9211075

P

RAPPORT

Tore Hansson

Torrare krypgrunder genom uppvärmning

Trätek

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Tore Hansson

TORRARE KRYPGRUNDER GENOM UPPVÄRMNING

Trätek, Rapport P 9211075

ISSN 1102-1071
ISRN TRÄTEK-R--92/075--SE

Nyckelord

crawl space
foundations
heating
humidity
mould
residential construction
temperature
ventilation

Stockholm januari 1992

Rapporter från Trätek — Institutet för träteknisk forskning — är kompletta sammanställningar av forskningsresultat eller översikter, utvecklingar och studier. Publicerade rapporter betecknas med I eller P och numreras tillsammans med alla utgåvor från Trätek i löpande följd.

Citat tillåtes om källan anges.

Trätek — Institutet för träteknisk forskning — betjänar de fem industrigrenarna sågverk, trämanufaktur (snickeri-, trähus-, möbel- och övrig träförädlande industri), träfiberskivor, spånskivor och plywood. Ett avtal om forskning och utveckling mellan industrin och Nutek utgör grunden för verksamheten som utförs med egna, samverkande och externa resurser. Trätek har forskningsenheter i Stockholm, Jönköping och Skellefteå.

Reports issued by the Swedish Institute for Wood Technology Research comprise complete accounts for research results, or summaries, surveys and studies. Published reports bear the designation I or P and are numbered in consecutive order together with all the other publications from the Institute.

Extracts from the text may be reproduced provided the source is acknowledged.

The Swedish Institute for Wood Technology Research serves the five branches of the industry: sawmills, manufacturing (joinery, wooden houses, furniture and other woodworking plants), fibre board, particle board and plywood. A research and development agreement between the industry and the Swedish National Board for Industrial and Technical Development forms the basis for the Institute's activities. The Institute utilises its own resources as well as those of its collaborators and other outside bodies. Our research units are located in Stockholm, Jönköping and Skellefteå.

I N N E H Å L L S F Ö R T E C K N I N G

	Sid
SAMMANFATTNING	3
BAKGRUND	4
SYFTE	4
KLIMATET I KALLA UTELUFTVENTILERADE KRYPRUM	5
Temperaturer	5
Fuktförhållanden	10
BEHOV AV TEMPERATURHÖJNING	14
PRAKTISK UTFORMNING AV UPPVÄRMNINGSANORDNINGAR	17
Olika metoder	17
Styrning	18
PRAKTISK UTPROVNING AV RF-STYRD UPPVÄRMNINGSANORDNING	21
UPPVÄRMNING UNDER BYGGTIDEN	22
REFERENSER	24

SAMMANFATTNING

Kalla uteluftventilerade krypgrunder blir än kallare genom ökad isolering av bottenbjälklaget och därmed också fuktigare. Redan vid den isoleringsnivå som föreskrivs i ELAK inträffar ca 6 riskveckor under ett år enligt den utvärdering som gjorts av ett provhus. Om isoleringen ökar ytterligare, ca 400 mm, förlängs riskperioden till hela sommaren, ca 20 veckor.

Man kan undvika eller förkorta dessa perioder på olika sätt. I denna rapport redogörs för metoder som går ut på att tillfälligt eller permanent under driftskedet tillföra värme på olika sätt till krypgrunden. Tillskottet av värme kan beräknas motsvara en effekt på mindre än ca 400 W under kritiska perioder. Tidigare har det föreslagits att ta värme från t ex vind för att värma krypgrunder.

- Luft från vinden.
- Luft från takfoten.

Aktiv uppvärmning kan ske med radiatorer i kombination med fläktar. Olika metoder att styra efter behovet beskrivs. Såväl kommersiella produkter som enkla laboratorieapparater har bringats att fungera.

I ett praktiskt fall prövades RF-styrning av uppvärmningen. Värmetillskottet 100 W var dock för litet varför krypgrunden inte värmdes upp tillräckligt. Styrningen fungerade dock.

De ovan beskrivna sätten att värma tar sikte på driftsfallet eller att undanröja fuktförhållandena i avvaktan på undersökning och långsiktiga skadeavhjälpande åtgärder. Om behovet av uppvärmning blir alltför stort i driftsfallet måste man överväga att minska på värmeisoleringsgraden hellre än att permanent värma grunden flera månader varje år.

Förhållandena i krypgrunden under byggskedet har även betydelse. Temperaturberäkningar visar att krypgrunder som byggts under vintern får en ogynnsam start som gör att krypgrunden under första året/åren blir kallare än om den byggts på sommaren. 1 °C första sommaren betyder ca 5 % högre relativ fuktighet. För att ta bort denna orsak till höga fukttillstånd i kryprum föreslås att, i vinterbyggda hus med krypgrunder, marken under huset värms före och under byggtiden så att en värmekudde byggs upp. Krypgrunderna bör under de första åren bli minst lika varma som i de hus som byggs på sommaren. Markuppvärmning kan anses vara lika viktig från fuktsynpunkt som torkning av byggfukt.

BAKGRUND

Uteluftsventilerade, s k kalla krypgrunder blir under normala förhållanden fuktigast under den varma årstiden då varm utomhusluft tas in i grunden och kyls ner när den möter kylan från marken under huset. Det finns flera sätt att komma till rätta med den fuktiga miljön. Man har dels inriktat sig på miljön i hela grundkonstruktionen, dels på miljön för trävirket i bottenbjälklaget.

För att förbättra miljön i hela grundkonstruktionen har man prövat:

- Täckning av marken med plastfolie.
- Värmeisolering av marken.
- Värmeisolering av socklar, helst utvändigt.
- Uppvärmning av grunden genom att luft från vinden trycks ner i grunden.
- Uppvärmning av grunden genom att inomhusluft trycks ner i grunden (en sorts inneluftsventilerad grund).
- Avfuktning med avfuktningsaggregat.

För att förbättra miljön för inbyggt trävirke har följande lösningar prövats:

- Värmeisolering av bjälklagets undersida.
- Lokal uppvärmning av syllen med värmekabel.
- Direkt värmning av grunder för att eliminera kritiska perioder.
- Tät blindbotten av plåt.

Åtgärder att förbättra klimatet i kalla uteluftsventilerade krypgrunder har aktualiserats mera nu än tidigare eftersom klimatet i krypgrunden blivit svalare i och med att värmeisoleringsgraden i bjälklaget har ökat. Krypgrunden som konstruktion har därför mindre säkerhetsmarginal än tidigare samtidigt som den fortfarande har stor användning som konstruktion i en stor del av småhusproduktionen.

SYFTE

Denna studie syftar till att få fram underlag för att kunna bedöma effekt och kostnad för uppvärmning av grunder för att göra dessa fuktsäkrare. Åtgärderna skall dels kunna sättas in i skadeavhjälpande syfte, permanent eller under utredningstiden, eller som en åtgärd ingående i husets permanenta grundläggningssystem.

Värmningen kan tänkas bli styrd på olika sätt:

- Manuellt.
- Av tiden till datum, tid på dygnet o s v.
- Av behovet till perioder med hög luftfuktighet.

Metodens effekt kan erhållas genom simuleringar/beräkningar med redan kända modeller. Dessa resultat kan sedan prövas i befintliga hus för att verifiera att modellerna gäller även i dessa fall. Vid verifieringen erhålls också en test av olika tänkbara apparater och olika styrsystem. Efter tester i full skala kan kostnaderna för åtgärderna bedömas och åtgärden vägas mot andra sätt att göra krypgrunden till en fuktsäker konstruktion.

KLIMATET I KALLA UTELUFTSVENTILERADE KRYPRUM

Bestämningar av klimatet i kryprum har gjorts av många forskare genom åren. Mätningar i äldre krypgrunder med svag värmeisolering saknar idag intresse eftersom dessa grunder generellt är varmare än grunder till nya hus med bättre värmeisolering. Särskilt intressant idag är mätningar av klimatet i hus med mycket god värmeisolering. Sådana hus anses innebära särskilt hårda klimatkrav för materialet i krypgrunden.

Temperaturer

Som underlag för analys av klimatet i kryprum har därför två försökshus i Skultorp studerats. Studierna av energi o s v i dessa försökshus finns beskrivna i rapport 1985:42 från Statens Provningsanstalt. Det ena provhuset var byggt enligt ELAK-normen och hade 200 mm mineralullsisoering i bottenbjälklaget (k-värde = 0,20 W/m^2 °C). Det andra provhuset, kallat EXTREM, hade 400 mm mineralullsisolering i bottenbjälklaget (k-värde = 0,10 W/m^2 °C). Beskrivning av husen i övrigt framgår av SP-rapporten.

Genom författarnas tillmötesgående har mätningarna av klimatet i krypgrunden, på vinden och utomhus ställts till vårt förfogande. Dessa mätningar har sedan bearbetats och analyserats med syfte att utröna möjligheterna till uppvärmning av grunderna. Exempel på uppmätta temperaturer för hus ELAK under vecka 17 framgår av figur 1. Temperaturen på vinden svänger i ett intervall på ca 10 °C med ett medelvärde på 9,2 °C, medan temperaturen i grunden är i det närmaste konstant med ett medelvärde på 7,1 °C.

Mätningarna av klimatet omfattar ett år från mars 1983 till februari 1984. De utgör ett utmärkt material för analys av kryprumsklimat.

Dessa uppmätta temperaturer kan sedan användas för att räkna fram fuktförhållanden. Klimatuppgifter har hämtats från Skara, den närmast belägna meteorologiska stationen. Jämförelser av uppmätta utomhustemperaturer i Skultorp och Skara visar att klimaten är mycket lika. Klimatuppgifterna för Skara har veckovis räknats om till de temperaturer som uppmätts i provhusen. För krypgrunderna har därvid antagits att marken eller konstruktionerna i grunden inte avger eller upptar fukt utan att klimatet helt bestäms av temperaturändringen på ventilationsluften. Detta innebär att verkliga fuktförhållandena kan vara underskattade i det att effekten av eventuell avdunstning från mark och grundmur inte medtagits.

