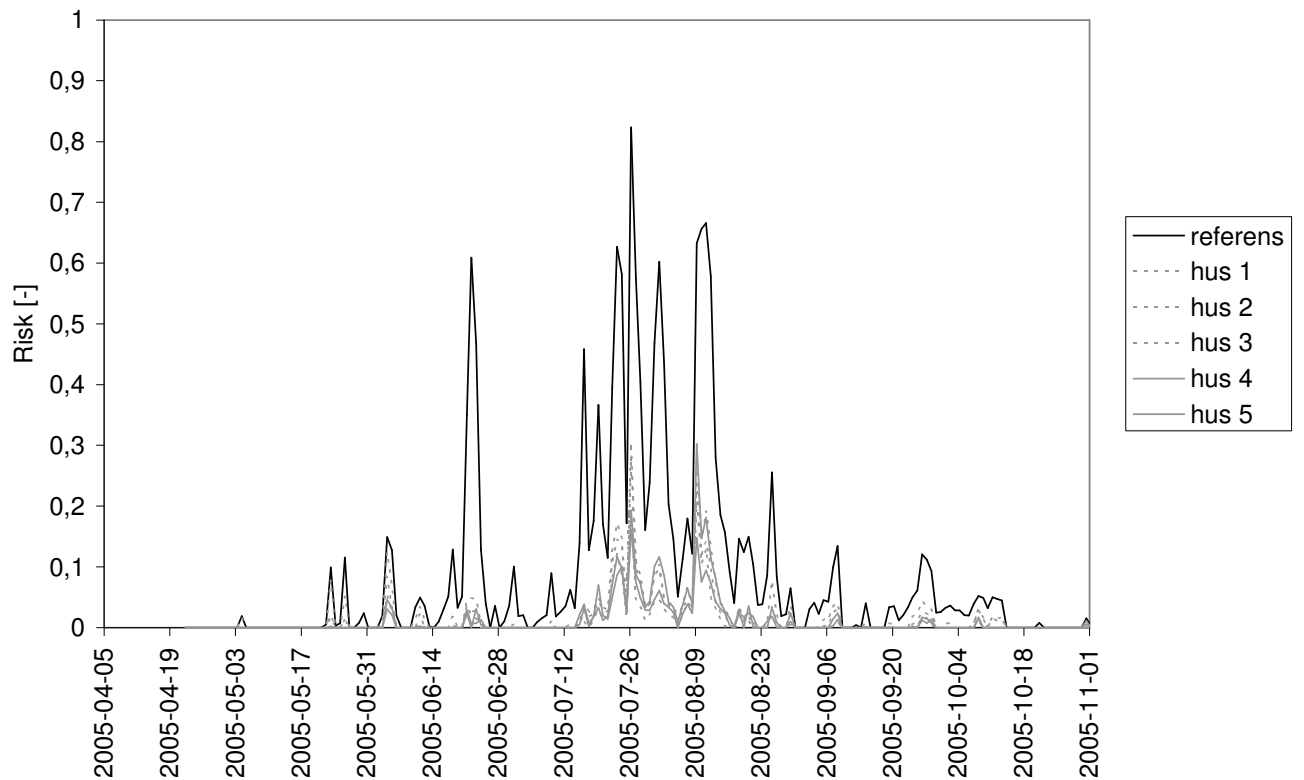
Figur 26: Fukt- och temperaturförhållanden i kryppgrunden i hus 5, 4-timmarsvärden, mätperiod 2, 2005-04-22 -- 2005-11-08. I diagrammet visas också en riskbedömning utifrån dygnsmedelvärden. Riskbedömningen redovisas multiplicerad med 100 för att förbättra diagrammets läsbarhet.

6.5 Risk

En sammanfattning av riskvärden för de olika kryppgrunderna för mätperiod 1, 2004-04-07--2004-09-16, samt för mätperiod 2, 2005-04-22--2005-11-08, visas i Figur 27 respektive Figur 28.



Figur 27: Riskvärden för de fyra krypgrunderna under mätperiod 1, 2004-04-07--2004-09-16. Risken anges mellan 0 och 1.



Figur 28: Riskvärden för de sex krypgrunderna under mätperiod 2, 2005-04-22--2005-11-08. Risken anges mellan 0 och 1.

6.6 Ventilation

I Tabell 2 visas resultaten av ventilationsmätningarna i kryppgrunderna. Tyvärr blev provtagningen i referenshuset kontaminerad och därför redovisas inget värde för denna grund. Värdena för grunderna i hus 1 och hus 2 uppvisar några oklarheter och man kan misstänka att enstaka provtagare har blivit kontaminerade. Om de misstänkt kontaminerade provtagarna borträknas fås ett ventilationsflöde i grunderna av i genomsnitt 0,5-1,0 m³/(h*m²).

