



# LUND UNIVERSITY

## Ett mögelsäkrare kryprum med konventionell teknik

Hedenblad, Göran; Persson, Bertil

1990

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Hedenblad, G., & Persson, B. (1990). *Ett mögelsäkrare kryprum med konventionell teknik*. (Rapport TVBM; Vol. 3042). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

*Total number of authors:*

2

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

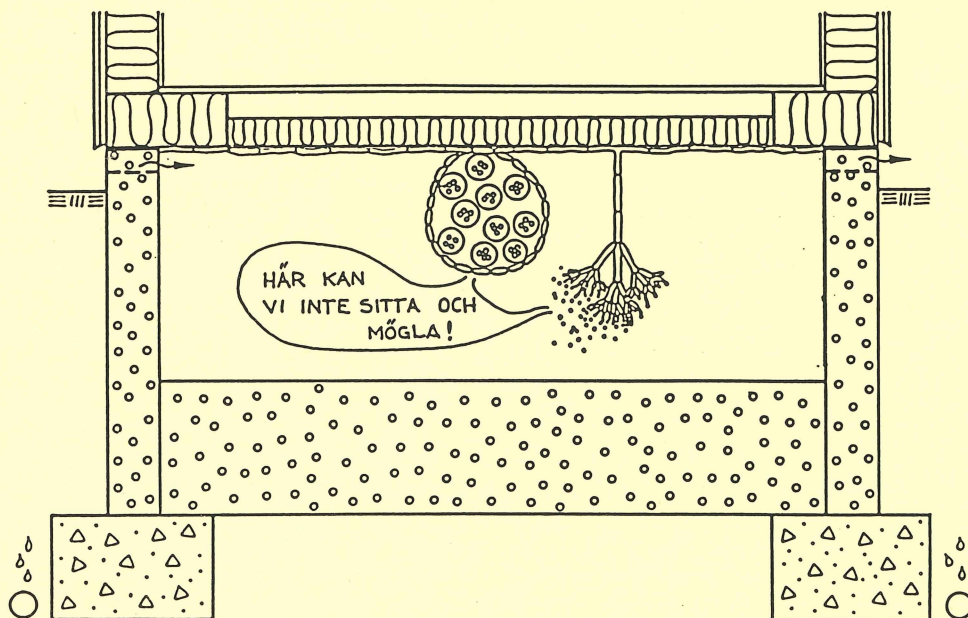
LUND UNIVERSITY

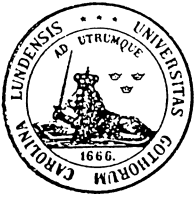
PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00



# ETT MÖGELSÄKRARE KRYPRUM MED KONVENTIONELL TEKNIK

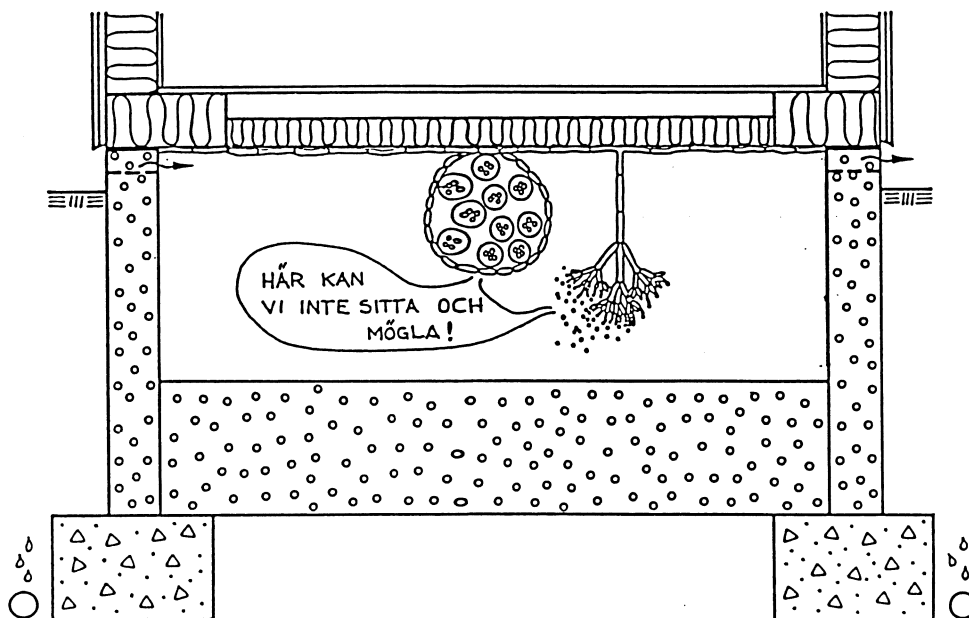
Göran Hedenblad och Bertil Persson





# ETT MÖGELSÄKRARE KRYPRUM MED KONVENTIONELL TEKNIK

*Göran Hedenblad och Bertil Persson*



CODEN: LUTVDG/(TVBM-3042)/1-29/(1990)

---

ISSN 0348-7911

# ETT MÖGELSÄKRARE KRYPRUM MED KONVENTIONELL TEKNIK

*Göran Hedenblad och Bertil Persson*

Seminarierapport i

Forskarkursen "Byggnadsteknik för energisnåla hus" vid Lunds Tekniska Högskola, avd för Byggnadsfysik vt-90.

RAPPORT TVBM-3042

---

Avdelningen för byggnadsmaterial  
Lunds tekniska högskola  
Box 118

221 00 LUND

Tel: 046-107415, telefax: 046-104427

## FÖRORD

Denna skrift skall ses som en första undersökning av ett sätt att minska risken för mögelpåväxt i ett kryprum. Det är vår förhoppning att de redovisade resultaten skall visa sig så intressanta att de skall inspirera till fortsatt forskning och utveckling.

Ett hjärtligt tack till Carl-Eric Hagentoft och Thomas Blomberg för att vi har fått ta del av deras beräkningsprogram inklusive demonstration av dessa.

Ett hjärtligt tack även till Arne Elmroth, Eva och Lars-Erik Harderup samt Olle Åberg, vilka har läst igenom manuskriptet och lämnat många värdefulla synpunkter.

<u>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</u>	Sid
1. MÅLSÄTTNING	3
2. STUDERADE KRYPRUMSKONSTRUKTIONER	4
3. BEGRÄNSNINGAR	6
4. VÄRMEFÖRLUSTER GENOM BJÄLKLAG	7
5. TEMPERATUR I KRYPRUM	9
6. LÄGSTA YTTEMPERATUR PÅ GOLV	13
6.1 Med lägsta utomhustemperatur enligt kapitel 5	13
6.2 Temperatur enligt kapitel 6.1 plus köldpuls	14
7. FUKT I KRYPRUM	17
7.1 Utan fukttillskott från mark eller dylikt	17
7.2 Med hänsyn tagen till fukttillskott från mark	21
7.3 Risk för mögelpåväxt	24
8. TJÄLFRITT GRUNDLÄGGNINGSDJUP	25
9. PRODUKTIONSASPEKTER	27
10. SAMMANFATTNING	28
11. REFERENSER	29

## 1. MÅLSÄTTNING

Målsättningen med denna seminarieuppgift är

- \* att teoretiskt påvisa att risken för mögelpåväxt i ett kryprum kan reduceras väsentligt med åtgärder i bjälklaget och på marken.
- \* att de föreslagna ändringarna i förhållande till nuvarande normalt utförande skall vara produktionsmässigt enkla.
- \* att ändringarna inte får öka risken för skadedjur i kryprummet eller för att mögelpåväxt sker på ett nytt ställe i kryprummet.

## 2. STUDERADE KRYPRUMSKONSTRUKTIONER

Vid våra beräkningar har vi utgått från ett utförande med ett kryprumsbjälklag i trä med 220 mm isolering. De yttre grundmurarna har antingen bestått av Isogrund-torpargrund eller av lättklinker-murverk. Isogrund-torpargrund består av en isolerande kärna av cellplast med ett omslutande ytskikt av fiberarmerad betong. Marken i kryprummet har tilläggsisolerats med lättklinker i olika tjocklek. Isoleringstjockleken i bjälklaget har minskats dels för att få ungefär samma värmeledning genom konstruktionen i de olika beräknade fallen, dels för att i någon mån kompensera merkostnaden för lättklinkerfyllningen.

De undersökta kryprumsutförandena framgår av Fig 2.1 och Tab 2.1.