Temperaturen utomhus framgår av figur 2. Den blir intressant när den jämförs med temperaturen i grunden eller på vinden.

Temperaturen på vinden har tagits fram för hus EXTREM, se figur 3. Den är under sommarhalvåret högre än temperaturen utomhus, men inte så hög som väntat. Man skall då komma ihåg att det är fråga om veckomedeltemperaturer. Under dagtid, särskilt dagar med stark instrålning, kan temperaturen stiga upp mot ca 40 °C, se figur 4.

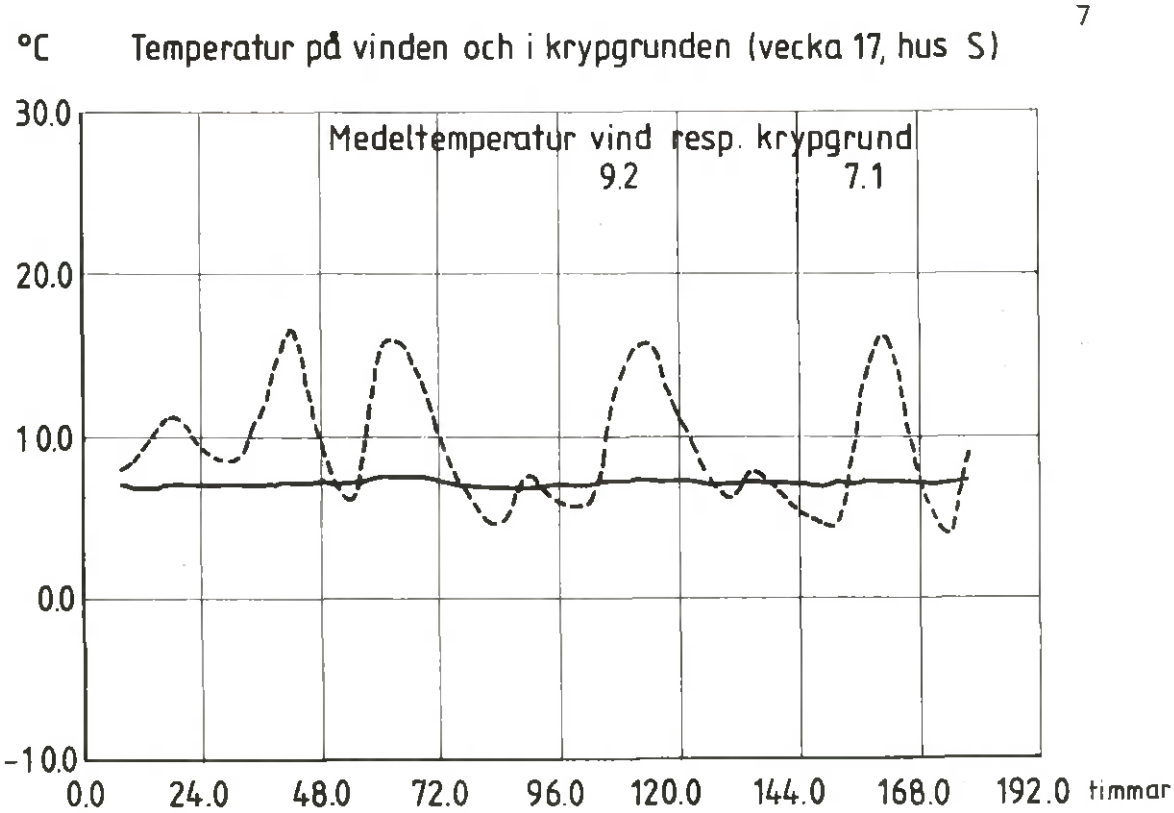
Temperaturen i krypgrunden för båda husen framgår av figur 5 och 6. Dessa kurvor är som framgår mycket stabila med en begränsad svängning över året. I ELAK-huset varierar temperaturen mellan 5 och 13 °C, medeltemperatur = 8,3 °C, och i EXTREM-huset mellan 4 och 11 °C, medeltemperatur = 7,4 °C. Variationerna över dygnet är små. Man kan redan av dessa temperaturmätning-

ar se att krypgrunden blir svalare ju bättre värmeisolering bottenbjälklaget har. Skillnaderna kan tyckas vara små, men å andra sidan skall varje grads skillnad ses som en ändring av den relativa fuktigheten med ca 5 %. EXTREM-husets grund torde därför redan på detta underlag kunna förutsägas vara 5 à 10 % fuktigare än ELAK-husets.

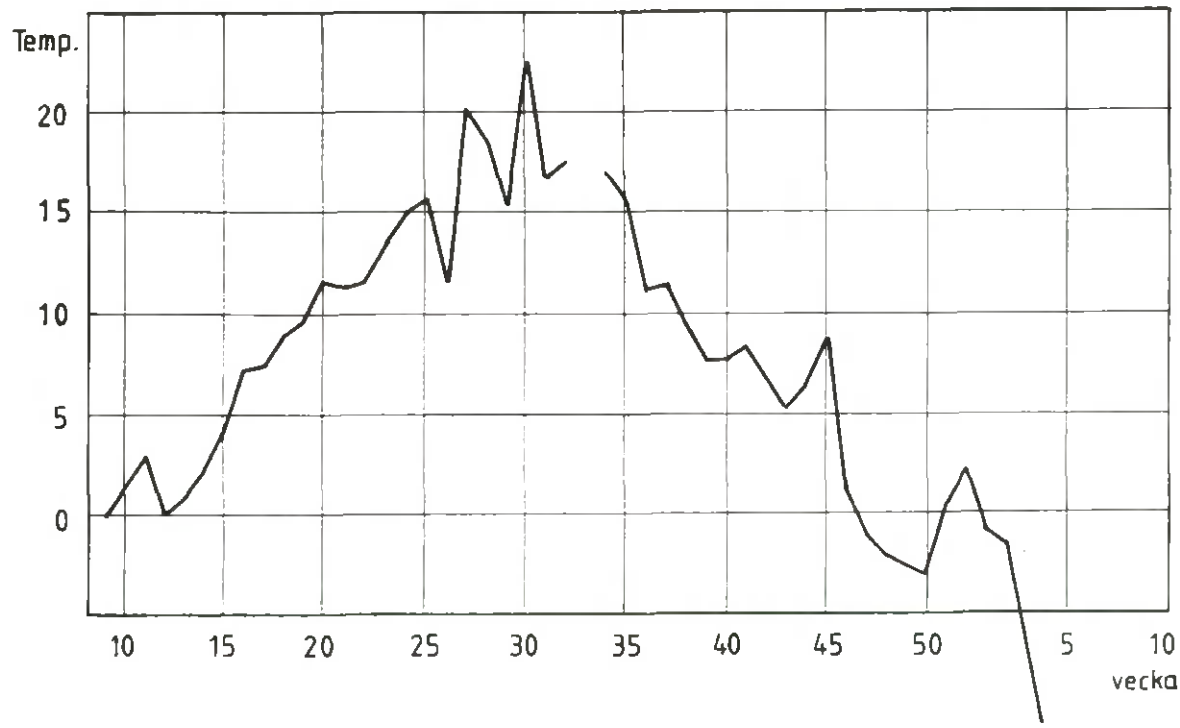
Jämförs temperaturerna i grunden och utomhus framgår det att det är varmare utomhus än i grunden från vecka 15 t o m 36 i ELAK-huset och från vecka 15 t o m 37 i EXTREM-huset, d v s under i stort sett samma tid.

Jämförs temperaturerna på vinden med temperaturerna i krypgrunden framgår det att det är varmare på vinden från vecka 15 t o m vecka 37 i ELAK-huset och från vecka 15 t o m vecka 38 i EXTREM-huset, d v s även där under i stort sett samma tid.

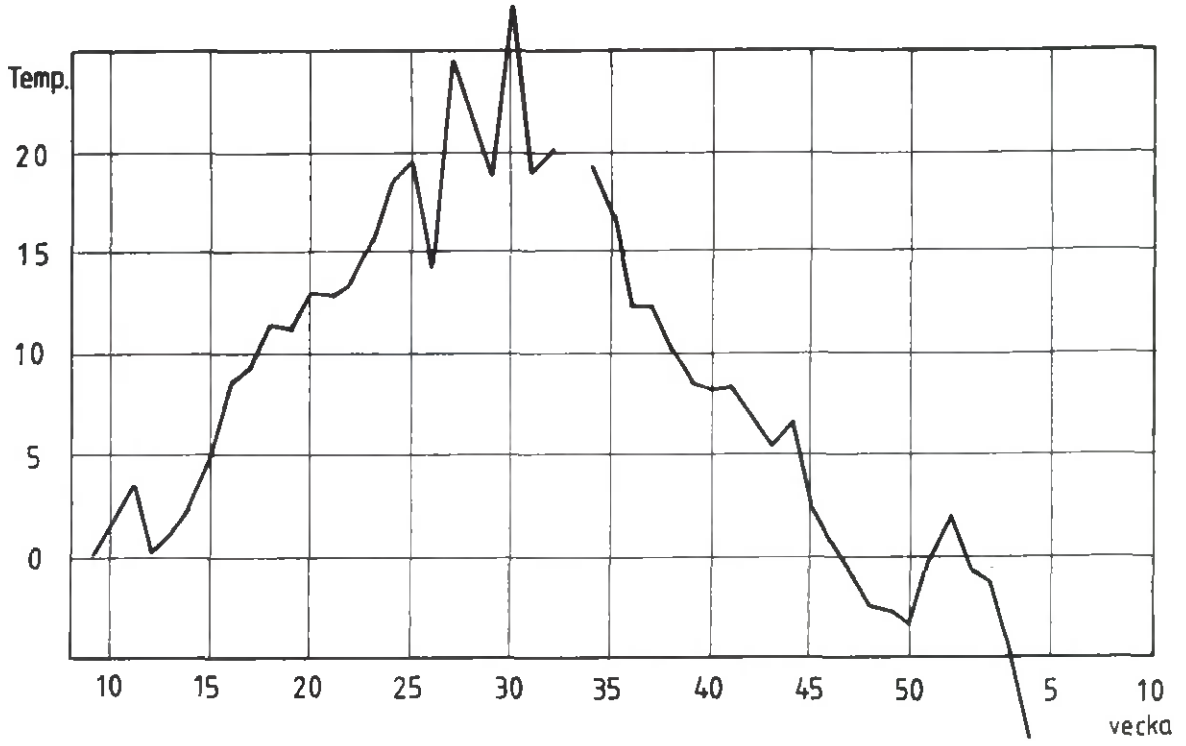
Av de senare jämförelserna framgår att om grunden skall värmas med luft från vinden eller luft utifrån, så skiljer sig tiderna inte särskilt mycket åt. Man kan också se att som veckomedelvärden ger luft från vinden maximalt ca 4 °C högre temperatur än om man tar luft utifrån. Största skillnaden inträffar i juni/juli. Under den mest angelägna perioden, våren, är temperaturen på vinden ca 2 °C högre än utomhus som veckomedeltal. Under dagtid kan temperaturen på vinden vara ca 10 °C högre på vinden än utomhus. Nattetid kan temperaturen på vinden sjunka under temperaturen utomhus, ja t o m under temperaturen i grunden. Dessa iakttagelser måste beaktas när man överväger att höja temperaturen i grunden genom att genom ökad luftomsättning ta luft utifrån eller från vinden.