I t.ex. Nybyggnadsregler (Boverket) redovisas minsta ventilationsbehov för krypprum under träbjälklag till 1 m³/(h,m²) och motsvarande erforderlig ventilationsarea till 0,05 m² per 100 m² för vindutsatt läge respektive 0,10 m² per 100 m² för vindskyddat läge. Detta skulle alltså motsvara att ventilerna bör motsvara 5*10⁻⁴ m²/m² respektive 10*10⁻⁴ m²/m². De aktuella grunderna har tillräcklig ventilarea för att klara normen i ett vindskyddat läge. Husen bedöms dock befinna sig i ett vindutsatt läge.

Ventilationsmätningarna visar att ventilationen av grunderna generellt är något lägre än förväntat, se Tabell 2. I samtliga hus utom hus 5 har lägre ventilation uppmätts än de normkrav som finns i t.ex. Nybyggnadsreglerna. En av orsakerna till detta kan vara de altaner som byggts längs med husens långsidor. Hus 1-4 har altaner som täcker upp till hälften av ventilerna. I hus 5 är i stort sett alla ventiler exponerade.

Tabell 2: Sammanfattning av ventilationsmätningarna i kryppgrunderna.

Hus	Volym m ³	Ventilarea m ² /m ²	Total resultat ACH n ⁻¹	Flöde m ³ /h	Flöde m ³ /h,m ²
1	61	11*10 ⁻⁴	0,45*(0,88)	27*(54)	0,28*(0,57)
2	61	11*10 ⁻⁴	0,58*(0,92)	35*(56)	0,36*(0,60)
3	61	11*10 ⁻⁴	1,14	69	0,72
4	65	12*10 ⁻⁴	0,70	45	0,48
5	86	11*10 ⁻⁴	1,42	121	0,99

**Värdena för hus 1 och hus 2 varierar kraftigt mellan de olika provtagarna. Möjligen har enstaka provtagare kontaminerats vilket skulle innebära att ovanstående siffror är en underskattning av det verkliga ventilationsflödet. Om de misstänkt kontaminerade provtagarna borträknas fås resultatet i parantes.*

7 Produktion och ekonomi

Grundkonstruktionen för de cellplastisolerade grunderna blev något dyrare, cirka 20% dyrare, än för referenshuset. För de mindre husen innebär detta cirka 13.000 kr och för de större husen 16.000 kr.

I projektet provades både expanderad cellplastisolering, EPS, och extruderad cellplastisolering, XPS. Totalkostnaden för de båda cellplastkvaliteterna bedömdes som likvärdiga då den extruderade cellplastisoleringen, XPS:en, var dyrare i inköp men lättare att arbeta med vilket innebar lägre arbetskostnader jämfört med den expanderade cellplastisoleringen.

Totalkostnaden för konstruktionen med lättklinkerfyllning bedömdes vara likvärdig med lösningen med cellplastisolering, men eftersom lättklinkerfyllningen delvis finansierades av leverantören av lättklinker är detta endast en uppskattning. Erforderligt schaktdjup ökade jämfört med lösningen med cellplastisolering men arbetskostnaden var lägre.

8 Diskussion

Temperaturen i de värmeisolerade kryppgrunderna är i genomsnitt 2°C och 3°C varmare jämfört med referenshuset under mätperioderna 2004 respektive 2005. Den relativa luftfuktigheten i de värmeisolerade kryppgrunderna är i genomsnitt 12%RF och 7,5%RF lägre jämfört med referenshuset under mätperioderna 2004 respektive 2005. Skillnaden mellan de två mätperioderna kan delvis förklaras med att mätperioden 2004 slutar i september, medan mätperioden 2005 slutar i november.

Hus 2 utmärker sig under båda mätperioderna som aningen kallare än de andra värmeisolerade grunderna. Någon förklaring till detta har inte hittats. Det kan bero på mätosäkerheten.

Under mätperioden 2004 var risken för mögelpåväxt i de studerade värmeisolerade grunderna obefintlig. Det fanns ingen sammanhängande 14-dagars period med riskklimat. I referenshuset förelåg samtidigt en betydande risk för påväxt, med riskklimat under en sammanhängande tvåmånadersperiod (mitten av juni till mitten av augusti).

Under mätperioden 2005 var risken för mögelpåväxt i de studerade värmeisolerade grunderna något förhöjd. Det fanns i samtliga grunder en sammanhängande period av minst 14 dagar med riskklimat (i juli). I referenshuset förelåg samtidigt en betydande risk för påväxt, med riskklimat under en sammanhängande tvåmånadersperiod (juli till augusti) samt en 14-dagars period i juni.

Värt att notera är att risken för påväxt bedöms som störst för referensgrunden 2004 medan de värmeisolerade grunderna hade störst risk 2005. Båda åren är dock risken i referensgrunden väsentligen högre jämfört med de värmeisolerade grunderna.

Grunderna med cellplastisolering (konstruktionslösning 1 enligt SBUF-rapport 11148) tenderar till att reagera något snabbare vid fukt- och temperaturförändringar, med något högre toppar på ”risk”, jämfört med grunderna med lös lättklinker (konstruktionslösning 2 enligt SBUF-rapport 11148). Detta beror troligen på skillnader i fukt- och värmekapacitet hos de två materialen. I de sammanvägda ”risk”-värdena är det dock svårt att se någon väsentlig skillnad. Värmemotståndet för markisoleringen i grunderna med lös lättklinker torde vara cirka 50% större än för grunderna med cellplastisolering på mark.