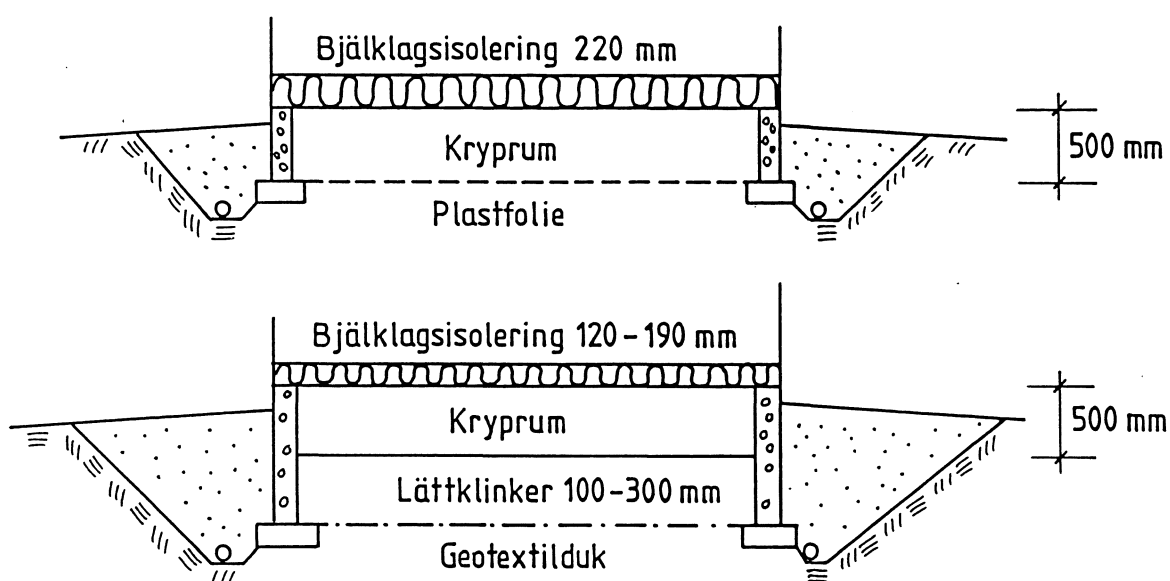


Fig 2.1 Principfigur över undersökta kryprum, sektioner.



Tab 2.1. Litrering och principmått hos undersökta kryprum.

Littera	Luftoms/h	Isolertjocklekar vid		Grundmur
		Bjälklag (mm)	Mark (mm)	
1-1	1	220 (U=0.23 W/m <sup>2</sup> °C)	0	Iso-element
1-3	3	220 "	0	" (U=0.2 W/m <sup>2</sup> °C)
2-1	1	190 (U=0.25 W/m <sup>2</sup> °C)	100	"
2-3	3	190 "	100	"
3-1	1	150 (U=0.30 W/m <sup>2</sup> °C)	200	"
3-3	3	150 "	200	"
4-1	1	120 (U=0.34 W/m <sup>2</sup> °C)	300	"
4-3	3	120 "	300	"
L 1-1	1	220 (U=0.23 W/m <sup>2</sup> °C)	0	Lättklinker (U=0.8 W/m <sup>2</sup> °C)
L 1-3	3	220 "	0	"
L 4-1	1	120 (U=0.34 W/m <sup>2</sup> °C)	300	"
L 4-3	3	120 "	300	"

För samtliga typer av kryprum har temperatur i kryprummet och relativa fuktigheten (RF) beräknats. Därefter har den ur fuktsynpunkt mest intressanta typen beräknats beträffande lägsta yttemperatur på golv samt beträffande tjälfrött grundläggningsdjup.

### 3. BEGRÄNSNINGAR

Endast en storlek av byggnad har beräknats, 10 x 8 m. Kryprummets höjd har hållits till 0.5 m, vilken höjd är något större än kraven enligt SBN 1980 (0.4 m). I beräkningarna av kryprumstemperaturerna har medelvärdet på den årliga utomhustemperaturen satts till +5 °C. Amplituden hos den periodiska utomhustemperaturen har satts till 10 °C. Detta beräkningsfall motsvarar ungefär ett läge i mellansverige (stockholmstrakten). Markens värmeledningsförmåga,  $\lambda$ , och markens värmekapacitet per volymenhet har satts till 1.5 W/m °C respektive 2 MJ/m<sup>3</sup> °C, vilket motsvarar mark av typ lera.

Kryprumshöjden avser avstånd mellan lättklinkerfyllning eller markyta och bjälklagets undersida. Marknivån utanför yttre grundmuren ligger 100 mm under bjälklagets underkant.

#### 4. VÄRMEFÖRLUSTER GENOM BJÄLKLAG

Carl-Eric Hagentofts program "Crawl" beräknar värmeförlusterna genom bjälklaget. Förlusterna är uppdelade i en stationär del,  $Q_{\text{floor}}^S$ , och en periodisk del med amplitud,  $Q_{\text{floor}}^D$ . Den periodiska delen har en sinussvängning över året. I Tab 4.1 redovisas den stationära delen och amplituden för den periodiska delen samt fasförskjutningen, t-lag,  $Q_{\text{fp}}$ , mellan yttertemperaturen och den periodiska värmeförlusten.

Tab 4.1 Värmeförluster genom bjälklag och fasförskjutning för de beräknade fallen.

Littera	$Q_{\text{floor}}^S$ (W)	$Q_{\text{floor}}^D$ (W)	Max $Q_{\text{floor}}$ (W)	t-lag, $Q_{\text{fp}}$ (dygn)
1-1	221	79	300	28
1-3	230	96	326	21
2-1	217	74	291	26
2-3	236	100	336	17
3-1	234	82	316	22
3-3	265	118	383	13
4-1	241	87	328	19
4-3	282	131	413	10
L 1-1	225	87	312	25
L 1-3	233	101	334	20
L 4-1	260	107	367	14
L 4-3	291	141	432	9

För fall 1-1 och 1-3 har inverkan av luftomsättningen liten inverkan på värmeförlusterna. Värmeförlusterna ökar med ca 9 % vid en ökning från en till tre luftomsättningar per timme.

För fall 4-1 och fall 4-3, med 300 mm lättklinker på marken, har inverkan av luftomsättningen betydligt större inverkan på värmeförlusterna genom bjälklaget. De ökar med ca 26 % vid en ökning av luftomsättningen från 1 till 3 oms/h.

Inverkan av grundmurens U-värde på värmeförlusterna kan studeras i t ex fall 1-1 och L 1-1 samt fall 4-1 och fall L 4-1. I fall 1-1 och L 1-1 är max  $Q_{\text{floor}}$  300 resp 312 W, dvs värmeförlusterna ökar med 4 % då grundmurens U-värde ändras från 0.2 till 0.8  $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ . I fall 4-1 och L 4-1 är max  $Q_{\text{floor}}$  328 resp 367 W, dvs värmeförlusterna ökar med ca 12 % då grundmurens U-värde ändras från 0.2 till 0.8  $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

I 1-1 och 4-1 kan ändrad konstruktionsutformning studeras: Max  $Q_{\text{floor}}$  ökar från 300 till 328 W, dvs en ökning med ca 9 % vid en luftomsättning per timme. Vid 3 luftomsättningar per timme blir motsvarande ökning ca 27 %.

Sammanfattningsvis kan sägas att för konstruktionen med 300 mm lättklinker på marken i kryprummet och 120 mm isolering i bjälklaget bör det ur energisynpunkt eftersträvas en låg luftomsättning i kryprummet. Dock har det mest energikrävande fallet (L 4-3) en maximal värmeförlust genom bjälklaget på 432 W. Denna värmeförlust motsvarar ca 7 st lampor om 60 W vardera. På motsvarande sätt kan ökningen i effekt mellan fall 1-3 och fall L 4-3 åskådliggöras med knappt 2 st 60 W:s lampor.

Vid en uppvärmningsperiod av 8 månader per år blir skillnaden i energiåtgång mellan fall L 1-1 och L 4-1 ca 220 kWh/år. Detta värde har erhållits genom integration av skillnaden i energiåtgång över uppvärmningsperioden.

## 5. TEMPERATUR I KRYPRUM

Programmet "Crawl" beräknar följande temperaturer i kryprummet:

- \* temperatur på bjälklagets undersida ( $T_u$ )
- \* temperatur på kryprumsluften ( $T_c$ )
- \* temperatur på "markens" översida i kryprummet ( $T_d$ )

Av Fig 5.1 framgår läget för de olika beräknade temperaturerna:

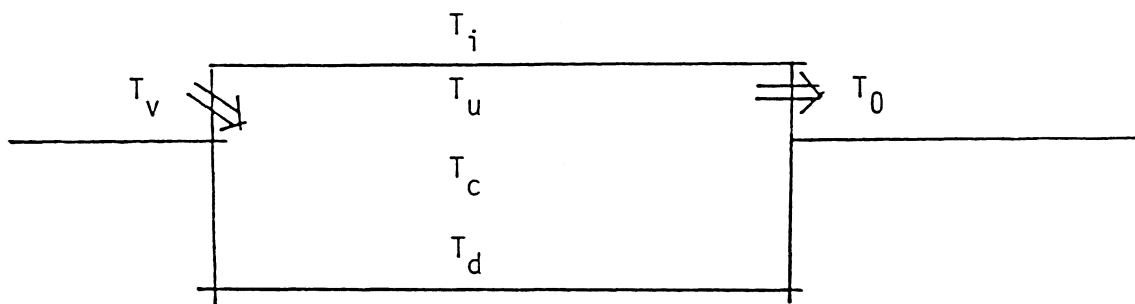


Fig 5.1 Läge för de olika beräknade temperaturerna.

$T_i$  är inomhustemperaturen, satt till  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_0$  är utomhustemperaturen och  $T_v$  är ventilationsluftens temperatur och satt lika med  $T_0$ .

På följande tre sidor redovisas utomhustemperatur och temperatur på bjälklagets undersida för samtliga enligt Tab 2.1 redovisade fall som funktion av tiden. Därvid har utomhustemperaturen förutsatts ha sitt maximum i juli. Programmet "Crawl" har givit fasförskjutningen i dygn mellan utomhustemperaturen och de angivna temperaturerna, se Fig 5.2 till 5.7.

I figurerna nedan avser heldragen kurva,  $T_{u-1}$ , temperaturen på bjälklagets undersida vid 1 luftomsättning/timme. Streckad kurva,  $T_{u-3}$ , avser 3 oms/h. Första siffran i  $T_u$  avser studerat alternativ enligt Tab 2.1.