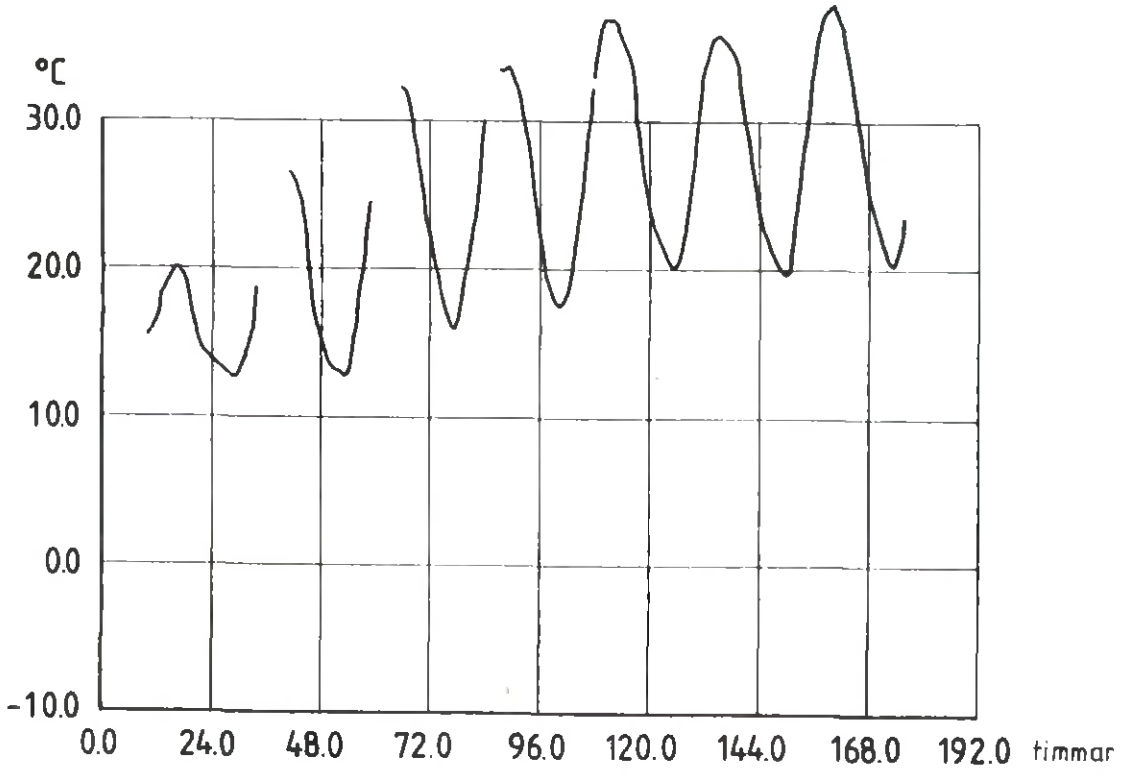
Figur 1. Exempel på uppmätta temperaturer på vind respektive krypgrund i ELAK-huset, Skultorp. Mätningarna utförda av Statens Provningsanstalt. Temperaturen på vinden svänger i intervall på ca 10 °C med ett medelvärde på 9,2 °C, se den streckade kurvan. Temperaturen i grunden är i det närmaste konstant med ett medelvärde på 7,1 °C, se heldragna kurvan.



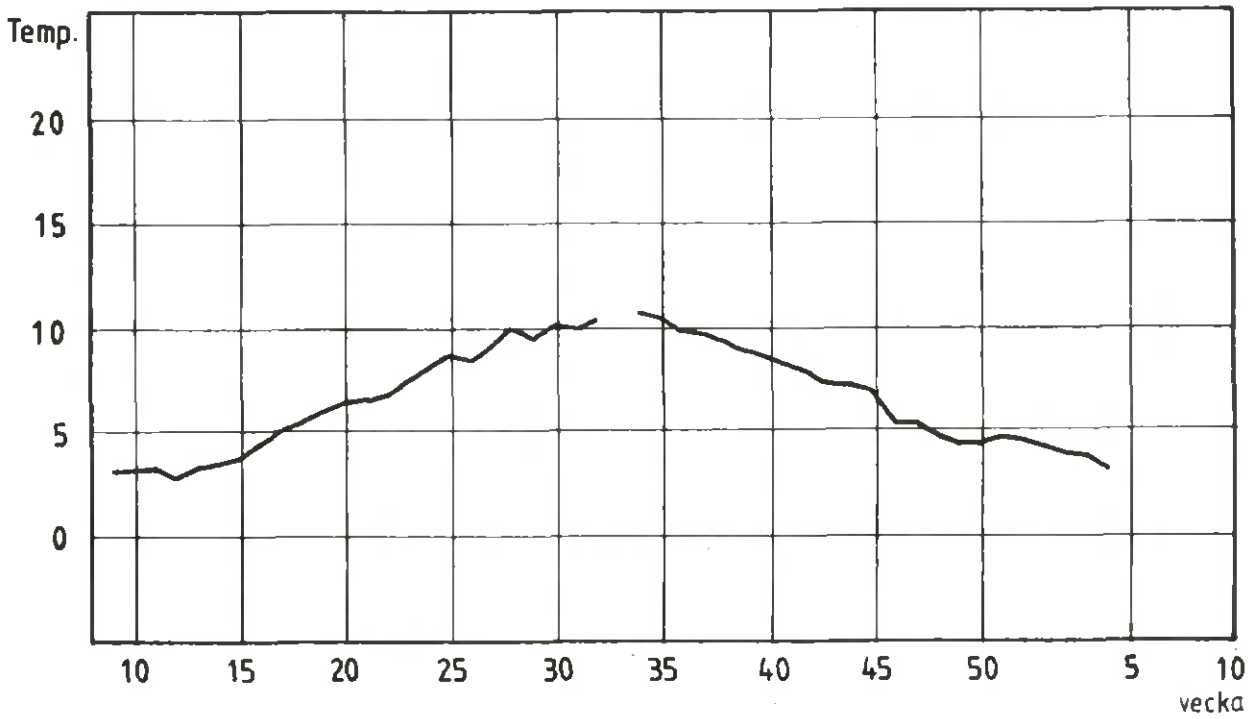
Figur 2. Temperaturen utomhus under försöksperioden, angiven som veckonummer.



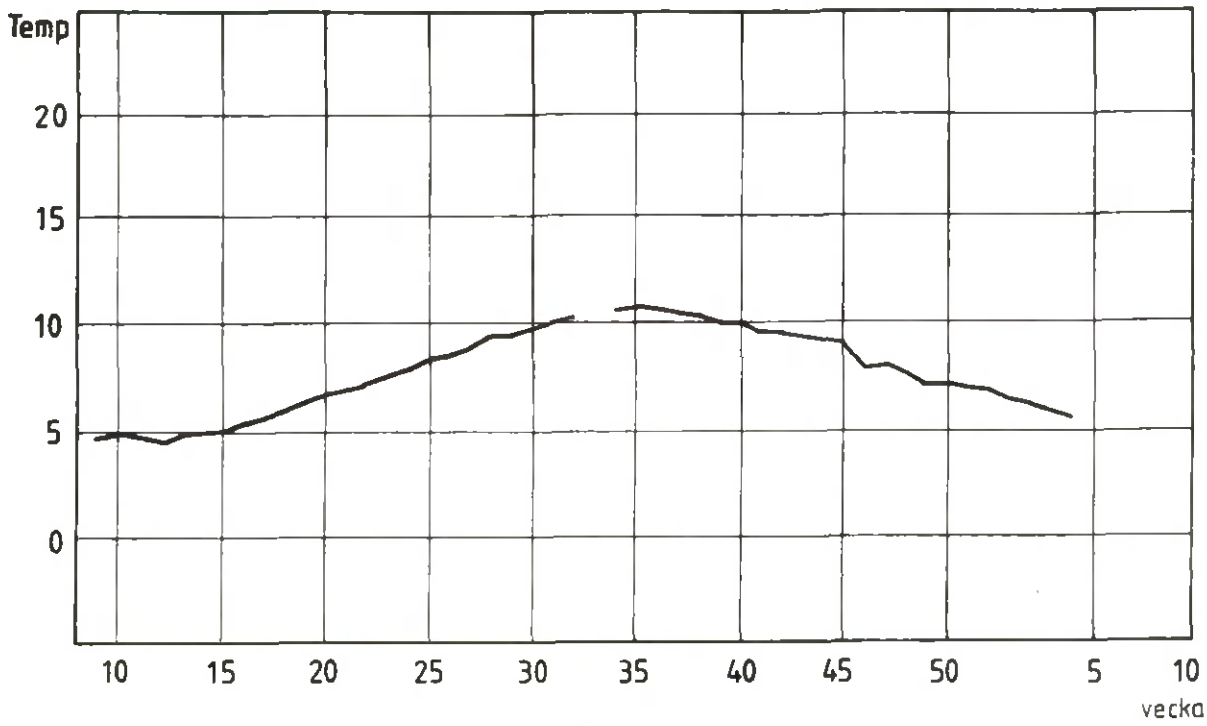
Figur 3. Temperaturen på vinden i EXTREM-huset under försöksperioden.