Storleken på ventilationsareorna i de studerade grunderna motsvarar väl kraven i t.ex. Nybyggnadsregler. Däremot är ventilationen i grunderna upp till 50% lägre än motsvarande angiven ventilation i Nybyggnadsregler. Ventilationsflödena varierar mellan cirka 0,5 och 1,0 m³/h,m². Denna relativt låga ventilation skulle delvis kunna bero på altaner som byggs, ofta längs en hel långsida av huset. Altanerna ligger framför upp till hälften av ventilerna och sänker troligen drivkraften för ventilationen väsentligt. Inget klart samband mellan ventilationsflöde och klimat eller ”risk” i grunden kunde observeras för de studerade grunderna.

Jämfört med beräkningsresultat i tidigare SBUF projekt (Nilsson och Harderup 2003) ger riskbedömningen med uppmätta värdena på temperatur och relativ fuktighet generellt något lägre risk. Speciellt gäller detta de beräknade värdena för cellplastisolering. Då dessa datorsimuleringar skilde sig något i geometri och utförande är det dock inte relevant att dra några vidare slutsatser av detta.

Den polypropylenduk som är monterad på undersidan av blindbotten avser att minska kondensrisken och därmed minska risken för mögelpåväxt på den hårda träfiberskivan som utgör blindbotten. Den period trämaterialen i blindbotten är utsatt för fritt vatten minskas och den kondens som bildas på duken kan troligen delvis droppa ner på marken utan att direkt

fukta upp trämaterialiet. Duken skyddar dock inte trämaterialiet i blindbotten från att påverkas av fuktbelastningen i krypgrundsluften då den inte är lufttätt monterad.

En annan risk för blindbotten är anslutningen till grundmuren. Blindbotten kan inte anses helt lufttät och därmed kan yttre golvbalkar och blindbotten utsättas för krypgrundens luftfuktighet i den yttre randzonen. Detta kan leda till påväxt.

Värmeisolering i grunden medför en måttlig extrakostnad för projekten med cirka 20% dyrare grundläggning. Detta torde vara en måttlig kostnad för projektet.

9 Slutsatser

Trots värmeisolering och noggrant utförda arbeten medför klimatet i samtliga studerade krypgrunder en risk för påväxt på framförallt organiskt material. Fukttillståndet för exempelvis trämaterial i grunden överstiger det kritiska fukttillståndet, vilket inte är förenligt med BBR06. Därför bör båda lösningarna undvikas i nyproduktion.

Detta gäller för både grunderna med cellplastisolering (konstruktionslösning 1 enligt SBUF-rapport 11148) och grunderna med lättklinkerisolering (konstruktionslösning 2 enligt SBUF-rapport 11148).

Eventuellt skulle konstruktionen kunna användas med helt oorganiska material och kombineras med en fuktstyrd värmekälla som monteras i grunden. Troligen skulle en måttlig effekt/drifftid på en värmekälla kunna åstadkomma ett lägre fukttillstånd för material i grunden och därmed eventuellt ”riskfrihet” i grunden. Här måste dock detaljer kring bjälklagskanten och grundmuren lösas på ett sätt som säkerställer att det inte lokalt i krypgrunden eller i omgivande konstruktioner kan förekomma höga fukttillstånd och risk för påväxt.

10 Litteratur

- Harderup E 1998, *Metoder att välja klimatkorrekationer vid fuktberäkningar med variabelt utomhusklimat*, TVBH-1011, Avdelningen för byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola
- Kurnitski J 2000. *Humidity control in outdoor-air-ventilated crawl spaces in cold climate by means of ventilation, ground covers and dehumidifications*, Report A3, HVAC-laboratory, Tekniska Högskolan, Helsingfors
- Nevander L-E, Elmarsson B, 1991, *Fuktdimensionering av träkonstruktioner. Riskanalys.*, Rapport R38:1991, Statens råd för byggnadsforskning BFR, Stockholm
- Nevander L-E, Elmarsson B, 1994, *Fukthandboken*, Svensk Byggtjänst, ISBN 91-7332-716-6
- Nilsson L och Harderup L-E, 2003, *Fuktdimensionering - utveckling av krypgrunden*, SBUF nr 11148
- Nybyggnadsregler. Föreskrifter och allmänna råd., BFS 1988:18, Boverket
- Persson B, 2005, *Renovering av krypgrundläggning för småhus*, TVBM-3128, Avdelningen Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola.
- Stymne et al. 1994, *Measuring Ventilation Rates in the Swedish Housing Stock*, Building and Environment, Vol 29, p373-379, Elsevier Science Ltd
- Svensson C 2001. *Effekter av åtgärder i uteluftsventilerade krypgrunder med fukt- och mögelskador*. TVBH-3038, Avdelningen för byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola.

- Viitanen, H, 1996. *Factors affecting the development of mould and brown rot decay in wooden material and wooden structures, Institutionen för virkeslära, Sveriges Lantbruksuniversitet. Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU ISBN 91-576-5115-9*