Av figurerna nedan framgår att temperaturen i kryprummet ökar med ökande isolertjocklek på marken. Vidare minskar den tidsrymd under sommaren då utomhustemperaturen är högre än kryprumstemperaturen, från som mest ca 4-5 mån till ca 2 mån.

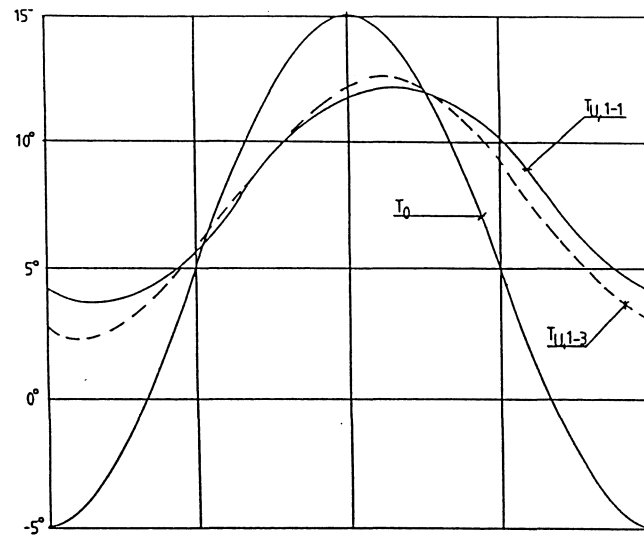


Fig 5.2 Utomhustemperatur och temperatur på bjälklagets undersida. Bjälklag med 220 mm isolering av mineralull. 1 och 3 luftomsättningar per timme. Grundmurens U-värde  $0.2 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

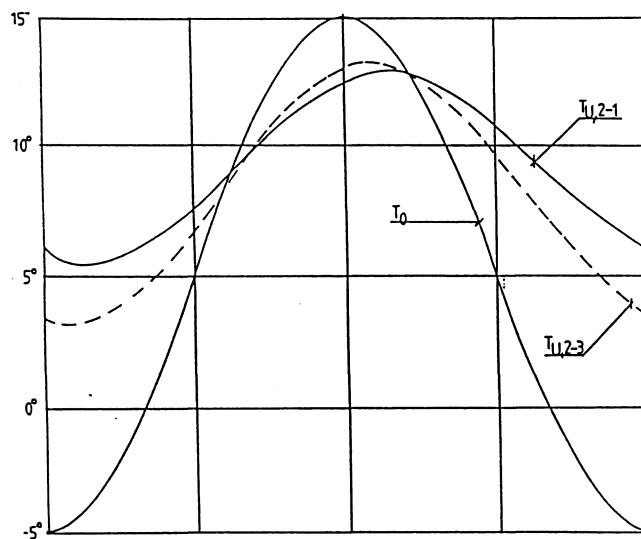


Fig 5.3 Utomhustemperatur och temperatur på bjälklagets undersida. Bjälklag med 190 mm isolering av mineralull. Markisolering i kryprum med 100 mm lättklinker. 1 och 3 luftomsättningar per timme. Grundmurens U-värde  $0.2 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

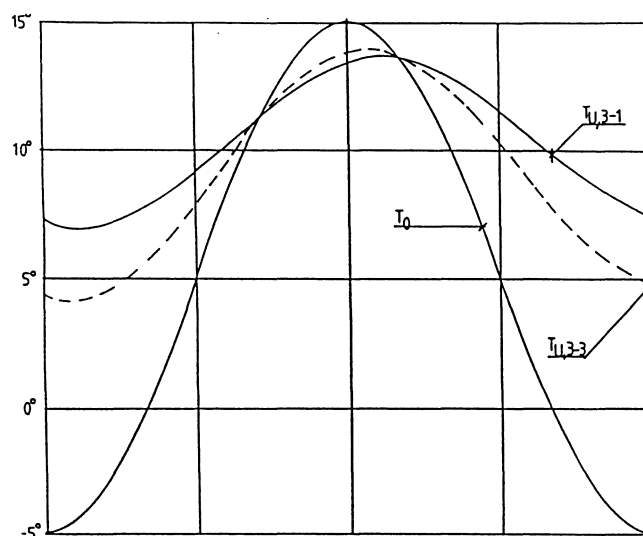


Fig 5.4 Utomhustemperatur och temperatur på bjälklagets undersida. Bjälklag med 150 mm mineralullsisolering. Markisolering i kryprum med 200 mm lättklinker. 1 och 3 luftomsättningar per timme. Grundmurens U-värde  $0.2 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

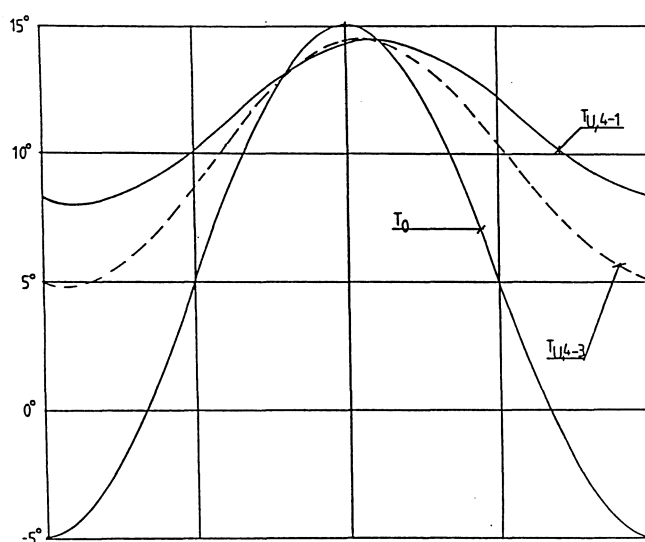


Fig 5.5 Utomhustemperatur och temperatur på bjälklagets undersida. Bjälklag med 120 mm mineralullsisolering. Markisolering i kryprum med 300 mm lättklinker. 1 och 3 luftomsättningar per timme. Grundmurens U-värde  $0.2 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

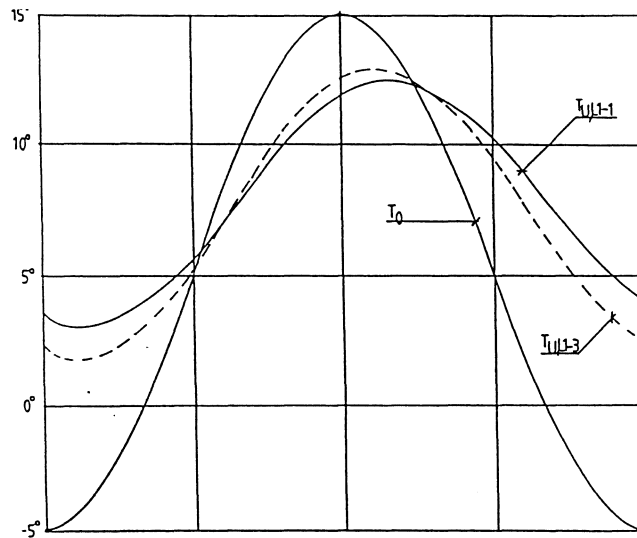


Fig 5.6 Utomhustemperatur och temperatur på bjälklagets undersida. Bjälklag med 220 mm isolering av mineralull. 1 och 3 luftomsättningar per timme. Grundmurens U-värde  $0.8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

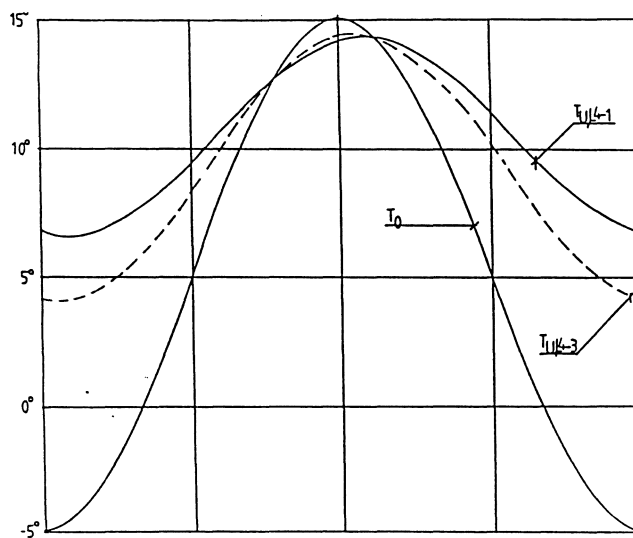


Fig 5.7 Utomhustemperatur och temperatur på bjälklagets undersida. Bjälklag med 120 mm mineralullsisolering. Markisolering med 300 mm lättklinker. 1 och 3 luftomsättningar per timme. Grundmurens U-värde  $0.8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ .



## 6. LÄGSTA YTTEMPERATUR PÅ GOLV

Enligt Boverkets Nybyggnadsregler (BFS 1988:18) skall den beräknade yttemperaturen på ett golv uppgå till lägst  $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Det framgår ej klart i BFS 1988:18 vilken utomhustemperatur man därvid skall räkna med. Av denna anledning har 2 olika fall studerats nämligen

- a) med lägsta utomhustemperatur och motsvarande kryprumstemperatur, allt enligt kapitel 5.
- b) med en köldpuls på  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  och en varaktighet om 7 dygn kombinerat med lägsta utomhustemperatur enligt kapitel 5.