Figur 4. Temperaturen på vinden i EXTREM-huset under vecka 27, d v s början av juli.



Figur 5. Temperaturen i krypgrunden i ELAK-huset under försöksperioden.



Figur 6. Temperaturen i krypgrunden i EXTREM-huset under försöksperioden.

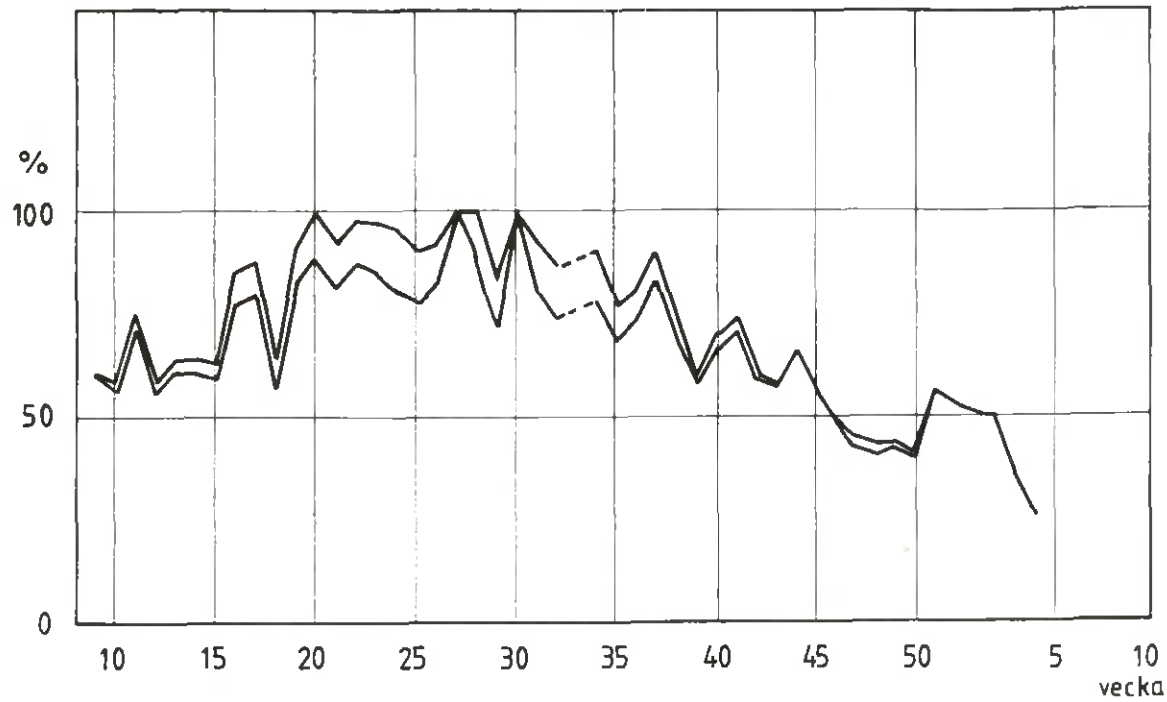
Fuktförhållanden

Från den meteorologiska stationen i Skara har uppgifter om luftens relativa fuktighet och temperatur tagits fram och räknats om till de temperaturer som råder i försökshusen. Denna omräkning förutsätter att det inte sker något annat fukttillskott i exempelvis krypgrunden, avdunstning från marken, eller i vindsutrymmen, fuktkonvektion från bostaden. De framräknade fuktförhållandena måste alltså ses som de lägsta möjliga. För krypgrunderna i de två försökshusen erhålls fuktförhållanden enligt figur 7. Man kan där se att EXTREM-husets grund är fuktigare under nästan hela säsongen, vissa perioder med upp till 15 % högre relativ fuktighet. Det är endast under senhösten som ELAK-huset har en något högre relativ fuktighet, maximalt 3 %.

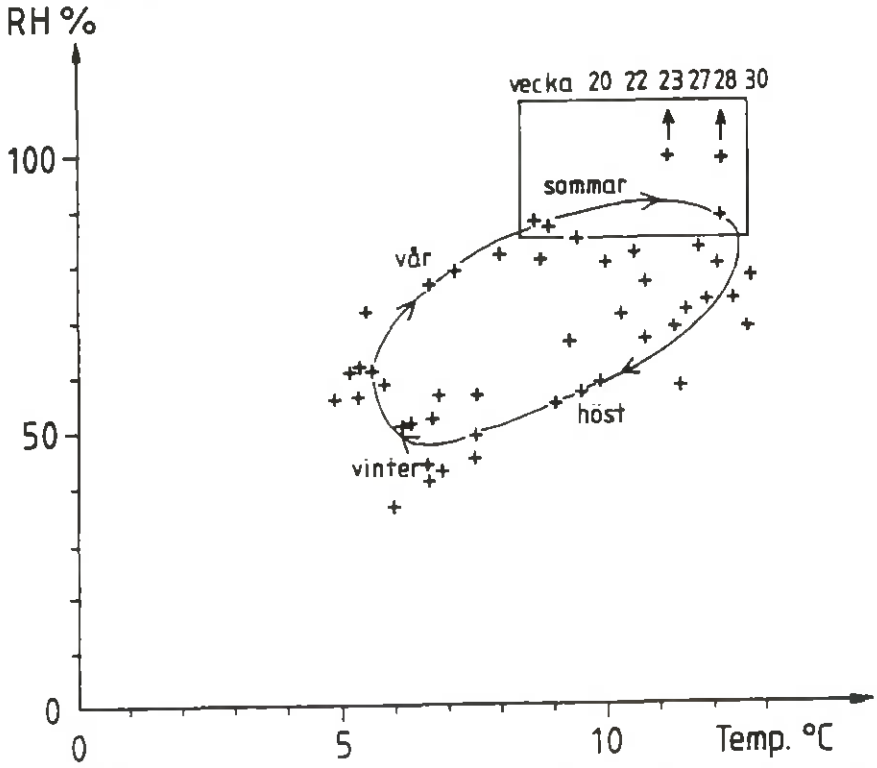
Fuktförhållandena har varit sådana att kondens bör har förekommit under vissa perioder, detta räknat även på veckomedelvärden. I ELAK-huset under två veckor och i EXTREM-huset under fyra veckor.

En intressant beskrivning av fuktförhållandena i krypgrunder erhålls om relativ fuktighet och samtidig temperatur ritas in i ett diagram, se figur 8 och 9. Sådana diagram är nödvändiga för att riskerna för mikrobiella angrepp skall kunna bedömas. Man ser att fukt- och temperaturförhållandena följer ett cykliskt mönster med de högsta fukthalterna under sommaren och de lägsta på vintern. Detta gäller båda husen.

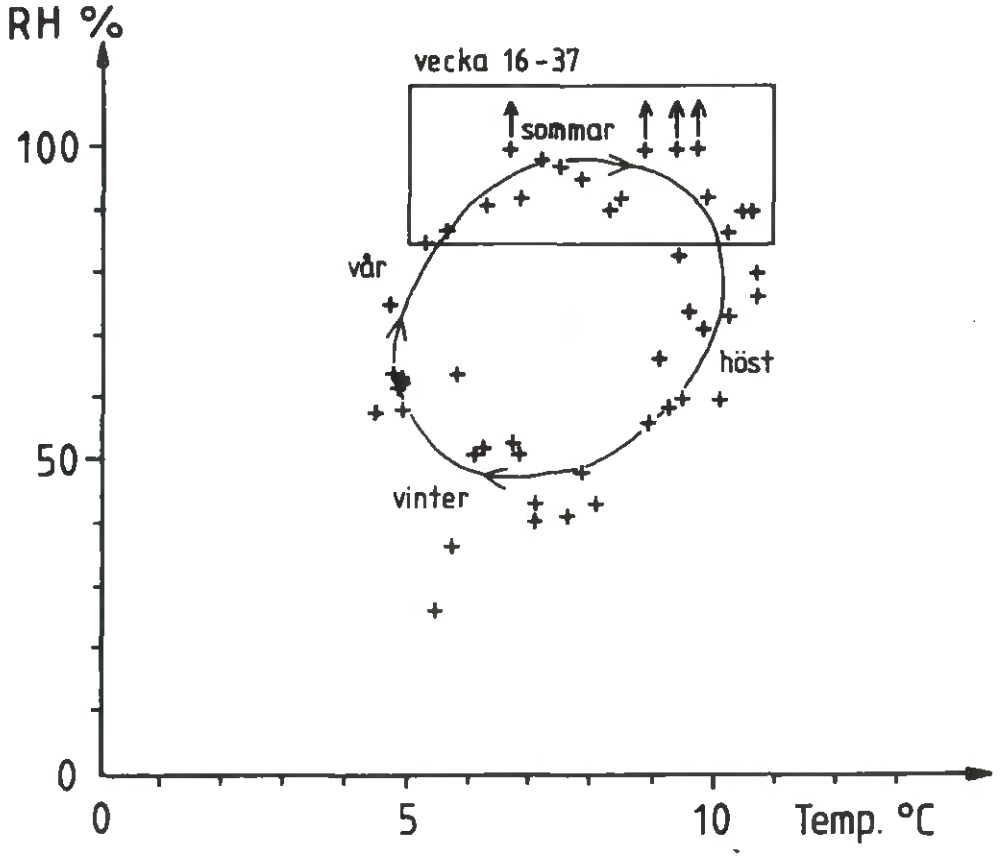
Om man utgår från att risker för mögel föreligger när den relativa fuktigheten överstiger 85 % och när temperaturen är högre än 5 à 10 °C har kritiska perioder för mögeltillväxt inträffat under 6 veckor i ELAK-huset och under 21 veckor i EXTREM-huset. I ELAK-huset är det veckorna 20, 22, 23, 27, 28 och 30, d v s de har inträffat från mitten av maj till början av augusti. I EXTREM-huset är det perioden vecka 16 till vecka 37, d v s mitten av april till mitten av september.