### 6.1 Med lägsta utomhustemperatur enligt kapitel 5

Med programmet "Heat" av Thomas Blomberg har två fall studerats nämligen

- i) Kryprum i princip enligt littera L 4-3 i Tab 2.1 (300 mm lättklinker på mark och 120 mm isolering av mineralull i bjälklaget). Vid en ventilation av 3 oms/h blir kryprumstemperaturen ca  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$  och vid 1 oms/h blir temperaturen ca  $+6.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kryprumstemperaturen har då satts till  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , vilket motsvarar ca 2 oms/h. Utomhustemperaturen har satts till  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Detaljutformning av anslutning vägg- bjälklag -sockel redovisas i Fig 6.1. Beräkningsresultaten redovisas i Fig 6.2. Av Fig 6.2 och utskriften av temperaturerna framgår att den lägsta golvtemperaturen uppgår till  $+16.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- ii) Kryprum i princip enligt littera L 1-1 (bjälklag med 220 mm mineralullsisolering). Kryprumstemperaturen har satts till  $+2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , vilket motsvarar en ventilation i kryprummet av 2 oms/h. Utomhustemperaturen är satt till  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Detaljutformning i princip enligt Fig 6.1, dock med hela bjälklaget fyllt med mineralull. Beräkningsresultat redovisas i Fig 6.3. Av Fig 6.3 och temperaturutskriften framgår att lägsta golvtemperaturen är  $+16.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Ett utförande av kryprummet enligt i) är således likvärdigt med ett mera konventionellt utförande enligt ii).

## 6.2 Temperatur enligt kapitel 6.1 plus köldpuls

Med programmet "Puls" av Carl-Eric Hagentoft kan inverkan av en värme- eller köldpuls beräknas. I vårt fall antog vi att en puls om  $15^{\circ}\text{C}$  förekom under 7 dygn. Med denna temperatur på pulsen och med en utomhustemperatur på  $-5^{\circ}\text{C}$  enligt kapitel 6.1 kommer vi till ungefär samma temperaturer som redovisas i SBN 1980 figur 35:23 (LUT 1). "Pulstemperaturerna" i kryprummet för fallen

- a) 300 mm lättklinker på mark och 120 mm bjälklagsisolering av mineralull, 2 oms/h.
- b) 220 mm mineralullsisolering i bjälklag, 2 oms/h.

redovisas i Fig 6.4.

I fallet med 300 mm lättklinker i kryppgrunden blir kryprumstemperaturen  $-1.5^{\circ}\text{C}$  vid slutet på temperaturpulsens. I fallet utan lättklinker i kryppgrunden men med 220 mm isolering i bjälklaget blir kryprumstemperaturen  $-3.0^{\circ}\text{C}$  vid motsvarande tid. Med dessa temperaturer i kryprummet och  $-20^{\circ}\text{C}$  utomhus erhålls i båda fallen att temperaturen på golvet i vinkeln mellan golv och vägg är ca  $14.3^{\circ}\text{C}$ . Dock är temperaturen på golvet i båda fallen större än  $16^{\circ}\text{C}$  ca 3 cm in från ytterväggen.

Denna smala zon (3 cm) med lägre temperatur än  $16^{\circ}\text{C}$  borde vara acceptabel under de givna klimatförutsättningarna. Fallet med 120 mm mineralullsisolering i bjälklaget och 300 mm lättklinker i grunden torde inte ge lägre golvtemperatur än en "konventionell" kryppgrund med 220 mm mineralullsisolering i bjälklaget.

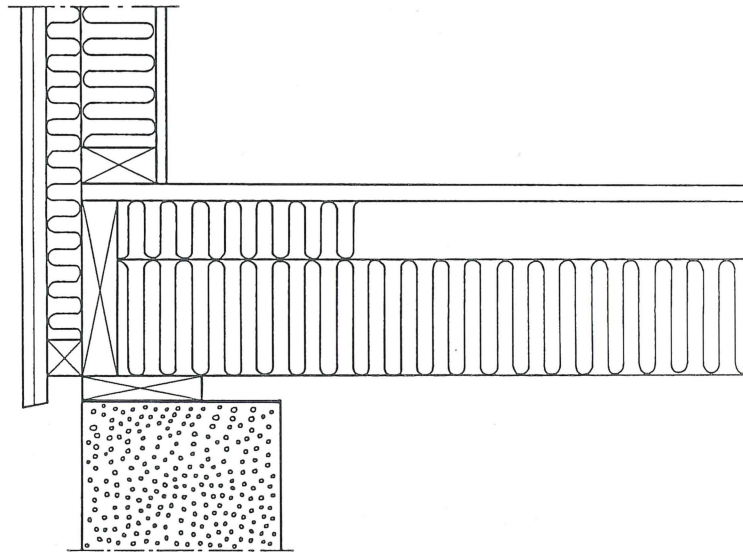


Fig 6.1 Detaljutformning av anslutning vägg-bjälklag-sockel vid bjälklag med 120 mm isolering.

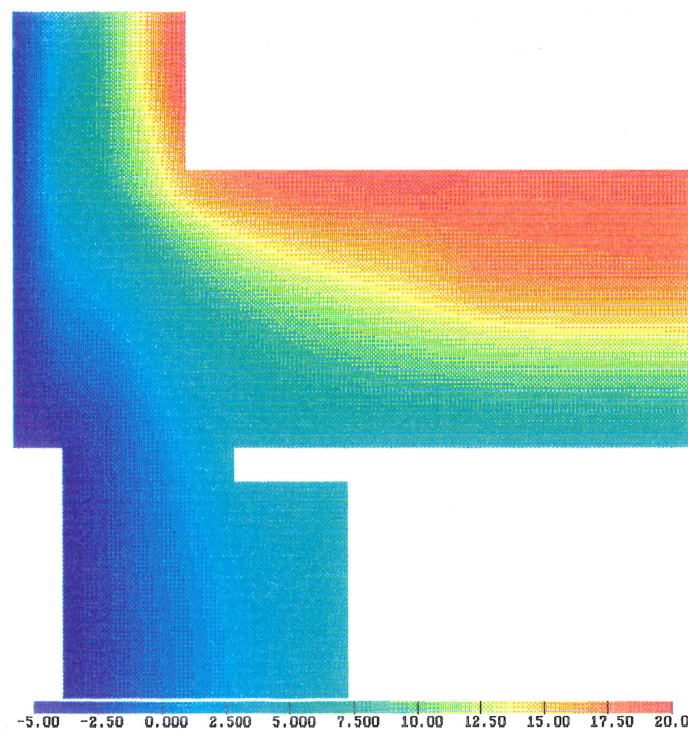


Fig 6.2 Temperaturlinjer vid golvvinkel. 300 mm lättklinker på mark och 120 mm mineralullsisolering i bjälklag. Ca 2 oms/h i kryprummet. Utomhustemperatur  $-5^{\circ}\text{C}$ .

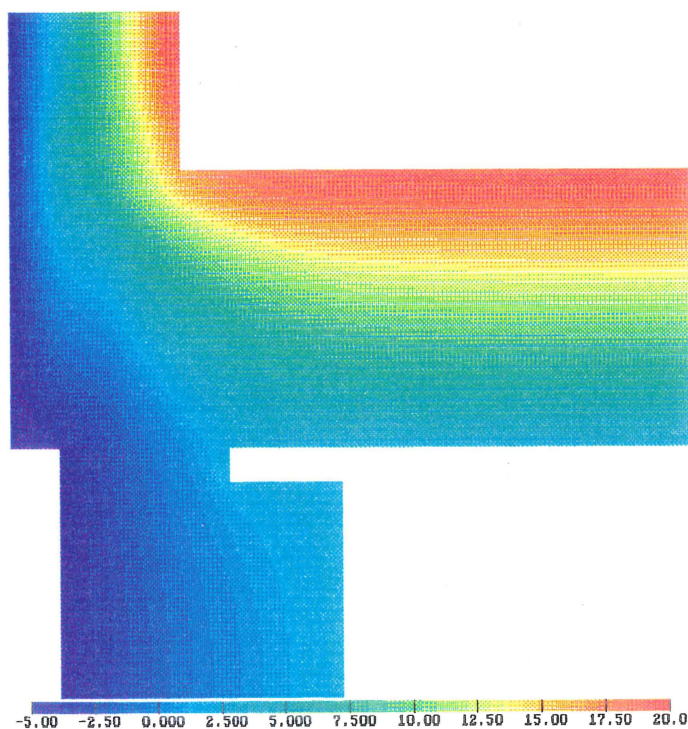


Fig 6.3 Temperaturer vid golvvinkel. 220 mm isolering av mineralull i bjälklag. 2 oms/h i kryprummet. Utomhustemperatur  $-5^{\circ}\text{C}$ .

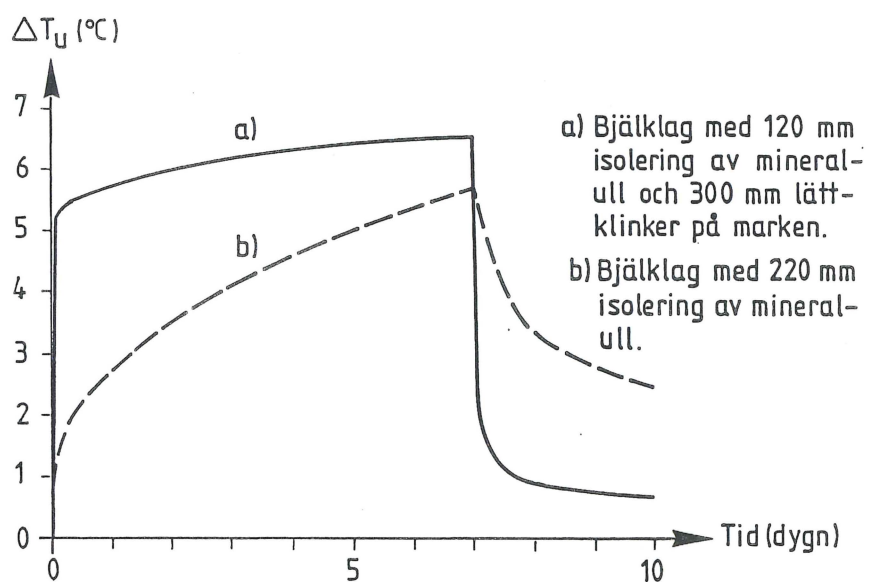


Fig 6.4 Temperaturändring i kryprum för en temperaturpuls på  $15^{\circ}\text{C}$  med en varaktighet av 7 dygn.

## 7. FUKT I KRYPRUM

### 7.1 Utan fukttillskott från mark eller dylikt

Med de i kap 5 beräknade temperaturerna samt med RF för Västerås enligt Fukthandboken kan RF beräknas för bjälklagets undersida. Förutsättningen är att luftens ånghalt är densamma i kryprummet och utomhus, dvs inget fukttillskott förekommer. Vidare förutsättes fullständig omblandning av kryprumsluften. På följande sidor i Fig 7.1 till 7.6 redovisas RF i uteluften och på ytan av bjälklagets undersida för de beräkningsfall som redovisats i Tab 2.1.

Beräkningarna har utgått från årets månadsmedelvärden på RF. Eventuella kortvariga variationer i RF har således ej studerats. Vid markisolering av lättklinker har denna troligtvis en avsevärd fuktkapacitet och kan utjämna variationer i RF.

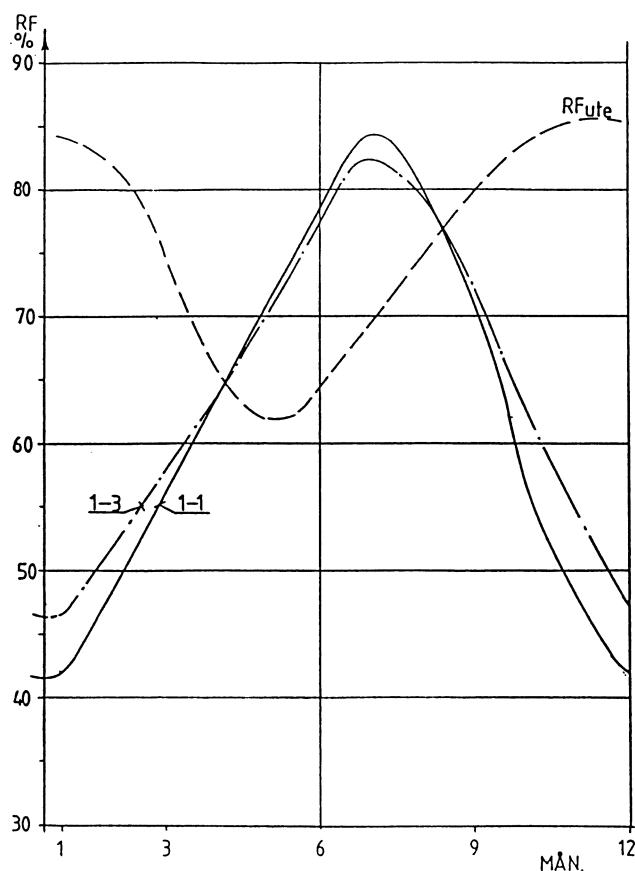


Fig 7.1 Utomhus-RF och RF på bjälklagets undersida. Bjälklag med 220 mm isolering av mineralull. 1 och 3 luftomsättningar per timme. Grundmurens U-värde  $0.2 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Utan fukttillskott.

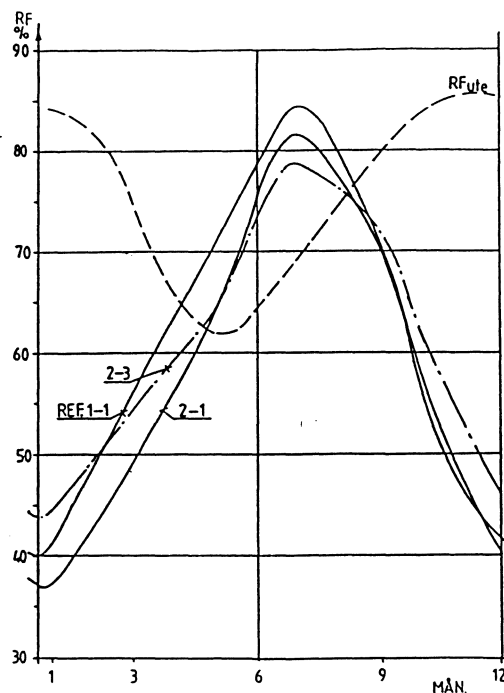


Fig 7.2 Utomhus-RF och RF på bjälklagets undersida. Bjälklag med 190 mm isolering av mineralull. Markisolering med 100 mm lättklinker. 1 och 3 luftomsättningar per timme. Grundmurens U-värde  $0.2 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Utan fukttillskott.

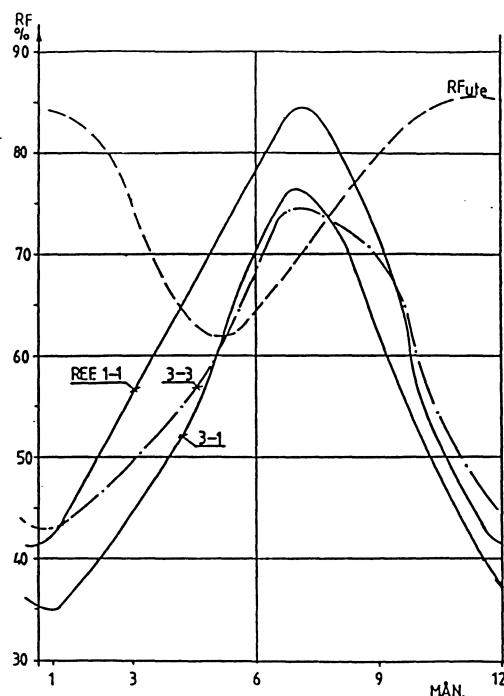


Fig 7.3 Utomhus-RF och RF på bjälklagets undersida. Bjälklag med 150 mm isolering av mineralull. Markisolering med 200 mm lättklinker. 1 och 3 luftomsättningar per timme. Grundmurens U-värde  $0.2 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Utan fukttillskott.

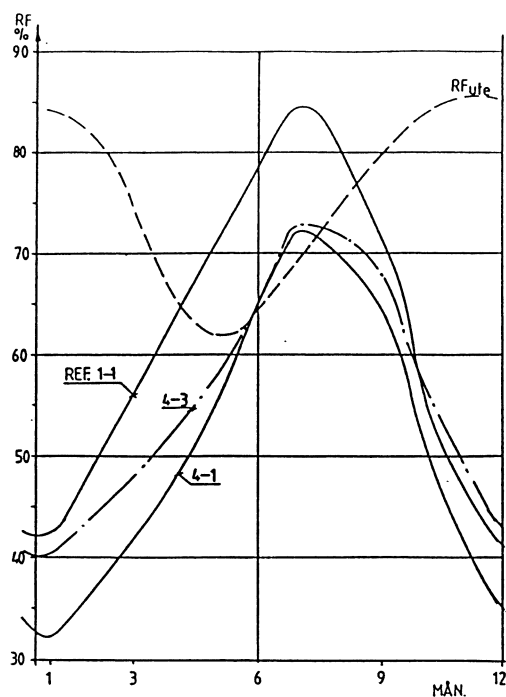


Fig 7.4 Utomhus-RF och RF på bjälklagets undersida. Bjälklag med 120 mm isolering av mineralull. Markisolering med 300 mm lättklinker. 1 och 3 luftomsättningar per timme. Grundmurens U-värde  $0.2 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Utan fukttillskott.

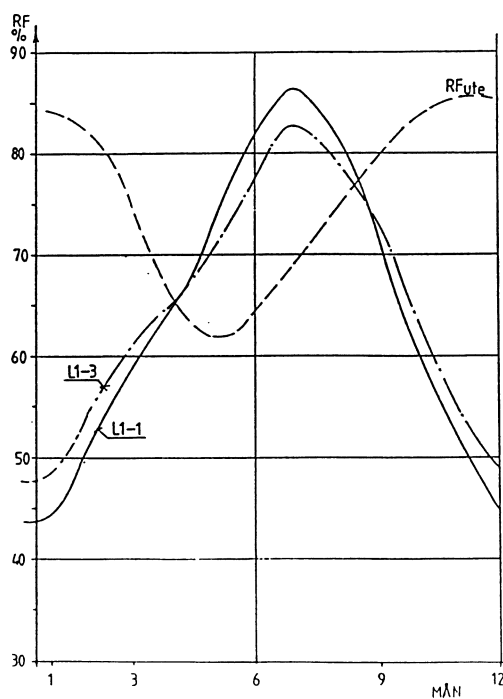


Fig 7.5 Utomhus-RF och RF på bjälklagets undersida. Bjälklag med 220 mm isolering av mineralull. 1 och 3 luftomsättningar per timme. Grundmurens U-värde  $0.8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Utan fukttillskott.