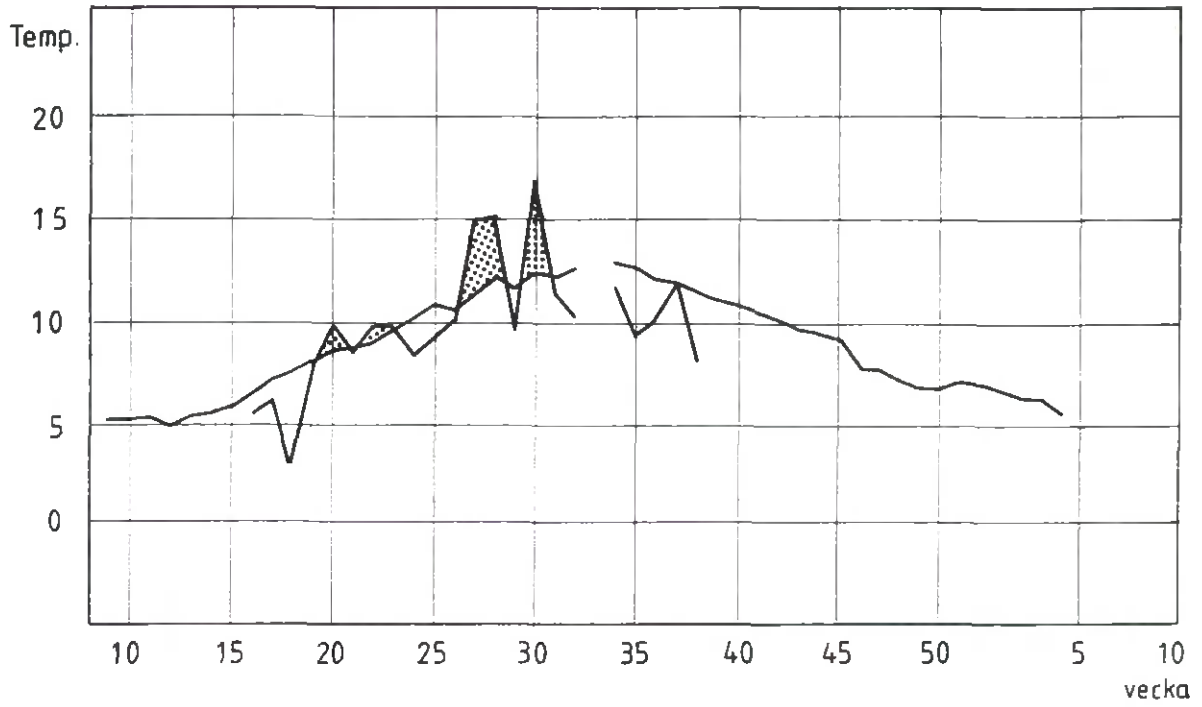
Figur 7. Relativa fuktigheten i kryprummen. Den övre kurvan avser EXTREM-huset och den undre ELAK-huset. Kurvorna har beräknats med hjälp av uppmätta temperaturer och meteorologiska data från SMHI Skara.



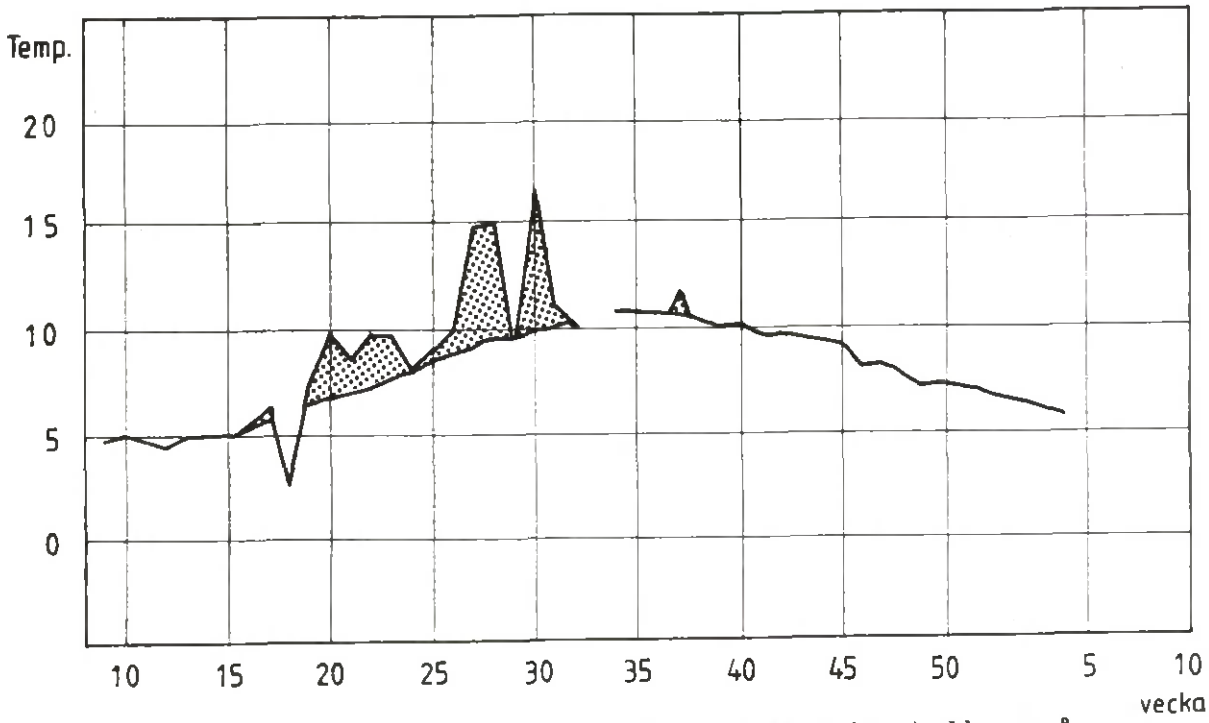
Figur 8. Relativ luftfuktighet och samtidig lufttemperatur i krypgrunden i ELAK-huset. Under sex sommarveckor är den relativa fuktigheten högre än 85 %. Temperaturen är samtidigt sådan att mikrobiell verksamhet är möjlig.



Figur 9. Relativ luftfuktighet och samtidig lufttemperatur i krypgrunden i EXTREM-huset. Under perioden mitten av april till mitten av september är den relativa fuktigheten högre än 85 %. Temperaturen är samtidigt sådan att mikrobiell verksamhet är möjlig.



Figur 10. Behovet av temperaturhöjning för att 85 % RF inte skall uppnås. ELAK-huset.



Figur 11. Behovet av temperaturhöjning för att 85 % RF inte skall uppnås. EXTREM-huset.

BEHOV AV TEMPERATURHÖJNING

Fuktförhållandena i grunderna förbättras om temperaturen kan höjas så att 85 % relativ fuktighet inte uppstår. Beräkningar bygger liksom tidigare på att något fukttillskott från marken inte finns.

I ELAK-huset erhålls genom en sådan beräkning figur 10 och för EXTREM-huset figur 11. I ELAK-huset är behovet av temperaturhöjning ca 2 °C under de kritiska vårveckorna och maximalt 5 °C under de kritiska sommarveckorna. I EXTREM-huset är behovet av temperaturhöjning ca 3 °C på våren, maximalt 7 °C på sommaren. Det mest välisolerade huset kräver alltså större värmetillskott för att det skall få begränsad risk för utveckling av mögel.

Effektbehovets storlek kan uppskattas som den effekt som behövs för att värma den luft som lämnar grunden i uppvärmt tillstånd. För EXTREM-huset ger ett sådant ingreppssätt ca 100 W effektbehov. Klimatförbättringen motsvarar 5.400 °Ch.

För mera exakta bestämningar krävs datorsimuleringar. Sådana har utförts av Carl-Eric Hagentoft för ELAK-huset. Beräkningar har utförts enligt Hagentofts modell och framtaget PC-program.

Beräkningsförutsättningar

Det studerade huset överensstämmer i huvudsak med det s k ELAK-huset som finns beskrivet i (1). Husets bredd B är 8,56 m, dess längd L är 12,8 m. Höjden H i kryprummet är 0,6 m. Ett lika tjockt jordskikt, H_1, utanför kryprummet verkar isolerande. Bjälklagets U-värde är 0,2 W/m^{2}K. Socklarnas U-värde antages vara 0,8 W/m^{2}K. Marken är i grundfallet oisolerad, alternativt täcks den av 0,05 m mineralull. Huset är beläget i Skara. Medelutetemperaturen T_0 är 7,5 °C och säsongssvängningens amplitud T_1 är 9,5 °C.

Marken antages bestå av lera med en värmeledningsförmåga lika med 1,4 W/mK.

Grundfall med ökande luftomsättning. Resultaten framgår av nedanstående tabell.