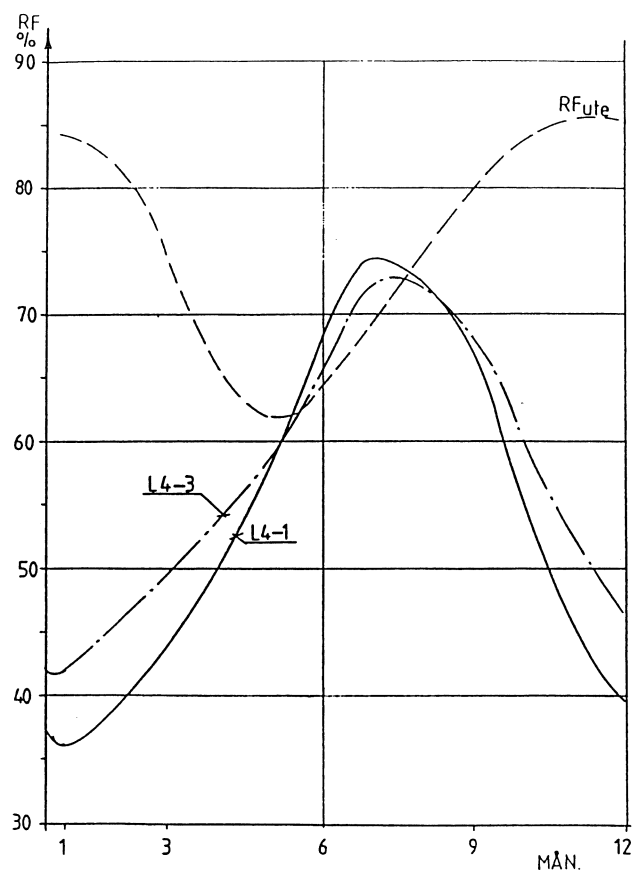


Fig 7.6 Utomhus-RF och RF på bjälklagets undersida. Bjälklag med 120 mm isolering av mineralull. Markisolering med 300 mm lättklinker. 1 och 3 luftomsättningar per timme. Grundmurens U-värde  $0.8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Utan fukttillskott.

Av Fig 7.1 fall 1-1 och 1-3 framgår att för ett bjälklag med 220 mm mineralullsisolering och med en välisolerad grundmur har luftomsättningen relativt liten betydelse för maximal RF på bjälklagets undersida. Vid fall 1-1 har man ca 85 % RF och vid fall 1-3 ca 83 % RF som maximalt. Hänsyn har då ej tagits till eventuellt fukttillskott i kryprummet.

Av Fig 7.2 framgår att i fall 2-1 och 2-3 maximal RF har sjunkit med ca 3-4 % vid jämförelse med bjälklag enligt Figur 7.1, dvs RF ligger på ca 80 %.

Av Fig 7.3 framgår att i fall 3-1 och 3-3 maximal RF sjunkit ca 8 % vid jämförelse med bjälklag enligt Fig 7.1, dvs maximala RF ligger vid ca 76 %. Mellan 1 och 3 oms/h skiljer det ca 2 % RF mellan de maximala RF-nivåerna.



Av Fig 7.4 framgår i fall 4-1 och 4-3 har maximal RF sjunkit ca 11-12 % jämfört med Fig 7.1, dvs maximalt RF ligger på ca 73 %. Mellan 1 och 3 oms/h skiljer det 0.5 % RF mellan de maximala RF-nivåerna.

Konstruktionen i Fig 7.5 dvs fall L 1-1 och L 1-3 har en grundmur med U-värdet  $0.8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  jämfört med U-värdet  $0.2 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  i Fig 7.1. Maximalt RF vid fall L 1-1 i Fig 7.5 är ca 86-87 %, dvs något högre än i Fig 7.1 (ca 85 %). Maximalt RF i fall L 1-3 är nästan lika i Fig 7.5 och 7.1 ca 83 %. Kurvorna i Fig 7.5 och 7.1 har för övrigt nästan identiskt utseende.

I Fig 7.6 dvs fall L 4-1 och L 4-3 har grundmuren U-värdet  $0.8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  jämfört med 0.2 i Fig 7.4. RF-kurvorna i Fig 7.6 och Fig 7.4 har i det närmaste samma utseende, dock ligger de ca 1-2 % högre i Fig 7.6 än i Fig 7.4. Maximal RF i fall L4-1 uppgår till ca 75 % i Fig i 7.6.

## 7.2 Med hänsyn tagen till fukttillskott från mark

Som tidigare påpekat gäller Fig 7.1 till 7.6 under förutsättning att fukttillskott ej sker från marken. Åberg (1990) har redovisat att fukttillskottet sommartid i ett " normalt " kryprum ligger på ca  $2 \text{ g/m}^3$  luft. Förutsättningarna för denna siffra är att marken i kryprummet till ca 95 % är täckt med plastfolie samt att 1 luftomsättning per timme förekommer vid en kryprumshöjd av 0.5m. Marken består av fuktmättad moränlera. Med detta fukttillskott erhålles för bjälklaget med 220 mm mineralullsisolering och utan markisolering (littera 1-1 och L 1-1) en RF på ca 100 % under juni, juli och augusti. Fukttillskottet från marken är således av avgörande betydelse för RF i kryprummet. Vid så höga RF (ca 100 %) torde dock fukttillskottet bli lägre än  $2 \text{ g/m}^3$  p g a att drivkraften (potentialen) blir mindre. RF i kryprummet minskar då till ca 95 % under sommaren.

I de fall kryprummet har en 300 mm markisolering av lättklinker kan temperaturen under markisoleringen analyseras enligt Hagentoft (1990).

$$Q_{\text{floor}}^{\text{S}} = A \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot (T_{\text{d}}^{\text{S}} - T_{\text{mark}})$$

- $Q_{\text{floor}}^S$  = Stationär del av värmeförlusterna genom bjälklaget (W)  
 $A$  = Bjälklagets area ( $\text{m}^2$ )  
 $\lambda$  = Markisoleringens  $\lambda$ -värde ( $\text{W/m}^\circ\text{C}$ )  
 $T_d^S$  = Temperatur på markisoleringens översida vid stationära förhållanden  
 $T_{\text{mark}}$  = Temperatur i mark direkt under markisoleringen i mitten av byggnaden

RF = 100 % antages direkt under lättklinkerlagret. I fallet med grundmurar med  $U = 0.8 \text{ W/m}^2\text{C}$  och med marken täckt av 300 mm lättklinker beräknas ånghalten i marken under lättklinkerlagret och i utomhusluften. Ånghalten utomhus är samma som i kryprummet, då det inte förekommer något fuktillskott. I Fig 7.7 och 7.8 redovisas ånghalterna för fallet ovan vid 1 resp 3 luftomsättningar per timme.

Av Fig 7.7 och 7.8 framgår att fukttransporten sommartid (juni-september) går från kryprummet genom lättklinkern och ned i marken. Under övrig tid av året har fukttransporten motsatt riktning dvs från marken och upp till kryprummet. Enligt provningar utförda vid Statens Provningsanstalt är ånggenomsläppligheten ( $\delta$ ) för lättklinker ca  $7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ . En beräkning för fallet med 1 luftomsättning per timme ger vid handen att RF i kryprummet skulle öka ca 5 % under januari månad dvs från 33 till 38 %. Motsvarande värden för maj månad blir 2 %:s RF-ökning dvs från 55 till 57 % RF. Beräkningarna ovan är gjorda med enbart ånghalt som gradient. Om denna förenklade beräkning är tillräckligt noggrann eller om hänsyn även måste tas till fuktflöde med temperaturgradient som potential, bör undersökas med laboriemätningar.

Sammanfattningsvis skulle det med hänsyn till fuktrörelser genom lättklinkerskiktet således ej erfordras fuktspärr under detta.

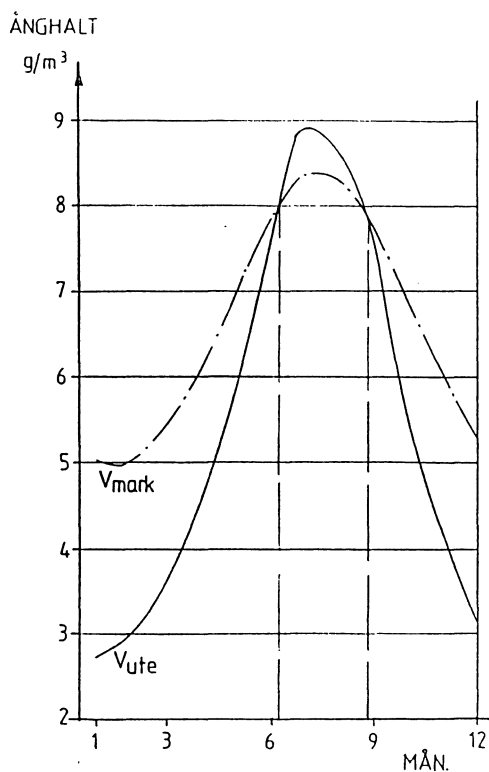


Fig 7.7 Ånghalt i mark under 300 mm markisolering av lättklinker. Grundmurens U-värde  $0.8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Bjälklag med 120 mm mineralullsisolering. 1 luftomsättning per timme.

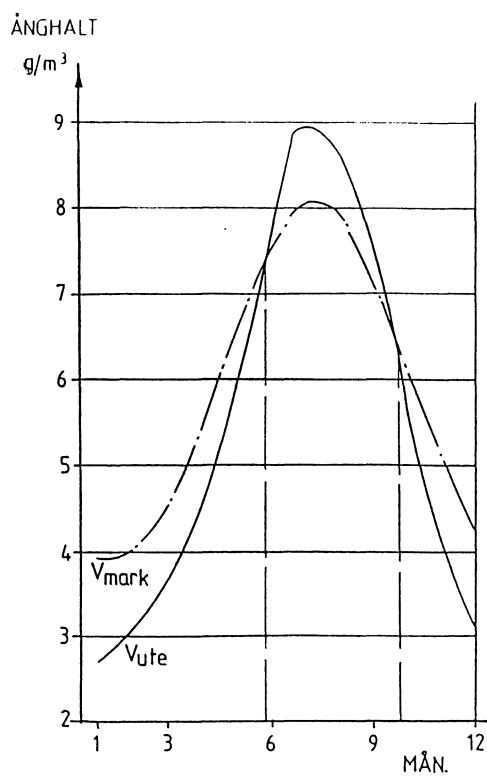


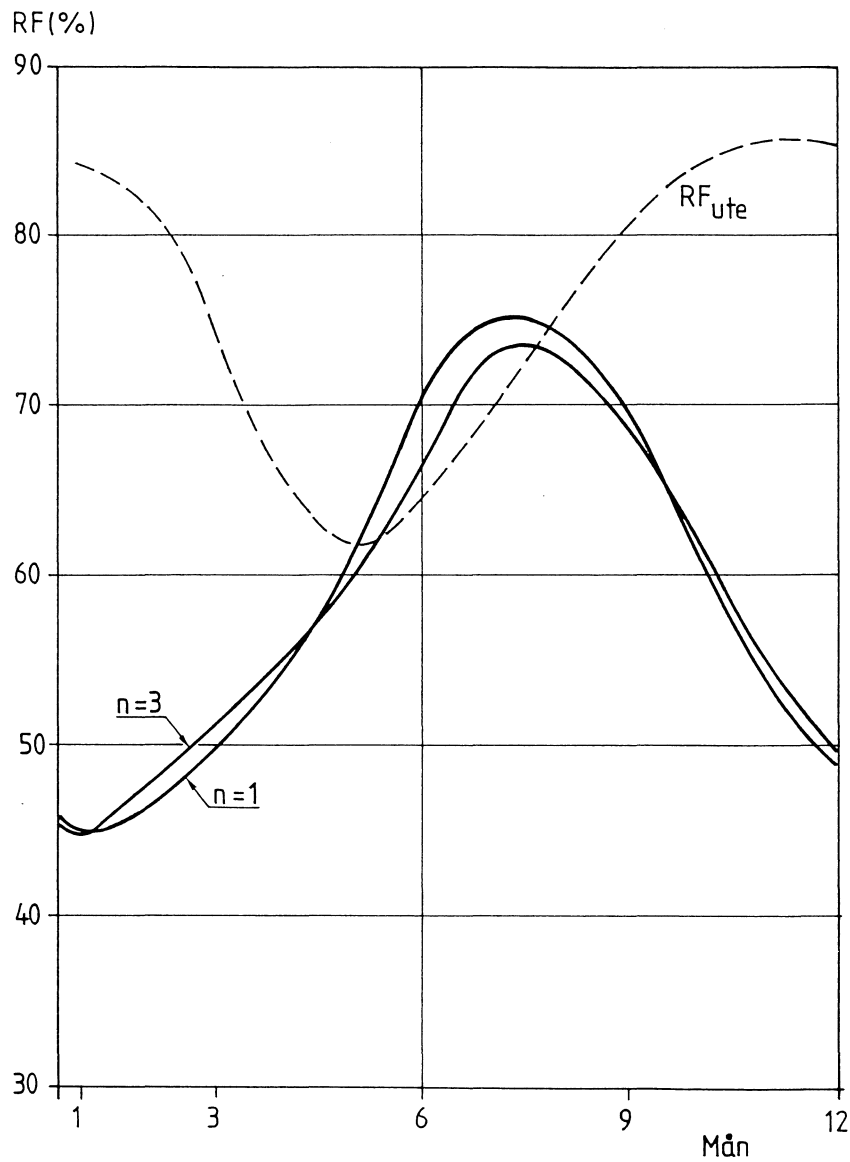
Fig 7.8 Ånghalt i mark under 300 mm markisolering av lättklinker. Grundmurens U-värde  $0.8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Bjälklag med 120 mm mineralullsisolering. 3 luftomsättningar per timme.

1990-12-20

### BETRÄFFANDE FUKTTILLSKOTT FRÅN MARK (AVSNITT 7.2)

Formeln på sidan 21 nederst är ej helt korrekt. Med en mera korrekt formel har ånghalten i marken under 300 mm lättklinker beräknats. Under sommarmånaderna erhålles inget eller litet fukttillskott från marken.

RF på undersida bjälklag med fukttillskott framgår av nedanstående figur.



### 7.3 Risk för mögelpåväxt

Nevander (1990) har angivit en fördelningskurva för sannolikheten för mögelpåväxt på trä. Figuren redovisas i Fig 7.9.

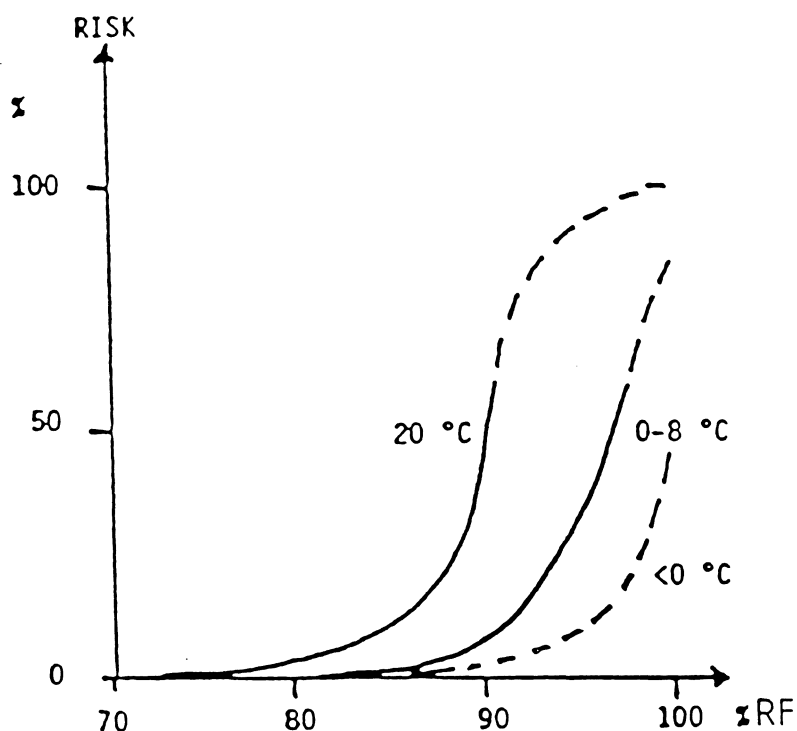


Fig 7.9 Fördelningskurva för sannolikheten för mögelpåväxt på trä.  
Kurvan för de lägre temperaturerna är mycket osäker.

Enligt Nevander (1990) förefaller det inte att finnas någon påvisbar skillnad i möglets tillväxt i temperaturområdet +10 - +25 °C. Detta betyder att kurvan för +20 °C är tillämplig för de fall som behandlats i denna skrift. Av Fig 7.9 framgår att risken för mögelpåväxt ökar drastiskt vid ca 90 % RF. Risken för mögelpåväxt är 50 % vid 90 % RF för att öka till 100 % vid 100 % RF.

I fallet med "normalt" kryprum är således risken för mögelpåväxt stor ca 100 % medan i fallet med 120 mm bjälklagsisolering och 300 mm lättklinker en reduktion av risken skett till ca 2 %. I det senare fallet är RF som maximalt ca 75 % i kryprummet.

## 8. TJÄLFRITT GRUNDLÄGGNINGSDJUP

Krav enligt SBN 1980 kap 33:52. Grundläggningsdjupet väljes  $\beta \cdot h_0$  där  $h_0$  väljes till 1.6 m (Stockholmsområdet).  $h_0$  gäller under förutsättning att markytan är snöfri och utan vegetationstäckning, att jorden inte tillförs värme från byggnad eller dylikt och att tjälens normala nedträngning inte hindras, t ex genom att grundvattenytan ligger nära markytan, eller på annat sätt t ex genom isolering.