Den beräknade temperaturen (2-3) för fallet med oisolerad mark är:

TABELL 1. Medeltemperatur, amplitud och tidsförskjutning av kryprummets temperatur som funktion av luftomsättningen för fallet oisolerad mark.

n (1/h)	T_c^s (°C)	T_c^p (°C)	Tidsförskjutning (dagar)
1	9,4	4,6	22
2	9,1	5,3	18
5	8,6	6,5	11
10	8,2	7,5	7

Beräkningarna visar att när ventilationen ökas så sjunker medeltemperaturen samtidigt som amplituden ökar. Tidsförskjutningen minskar också, så att temperaturen i grunden snabbare kommer att anpassa sig till utomhusförhållandena. Kraftigare ventilation från n = 1 till n = 10 höjer högsta temperaturen i grunden från 14,0 °C till 15,7 °C och detta maximum inträffar ca 15 dagar tidigare. Den lägsta temperaturen sänks å andra sidan från 4,8 °C till 0,7 °C. Under mätåret har temperaturen svängt från 5 till 13 °C. Ventilationen i det verkliga fallet skulle alltså kunna skattas vara av storleksordningen 1 omsättning per timme.

Isolering av marken med 0,05 m mineralull ändrar temperaturen som framgår av nedanstående tabell.

För kryprummet med isolerad mark erhålles:

TABELL 2. Medeltemperatur, amplitud och tidsförskjutning av kryprummets temperatur som funktion av luftomsättningen för fallet isolerad mark (d_i = 0,05 m).

n (1/h)	T_c^s (°C)	T_c^p (°C)	Tidsförskjutning (dagar)
1	10,1	4,8	13
2	9,5	5,6	9
5	8,8	7,0	5
10	8,3	7,9	3

Beräkningarna visar att markisoleringen höjer medeltemperaturen något, särskilt vid låga luftomsättningar. Amplituden förändras endast marginellt. Tidsförskjutningen förkortas, halveras. Vid n = 1 skulle temperaturen svänga mellan 5,3 och 14,9 °C. Klimatförbättringen skulle kunna värderas till ca 10 % lägre RF p g a höjd temperatur.

Effekten av extra effekttillskott har beräknats. Tillskottet får full effekt efter ca 3 veckor. Beräkningarna har genomförts för 100 W. En ökning till 200 W fördubblar temperaturökningen.

TABELL 3. Temperaturhöjningen orsakad av en effekttillförsel på 100 W för fallet oisolerad mark (d_i = 0 m).

n (1/h)	T_c^s (°C)
1	0,80
2	0,68
5	0,46
10	0,30

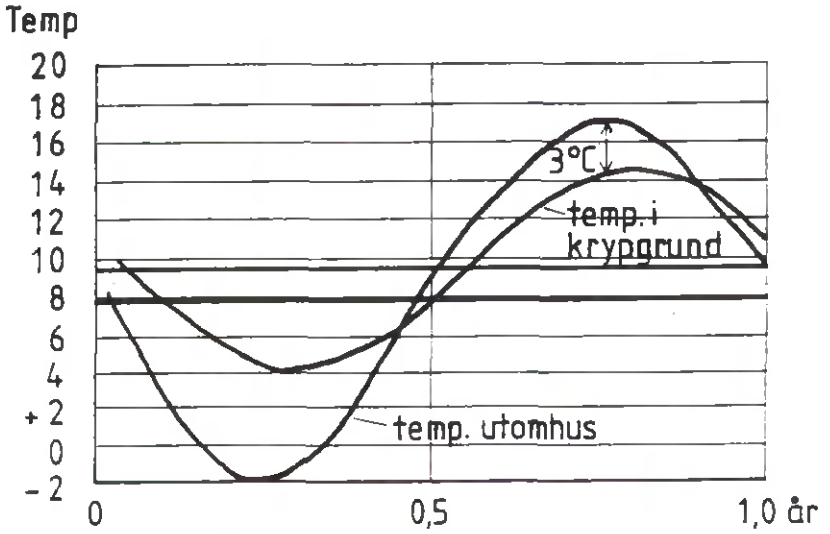
TABELL 4. Temperaturhöjningen orsakad av en effekttillförsel på 100 W för fallet isolerad mark (d_i = 0,05 m).

n (1/h)	T_c^s (°C)
1	0,80
2	0,68
5	0,46
10	0,30

Beräkningarna visar att effekten av extra uppvärmning minskar om grunden har kraftig luftomsättning. Effekten av extra uppvärmning blir inte särskilt mycket bättre om marken isoleras, vilket förvånar något. Man kan värdera uppvärmning av grunden som en förbättring av klimatet motsvarande 10 % RF per 100 W.

Om man med uppvärmning skall åstadkomma en temperatur i grunden som är densamma som temperaturen utomhus så krävs ca 440 W effekttillskott om luftomsättningen i grunden sätts till n = 2. Uppvärmningen har då höjt medeltemperaturen i grunden med 3 °C. Temperaturförhållandena framgår av figur 11.

Figur 11 visar temperaturen i utomhusluften och i kryprummet för fallet n = 2 1/h, d_i = 0 m.



Figur 12. Utomhustemperatur och temperatur i kryprummen för fallet n = 2 1/h, d_i = 0 m.

PRAKTISK UTFORMNING AV UPPVÄRMNINGSANORDNINGAR

Olika metoder

Att värma en krypgrund kan enklast ske med elektriska radiatorer. Effekterna är enligt beräkningarna små, mindre än 500 W. Utöver små radiatorer kan även vanliga glödlampor tänkas bli använda. I ett pilotfall har lampor prövats. (De visade sig ha den fördelen att man nattetid kunde kontrollera att uppvärmningen var tillslagen, eftersom det lyste genom ventilerna).

Värmekällan bör kombineras med en fläkt så att tillförd värme sprids över hela grunden. Är grunden delad genom hjärtväggar måste flera radiatorer installeras.

Som ett alternativ till radiatorer skulle luft från vinden med fläkt kunna blåsas ner i grunden. Även luft från en fasad eller under ett taksprång kan tänkas ge visst temperaturtillskott. Luft från en nivå någon meter över marken har visat sig vara torrare än luft i marknivå. Är den dessutom värmd av instrålning så är den ännu bättre som tilluft.

Ett sätt att värma grunden skulle kunna vara att i stället för en värmeisolerad sockel mot söder ha en enkel plåtsockel som är svartmålad på utsidan för att ta upp maximal solinstrålning. Effekten av den försämrade sockelisoleringen framgår av nedanstående tabell. Försämringarna är marginella.

TABELL 5. Medeltemperatur, amplitud och tidsförskjutning av kryprummets temperatur som funktion av luftomsättningen för fallet oisolerad mark och en plåtsockel.

n (1/h)	T_c^s (°C)	T_c^p (°C)	Tidsförskjutning (dagar)
1	9,2	5,0	19
2	8,9	5,6	16
5	8,5	6,7	11
10	8,2	7,6	7

Solinstrålningen antas motsvara en höjning av plåtens temperatur till 50 °C under fyra timmar varje dag. I medeltal motsvarar detta ett nettotillskott på 250 W. Resulterande temperaturhöjningar framgår av nedanstående tabell. Hänsyn har inte tagits till utstrålningen från plåten.

TABELL 6. Temperaturhöjningen orsakad av solinstrålning för fallet oisolerad mark (d_i = 0 m).

n (1/h)	T_c^s (°C)
1	1,8
2	1,6
5	1,1
10	0,7

En sådan sockel, om den fungerar som beräknat, skulle förbättra klimatet i krypgrunden med ca 15 % RF.

Styrning

Styrning av uppvärmningen kan ske på olika sätt, manuellt, med tiden eller efter behovet.

Manuell styrning skulle kunna ske så att husägaren slår till en brytare när han fått signal via en sensor om att fuktförhållandena i grunden överskridit kritiska värden. Metoden har sina nackdelar, att man glömmer t ex, men också svårigheten att få fram stabila sensorer.

Manuell styrning skulle också kunna ske efter almanackan så att värmen står på från våren till hösten. Risken för glömska ger ökade kostnader.

Styrning via klocka är möjlig att sköta med årsur, som i förväg programmeras så att det slår till under i förväg beräknade kritiska perioder.

Klocka skulle med fördel kunna styra tilluftfläktar som tar luft från exempelvis vinden och blåser ner den i grunden. En sådan fläkt bör styras till att fungera endast under dagtid. Som alternativ till klocka skulle även dagsljusrelä kunna fungera.

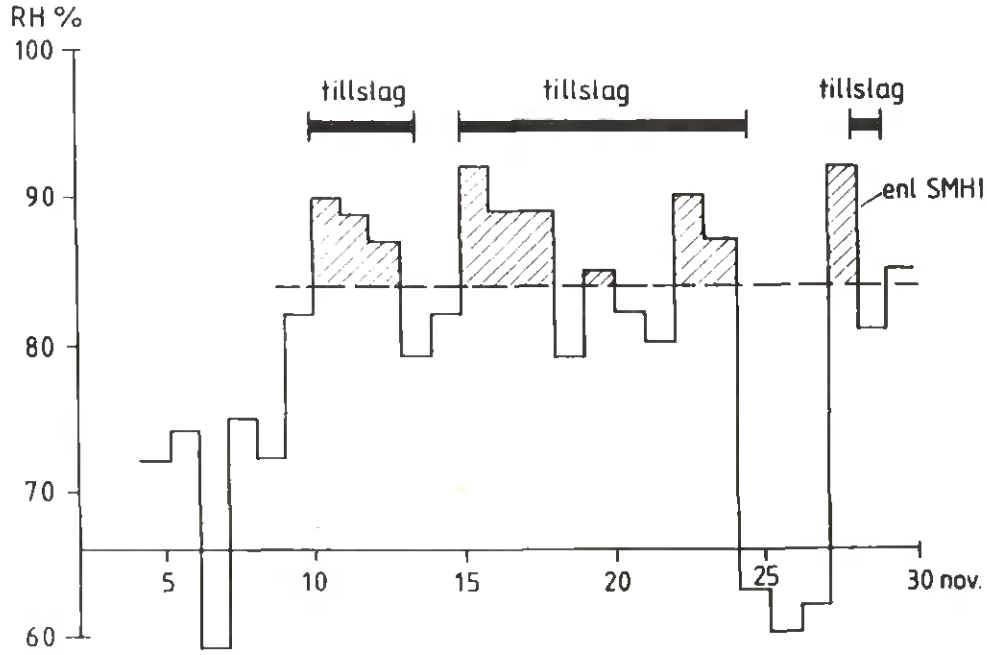
Att styra efter behovet kan ske på olika sätt. Det enklaste kan vara att styra med hjälp av temperaturen så att när temperaturen i grunden är lägre än utomhustemperaturen så startas en fläkt som blåser in luft som är tillräcklig varm, exempelvis från vinden.

Det riktiga vore att styra direkt efter den relativa fuktigheten. För detta ändamål har två apparater prövats, en kommersiell och en egenhändigt utvecklad. Båda bygger på ungefär samma princip, att trä sväller/krymper med den relativa fuktigheten. Den uppkomna rörelsen får sedan påverka en mikrobrytare som kan styra en fläkt eller värmare och fläkt.

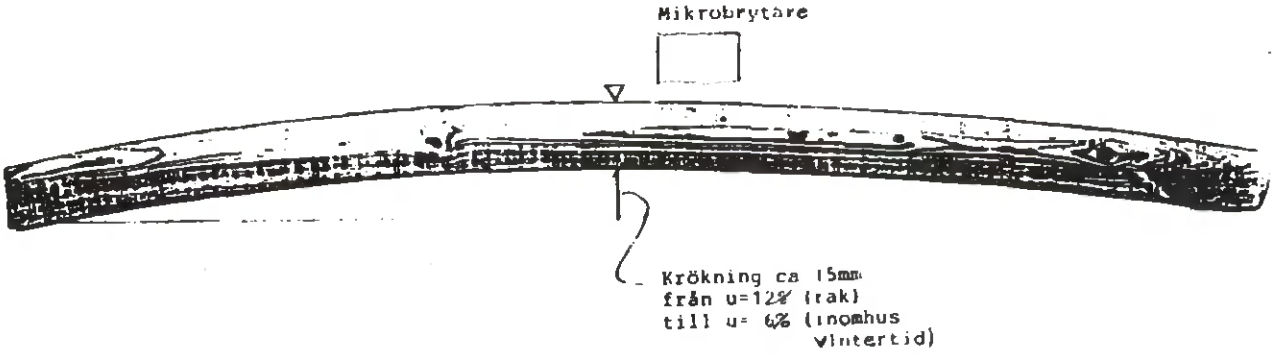
Två apparater testade

En känselkropp med tryckved har prövats. Känselkroppen gjordes i form av en balk med 20 mm höjd och 2 mm tjocklek, 350 mm lång. Tvärsnittets halva höjd upptas av tryckved och den andra halvan av normalved. Känselkroppen har tillverkats av en grangren. Balken kommer att böja sig ca 20 mm till följd av fuktändringar i området 6-25 % fuktkvot. Den är så stark att den förmår slå till en vanlig mikrobrytare.

Tjockleken har prövats fram för att känselkroppen skulle få en lämplig tidskonstant och ett ändå inte för vekt tvärsnitt. Dess reaktion i utomhusklimat i november månad har följts, se figur 13. Utformningen framgår av figur 14.

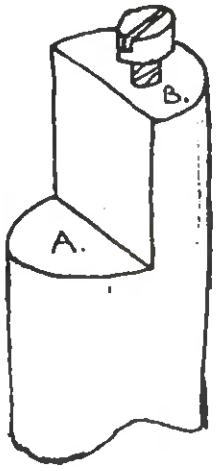


Figur 13. Relativa luftfuktigheten utomhus under en novembermånad och de tillslag som känselkroppen av tryckved gjorde. Anordningen reagerar tämligen snabbt för perioder under 85 % RF. Tillfälliga korta torra perioder ger inget utslag.



Figur 14. Känselkropp för styrning enligt den relativa fuktigheten. Känselkroppen är en balk framställd av tryckved från en grangren. Det mörka partiet i balkens underkant är tryckved som reagerar starkare på ändringar i fuktkvoten än normalved, den ljusare veden i överkanten.
Balken kröker sig mer än 30 mm från 6 till 30 % fuktkvot.

I den kommersiellt prövade apparaten, en evakueringsfläkt för badrum av märket FRESH, styrs tillslaget av ett membran av tunt bokfaner klistrat mot en metallfolie. Denna fläkt är byggd för att slå till vid ca 55 eller 75 % RF, vilket är för låga nivåer för krypgrunder. En mindre ombyggnad måste därför göras. Enklast sker denna genom att en tapp förlängs ca 1 mm, se figur 15. Förlängningen görs med fördel genom att en skruv gängas in i tappen. Utslaget kan då justeras genom att skruven vrids. Denna fläkt har prövats i en grund tillsammans med en värmekälla i form av en 100 W lampa. Vid intrimningen av en sådan fläkt för en krypgrund måste man beakta att känselkroppen är temperaturkänslig eftersom den består av en kombination metall-trä.



Figur 15. Ombyggnad av RF-styrd evakueringsfläkt av märket Fresh. Starkt uppförstorad detalj.

I normalutförandet finns en styrpinne med avtrappad ände. När mikrobrytaren ligger an mot den nedre avtrappningsnivån, A, reagerar fläkten vid ca 55 % RF, ligger den an mot den övre nivån, B, reagerar den på 75 % RF.

Vid ombyggnaden förlängs den övre tappen med en skruv som borras in i tappänden. När skruvhuvudet skruvas ut ca 1 mm från tappänden kan mikrobrytaren fås att reagera på ca 85 % RF.

En viss justering kan behövas eftersom membranet består av faner limmat på en metallfolie. Detta gör känselkroppen temperaturkänslig. Den är från början intrimmad för + 20 °C.

PRAKTISK UTPROVNING AV RF-STYRD UPPVÄRMNINGSANORDNING

För att i praktiken pröva en RF-styrd uppvärmningsanordning placerades en sådan i en krypgrund till ett Älvsbyhus uppfört 1986 och isolerat enligt ELAK. Huset är uppfört i Stockholmstrakten, 1 1/2-plans med ca 135 m^2 boyta.

Bottenbjälklaget har 200 mm värmeisolering och blindbotten av board. Marken i krypgrunden är täckt med plastfolie, men saknar markisolering. Ventilationen är av gängse uteluftstyp med sammanlagt 6 gallerventiler med ca 150 cm^2 yta jämnt fördelade, så att genomluftningen skall kunna anses vara väl tillgodosedd.

Som uppvärmningsanordning togs en prototyp fram. Den består av en ombyggd FRESH-fläkt och en 100 W lampa. Fläkten hade byggts om enligt tidigare avsnitt. Lampan valdes som värmekälla dels av säkerhetsskäl, dels för att man utifrån lätt skulle kunna se om uppvärmningen var tillslagen och fungerade. Under försöket var ventilerna öppna.

Försöken genomfördes under hösten 1989 veckorna 40-50, d v s i slutet av den kritiska perioden. Fuktförhållandena i grunden följdes med en termohygrograf som placerades ca 2 m vid sidan av fläkten. Tillslag noterades varje kväll, det gick lätt att se om det lyste inne i grunden genom ventilerna.

Försöksperioden gav följande resultat:

- 100 W är för liten effekt, värmningsanordningen orkar inte sänka den relativa fuktigheten under kritiska 85 % förrän i slutet av försöksperioden.

- Styrningen fungerade, den stängde av uppvärmningen i slutet av perioden när värme inte längre behövdes.

- Synligt mögel har inte utvecklats under försöksperioden, trots att anordningen inte har räckt till.

Försöket kommer att fortsätta av enskilt intresse även under nästa säsong, då med ökad effekt på värmaren men med samma styrenhet.

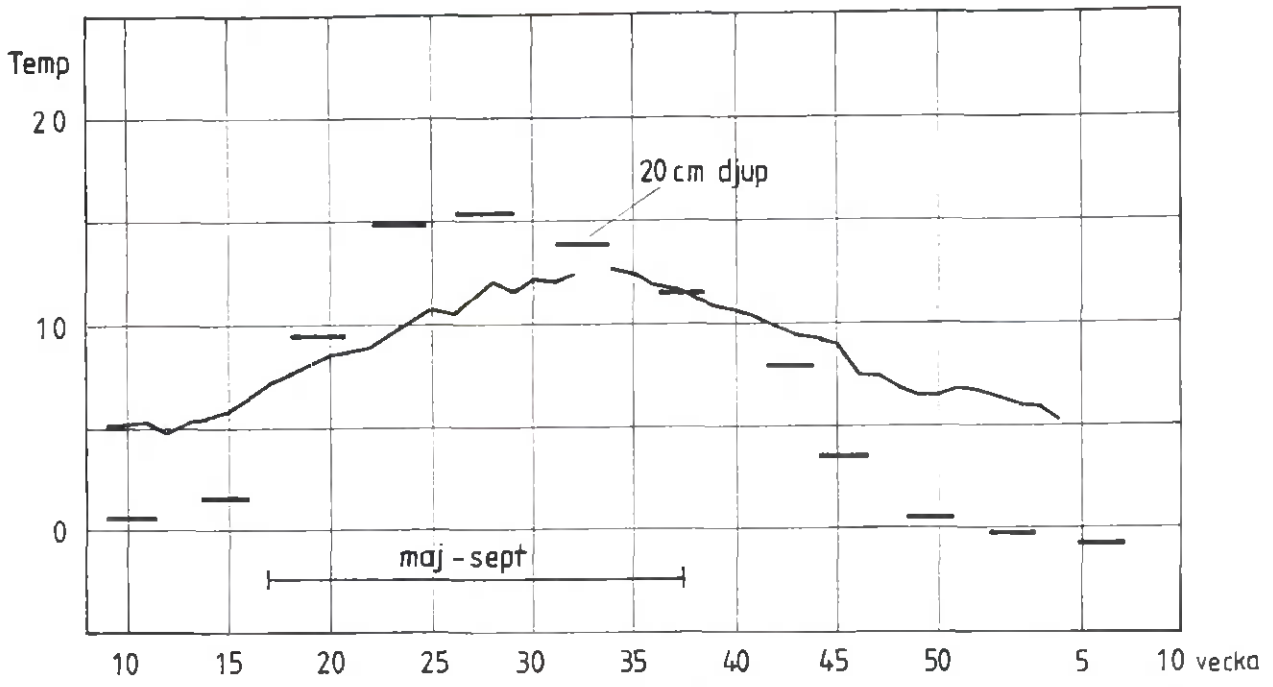
UPPVÄRMNING UNDER BYGGTIDEN

Att värma upp krypgrunden under byggtiden kan vara ett säkert sätt att minska fuktriskerna under de första åren. Många skador i krypgrunder har inte gått att förklara. Till synes likadana hus har fungerat olika, det ena med skador, det andra utan. Fenomenet har ibland kallats "otur".

Risken för tidiga skador skulle kunna elimineras om grunden under byggnadstiden värmdes upp så att temperaturen under de första åren blir högre än senare under driftsskedet. Behovet av uppvärmning beror av tidpunkt på året för uppförandet. Sommarproduktion skulle enligt denna hypotes vara mindre riskabel än vinterproduktion. Uppvärmning skulle alltså vara mest aktuell under vinterhalvåret. Detta har också iakttagits från fältet, hus har rests på grunder som färdigställts flera veckor tidigare. Marken i grunden har varit frusen och troligen även täckt med snö. Enligt tidigare temperaturmätningar skall temperaturen i grunden i driftsskedet vid samma tidpunkt vara ca 5 °C. I en sådan grund kommer knappast temperaturen att hinna stiga fram till försommaren då den kritiska perioden börjar.

För ett hus byggt på sommaren kan förhållandena vara omvända. Temperaturen i det översta markskiktet kan variera, som framgår av figur 16. SMHI mäter jordtemperaturen på ett tiotal orter i landet och på olika djup. Om mätningar från Skara på 20 cm djup (10 års månadsmedelvärden per den 15:e i månaden) ritas in i ett diagram för temperaturen i kryprummet i ELAK-huset erhålls figur 16. Den visar att det är högre temperatur på 20 cm djup i marken utanför huset jämfört med i krypgrunden från maj-september och att det är kallare under den övriga delen av året. Hus byggda under maj-september skulle kunna anses ha fått en gynnsam start medan hus byggda under andra delar av året har behov av tillskottsvärme under byggnadstiden.

Uppvärmningen skulle kunna ske så snart grundmurarna är klara fram till leverans av huset. Grunden kan täckas med presenningar och varmluft blåsas in under. Värmningen kan då avbrytas vid leverans om marken fått tillräcklig uppvärmning, ca 5-7 °C.



Figur 16. Temperaturen i krypgrunden i ELAK-huset (heldragna kurvan) och jordtemperaturen på 20 cm djup (korta horisontella strecken).

Hus byggda under maj-september kommer att bli byggda på en mark som är varmare än den kommande krypgrundstemperaturen vid samma period. De blir byggda på "förvärmd mark". Hus byggda under övriga delen av året kommer att ha lägre temperatur i marken än den kommande krypgrundstemperaturen vid samma period. Dessa hus blir byggda på "kyld mark" och kommer därför under det första året att ha kallare, och därmed fuktigare krypgrund. Hus byggda under september-maj fordrar förvärmning för att inte råka ut för onödiga fuktrisker under det första året.

Uppvärmning av krypgrunden när huset kommit på plats kan vara svårare att genomföra. Visserligen står huset ovanpå och bildar tak, men samtidigt med uppvärmningen av krypgrunden kommer fukt att avgå från marken. Denna fukt kommer att följa med luftströmmen ut genom ventilerna men också att kunna transporteras in i huset via otätheter, i varje fall tas upp av material kring kryprummet, t ex blindbotten och syllar. För att kunna värma under byggtiden bör därför marken ha ett fungerande avdunstningsskydd i form av en plastfolie inlagd innan värmen släpps på. Uppvärmningen bör pågå under relativt lång tid för att den skall tränga ner tillräckligt djupt. 4-6 veckor kan anses vara tillräckligt.

Att värma så pass länge att all tjäle har tinat måste anses vara ett minimum. Tjälad mark kräver så pass mycket värme för att tina att det för hus i driftsskedet tar lång tid att tina upp. Ett kryprum med tjäle i marken kommer att vara svalt under i varje fall första sommaren.

Värmeisoleringen av marken i krypgrunder ändrar helt förutsättningarna för uppvärmning. Metoden är starkt motiverad för vinterbyggda hus som ett alternativ till uppvärmning.

Mätvärden och väderobservationer väcker några intressanta frågor. Vilken är marktemperaturen under ett hus jämfört med marktemperaturen utanför huset?

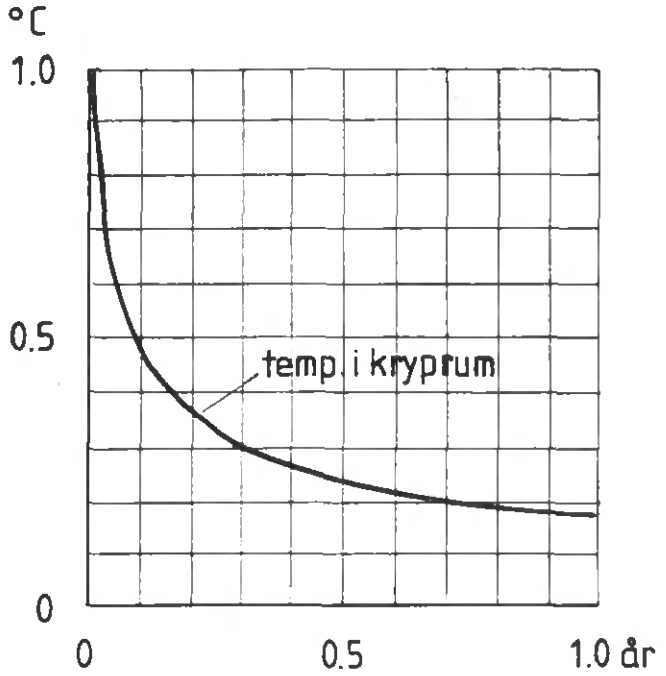
Enligt SMHIs mätningar i Skara är medeltemperaturen normalt ca 6 °C medan temperaturen i marken på 20 cm djup är 6,8 °C. Denna högre temperatur kan förklaras av snötäckets värmeisolerande effekt.

Under mätperioden har temperaturen utomhus i medeltal varit 5,9 °C, d v s i det närmaste normal. Temperaturen i ELAK-grunden har under samma period varit 8,3 °C, d v s 2,4 °C högre, och i EXTREM-huset 7,4 °C, eller 1,5 °C högre.

Av dessa siffror kan man inte sluta sig till vilken tempertur det är i marken under huset. Krypgrunden saknar i dessa hus värmeisolering på marken, d v s något som skulle motsvara snötäcket. Samtidigt hindrar huset solinstrålningen mot marken i krypgrunden varför man troligen får en lägre marktemperatur i grunden på sommaren än utanför huset. Man torde också kunna anta att temperaturen på vintern blir högre i marken under huset än utanför. Detta stöds av att frysningar av ledningar endast rapporteras vid extrema förhållanden.

Temperaturen under ett hus med krypgrund borde därför ha ungefär samma medelvärde som utanför men ha mindre amplitud. Huset är alltså till fördel på vintern (mindre tjäle) men till nackdel på sommaren (hög fuktighet).

För att få en viss uppfattning om krypgrundens värmetröghet har en beräkning gjorts i vilken marken antagits vara en grad kallare än i normalfallet. Markens värmekapacitet har antagits till 2,0 MJ/m^3K. Marken förutsättes inte vara frusen. Resultaten av beräkningarna redovisas i figur 17.



Figur 17. Samband mellan temperatursänkning i krypgrunden och den tid som går åt för att utjämna temperaturförhållandet jämfört med en grund i normalfallet. Temperaturen klingar sakta av men fortfarande efter ca 8 månader är kryprummet ca 0,2 °C kallare därför att det var 1,0 °C kallare i starten.

Det råder ren proportionalitet mellan ingående temperaturskillnad och resulterande temperaturskillnad. Om marken vid byggstart är ca 0 °C men ofrusen och den skulle ha varit 5 °C så är kryprummet i så fall 1 °C kallare än i ett normalfall efter 8 månader. 1 °C kallare grund betyder ca 5 % högre RF och därmed ökad risk för fukt- och mögelskador.

REFERENSER

Blomsterberg A och Stadler C-G: Välisolerade småhus med luftburen värme. *Utvärdering av två småhus i Skultorp. Statens Provningsanstalt Teknisk* Rapport 1985:42. Borås 1985.

Hagentoft C-E: An Analytic Model for Crawl-Space Temperatures and Heat Flows. Division of Building Technology, Lund Institute of Technology. Report TVBH-3012, Lund, Sweden 1986.

Hagentoft C-E: Uteluftventilerat kryprum. Utredning Hagentoft Konsultfirma, Lund 1989.

Detta digitala dokument
skapades med anslag från

**Stiftelsen Nils och Dorthi
Troëdssons forskningsfond**

Trätek

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Box 5609, 114 86 STOCKHOLM
Besöksadress: Drottning Kristinas väg 67
Telefon: 08-14 53 00
Telefax: 08-11 61 88

Åsenvägen 9, 553 31 JÖNKÖPING
Telefon: 036-12 60 41
Telefax: 036-16 87 98

Skeria 2, 931 87 SKELLEFTE
Besöksadress: Bockholmsvägen
Telefon: 0910-652 00
Telefax: 0910-652 65