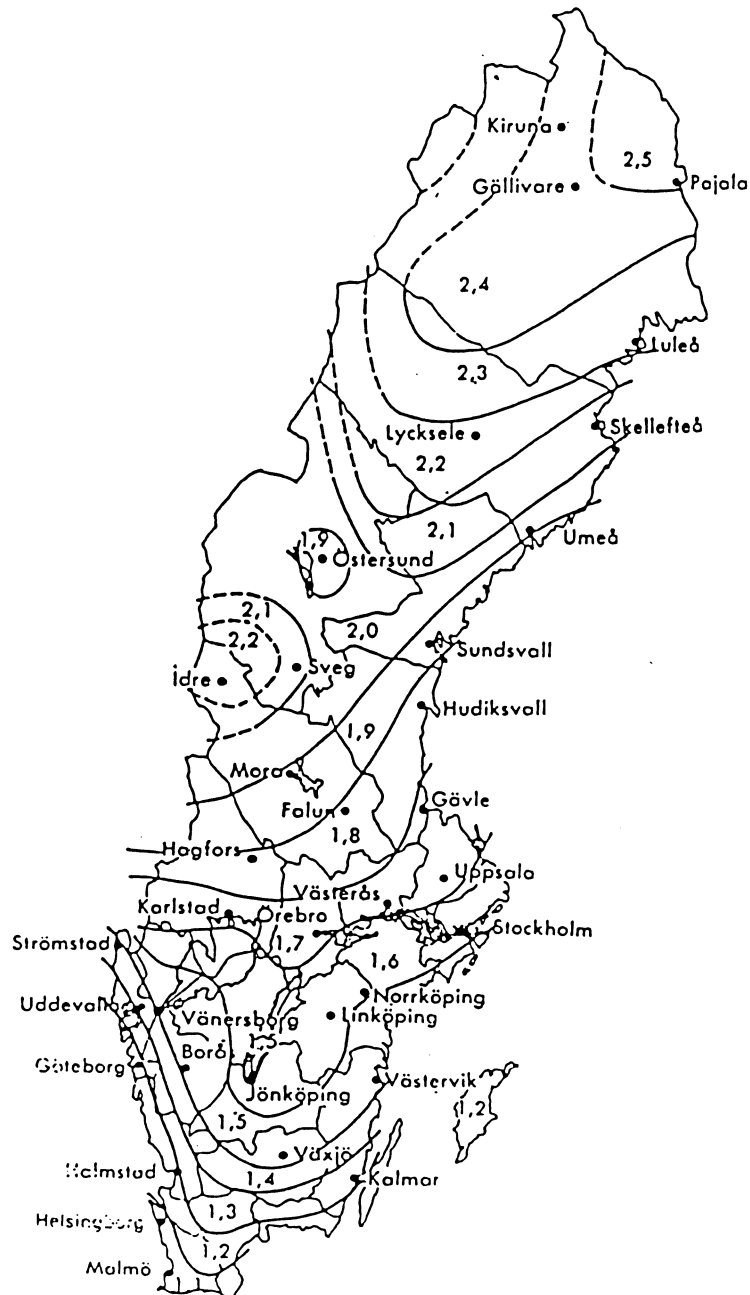


Fig 8.1 Tjäldjup  $h_0$  i tjälfarlig jord. Siffrorna anger djup i meter under marken (SBN 1980).

$\beta$ -värdet i formeln för grundläggningsdjup väljes ur tabell 8.1, vilken gäller under följande förutsättningar:

- \* Byggnadens bredd är minst 4 m.
- \* Lägsta rumstemperatur är  $+18^{\circ}\text{C}$  under uppvärmningssäsongen.
- \* Isolerande markskiktet i kryputrymmet skall ha ett värmemotstånd om  $0.5 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ , som högst.
- \* Grundmur i zon III och IV skall ha ett lägsta värmemotstånd om  $0.9 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ .
- \* Ventilationen är  $1 \text{ m}^3$  per  $\text{m}^2$  bjälklag och timme. Vid  $3 \text{ m}^3$  per  $\text{m}^2$  ökas  $\beta$  med 0.1.

Det senare kravet motsvarar i vårt fall 2 respektive 6 luftomsättningar per timme.

Tabell 8.1 Reduktionsfaktor  $\beta$  för tjäldjupet vid grundkonstruktioner under uppvärmt utrymme med golvbjälklag över slutet uteluftventilerat kryputrymme (SBN 1980).

Temperaturzon enligt figur 33:211	Värme-genomgångskoefficient hos bjälklaget $\text{W}/\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$	Reduktionsfaktor $\beta$		
		Vid fasad på större avstånd än 1 m från utåtgående hörn	Vid utåtgående hörn intill 1 m från hörnet	
		Lång byggnad <sup>a</sup>	Kort byggnad	
I och II	0,50	0,3	0,4	0,4
	0,25	0,5	0,6	0,6
III och IV	0,50	0,2	0,3	0,3
	0,25	0,4	0,5	0,5

Det tjälfria grundläggningsdjupet blir räknat på två luftomsättningar per timme för fall 1 ( $U_{\text{bjklg}}=0.23 \text{ W}/\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ):  $\beta * h_0 = 0.50 * 1.6 = 0.8 \text{ m}$  och för fall 4 ( $U_{\text{bjklg}}=0.34 \text{ W}/\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ):  $\beta * h_0 = 0.43 * 1.6 = 0.69 \text{ m}$ . Det har då ej beaktats att markisoleringens värmemotstånd vid fall 4 överstiger  $0.5 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ .

Eftersom värmeförlusterna till marken enligt Tabell 4.1 är större för fall 4 än för fall 1 blir också det tjälfria grundläggningsdjupet mindre för fall 4. Eftersom vi valt kryprummets höjd till 0.5 m och då vi valt att lägga all lättklinker-isolering över grundsulan blir grundläggningsdjupet för fall 4 minst 0.95 m. Grundkonstruktionen har således ej försämrats ur tjällyftnings-synpunkt vid alternativ med markisolerat kryprum.

## 9. PRODUKTIONSASPEKTER

Kostnad för material som ändras i grundkonstruktionen redovisas för fallen 1-4 dvs för ISO-grund. Om sedan grund av lättklinker väljes så är detta snarare av praktiska skäl m h t enhetligt materialval. Kalkyl för fallen 1-4 visas i Tab 9.1.

Tab 9.1 Materialkostnad för fall 1-4 (skiktjocklek inom parentes).

Mtrl	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Iso- grund	7035 kr (h=500)	7935 kr (h=600)	8835 kr (h=700)	9735 kr (h=800)
Mineralull	3545 (t=220)	3145 (t=190)	2380 (t=150)	1950 (t=120)
Lättklinker	-	2850 (t=100)	5700 (t=200)	8550 (t=300)
Summa	10580 kr	11080 kr	16915 kr	20235 kr

Därvid har plastfolien ansetts motsvara geotextilduken. Skillnad i materialkostnad skulle således uppgå till ca 10 000 kr mellan fall 1 och 4. Tillkommer gör dock arbetskostnad för schakt av 250 mm samt utläggning av lättklinker vid fall 4.

Den påtagliga ökningen i fuktsäkerhet får anses motivera ökningen av kostnaden för material och schakt.



## 10. SAMMANFATTNING

Denna seminarieuppsats påvisar dels de avsevärda risker för mögelpåväxt som föreligger vid "normala" kryprum kombinerade med bjälklag i trä samt dels en enkel metod att stävja problemen nämligen medelst markisolering i kryprummet bestående av lättklinker.

De maximala värdena på relativa fuktigheten, RF, ligger i förstnämnda fallet på nära nog 100 % räknat på bjälklagets undersida medan max-värdena vid markisolerat kryprum nedbringats till ca 75 %. Riskerna för mögelpåväxt är vid det beräknade "normala" kryprummet ca 100 % gällande bjälklagets undersida medan de för det föreslagna markisolerade kryprummet nedbringats till ca 2 %.

Bjälklagsisoleringen har vid "normalt" kryprum antagits vara 220 mm mineralull medan den vid markisolering i kryprummet minskats till 120 mm mineralull. Denna minskning i isolering av bjälklaget motsvarar effektmässigt knappt 2 st 60 W:s lampor vid 3 luftomsättningar i kryprummet per timme medan effektökningen vid 1 luftomsättning per timme blir motsvarande 1 st 60 W:s lampa. På årsbasis räknat ökar då energiåtgången med ca 220 kwh.

Uppsatsen redovisar temperatur och RF på bjälklagets undersida för fyra beräkningsalternativ med högisolerande grundmur och för två beräkningsalternativ med grundmur av lättklinker-block. Samtliga beräkningar har utförts för 1 och 3 luftomsättningar per timme i kryprummet.

Ånghalter under lättklinkerskiktet i kryprummet har tagits fram och visar att ångtransporten under den mest kritiska delen av året nämligen sommaren, går nedåt. Beräkningarna är förenklade så att enbart ånghalten är gradient. Om även gradient i temperatur erfordras, för att erhålla korrekt fuktflöde genom lättklinkern, bör undersökas genom laboriemätningar.

Komfortkravet har visat sig uppfyllt i och med att beräkningar i uppsatsen visat att temperaturen i golvvinkeln uppgår till minst +16 °C vid minskad tjocklek på bjälklagsisoleringen till 120 mm kombinerat med grundmur av lättklinkerblock. Slutligen har uppsatsen visat att den kritiska nivån för tjälfrihet ej behöver bli avgörande vid val av markisolerat kryprum samt att ökningarna i materialkostnad är obetydliga i förhållande till ökningen i fuktsäkerhet.

## 11. REFERENSER

1. Adamson, B, Claesson J och Efring B (1971), Kryprum. Grundläggningsdjup, värmeisolering och fuktförhållanden, Rapport R29:1971, Byggeforskningen, Stockholm.
2. Blomberg, Thomas (1988), Heat 2, a PC-model for Two-Dimensional Heat Conduction, avd Byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola.
3. Elmroth, A (1975), Kryprumsgrundläggning, Rapport R12:1975, Byggeforskningen, Stockholm.
4. Hagentoft, C-E (1986), An analytical model for crawl-space temperatures and heat flows, Rapport TVBM-3012, avd Byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola.
5. Hagentoft. C-E (1990). Privata samtal.
6. Nevander, L E och Elmarsson, B (1981), Fukthandboken, AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
7. Nevander, L E (1990), Mögel på trä. Översikt ramprogram trä och fukt, Styrelsen för teknisk utveckling, Stockholm.
8. Åberg, O (1990), Design consequences for the crawl-space foundation, reducing moisture problems, avd Byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola.