



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R34:1988

**Teoretiska beräkningar på  
jordtäckt hus i Dala**

**Lars Granström  
Olov Sandberg**

R  
Jull

INSTITUTET FÖR  
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

Ser

**Byggforskningsrådet**

R34:1988

TEORETISKA BERÄKNINGAR PÅ JORDTÄCKT HUS  
I DALA

Lars Granström  
Olov Sandberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 861091-6  
från Statens råd för byggnadsforskning till Umeå uni-  
versitet, avdelningen för fysik, Umeå.

## REFERAT

I projektet har genomförts en teoretisk studie av energibalansen och temperatur-fördelningar kring ett jordtäckt hus i Dala, Kramfors kommun. Vid beräkning av effektbehovet för byggnaden behöver temperatur-fördelningen kring byggnaden vara känd. Detta problem har lösts med Finita Element beräkningar av temperatur-fördelningen kring huset. Vid dessa beräkningar har även tagits hänsyn till marktemperaturens variationer och det snötäcke som täcker marken under en del av året. Resultat visar att snötäcket har en stor betydelse för bibehållandet av en god värmehushållning för denna kategori av byggnader. Beräkningarna visar också på ett behov av erforderlig tillsatsvärme som uppgår till 9000 kWh/år eller 83 kWh/m<sup>2</sup> boendeyta och år.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R34:1988

ISBN 91-540-4884-2  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1988

## INNEHÅLL

1	Bakgrund och målsättning	4
2	Beskrivning av beräkningsobjekt	6
3	Energiberäkning med FEM-metoden	8
3.1	Temperaturvariationer i marken	11
4	Resultat och diskussion	14
4.1	Temperaturfördelningar	15
4.2	Effektbestämningar	18
4.3	Snötäckets inverkan	21
4.4	Ventilationsförluster	22
4.5	Varmvatten och hushållsel	24
4.6	Energibalans	25
5	Sammanfattning	28
6	Referenser	29

## 1 Bakgrund och målsättning

I Sverige finns sedan tidigare en viss erfarenhet av jordtäckta byggnader. Som exempel kan nämnas backstugor samt temporära bostäder som exempelvis hyddor i skog och fjäll. För inte så många år sedan var jordkällaren den vanligaste underjordsbyggnaden som var konstruerad för att kunna tillvarata markens termiska egenskaper. Det är allmänt känt att temperaturen i en jordkällare är sval under sommaren och för det mesta frostfri under vintern. Denna under året relativt konstanta temperatur orsakas av ett värmeutbyte med den omkringliggande marken. Noteras bör att endast i undantagsfall finns behov av ett litet värmetillskott för att hålla källaren frostfri under hela vintern.

Under energikrisen i början av 1970-talet började man i USA att söka nya byggformer för energisnåla hus. Man identifierade jordtäckta byggnader som ett i sammanhanget intressant område, och har därefter under de 10 senaste åren producerat en relativt stor mängd jordtäckta hus.

En avdelning vid University Of Minnesota "Underground Space Center" bildades för att utveckla, koordinera och sprida teknik och information kring underjordsbyggande. Som svensk representant har BFR i samarbete med Underground Space Center genomfört en analys om de tekniska och administrativa förutsättningarna för jordtäckta hus i Sverige. (Jordtäckta hus R10:1980)

Man konstaterar att ur energisynpunkt har jordtäckta hus flera fördelar framför konventionella konstruktioner. Bland dessa kan nämnas:

- \* **Reducerat energibehov;**  
Jordens isolerande förmåga minskar värmeavgivningen till atmosfären.
- \* **Reducerat toppeffektbehov;**  
Jordens höga värmekapacitet innebär att det kring huset bildas ett värmelager som utjämnar effektbehovet under dygnet.
- \* **Reducerad ofrivillig ventilation;**  
Jordtäckta hus är mycket täta. Detta medför att ofrivillig ventilation elimineras.
- \* **Förbättrade mekaniska egenskaper;**  
Mekaniska spänningar reduceras eftersom marken kring huset blir tjälfri.

Som ett resultat av detta samarbete har Sven Edström uppfört ett jordtäckt hus i Dala i Kramfors.

Målsättningen med det här redovisade projektet har huvudsakligen varit studier förknippade med huset i Dala. Man kan dela upp arbetet i tre huvudmoment:

1. Fastställande av energibalans för huset.
2. Beräkning av värmekuddens utseende.
3. Bestämning av värmeflödet kring huset.

## 2 Beskrivning av beräkningsobjekt

Den aktuella byggnaden är placerad i övre delen av en söderslänt för att på bästa sätt kunna tillvarata solinstrålningen mot husets öppna fasad. Huset är nedschaktat i berget och planen framför huset består av utplanade schaktmassor. Ytterväggarna är grundlagda på en betongavjämning ca 40-50 cm ovanför den nedschaktade berggrunden. De väggar som angränsar mot jord består av 19 cm betong och saknar värmeisolering. Övriga väggar är murade av betongblock eller tegel och värmeisolerade samt klädda med brädpanel. Taket består av 25 cm betong med 15 cm värmeisolering bestående av uretanmassa, ca 10 cm sand samt 50-70 cm jord med gräsmatta. Markisoleringen sträcker sig ca: 2 m ut från byggnaden. Taket är utkragat 90 cm och har en murad front med kontreforer för att motstå jordtrycket. Denna utkragning är värmeisolerad med 10 cm mineralull och dessutom klädd med brädpanel. Under golvet finns en ventilerad grusbädd bestående av 40-50 cm sand/singel.

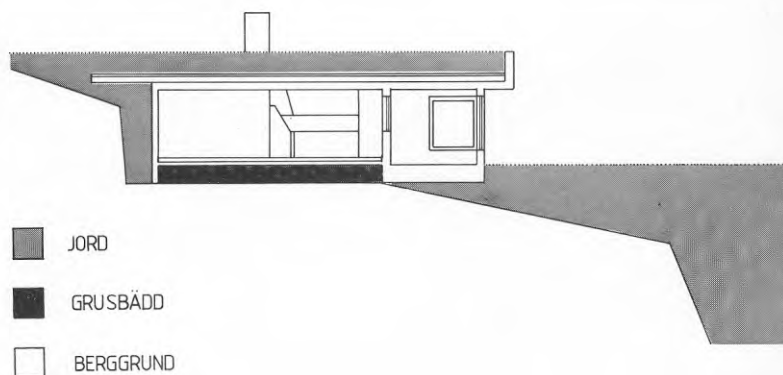


Fig 1. Tvärsnitt av det jordtäckta huset sett från väster.

Entrén ligger på östra sidan av huset. Samtliga fönster på byggnaden finns på långsidan mot söder. Framför köket finns en glasveranda. Vardagsrummet ligger i anslutning till köket för att skapa en ljus och trivsamt miljö. Mot framsidan av huset ligger även två sovrum. Mot innerväggen finns kapprum, wc/dusch och ett tvättrum. Alla med indirekt belysning. I övrigt finns läsvrå som en utvidgning av vardagsrummet, ett gästrum samt ett apparatrum för uppvärmning och ventilation av huset. Den totala boendeytan uppgår till 108 kvm.



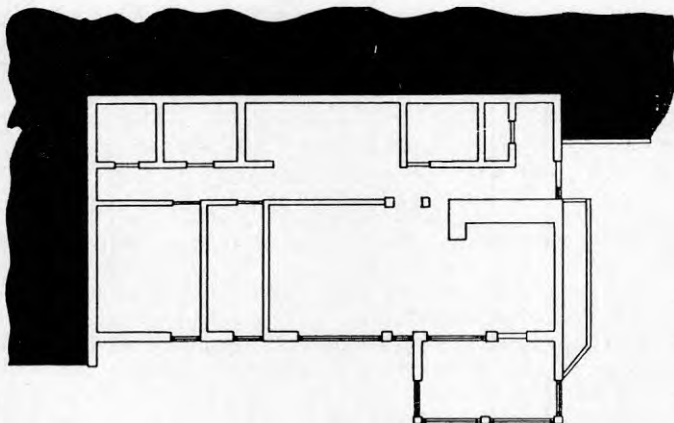


Fig 2. Översiktsritning av huset.

Uppvärmning av huset kan ske med flera kompletterande system. För närvarande används huvudsakligen el och fasta bränslen (ved) för uppvärmning.

I ett senare skede kommer ett drivhus att byggas i en slänt nedanför huset. Från drivhuset skall uppvärmd luft ledas in till huset. Luften skall genom passage i grusbädden också värma berggrunden under huset så att en värmekudde bildas under huset.

### 3 Energiberäkning med FEM-metoden

Ett normalt hus med alla väggar och tak mot luft bereder inga större problem vad gäller teoretiska energiberäkningar. För samtliga klimatskärmar är k-värden klart definierade liksom yttre- och inre lufttemperaturer. Vid underjordsbyggande däremot är endast innetemperaturen i byggnaden känd. För att då kunna göra beräkningar på värmeflödet ut från byggnaden behöver man känna yttre-temperaturen på betongväggen. Denna kan fås endera genom temperaturmätningar eller via teoretiska beräkningar. Beräkningar är ofta mycket tidsödande och besvärliga och ibland omöjliga att utföra för hand. Med hjälp av en approximativ beräkningsmetod som kallas finita-element-metoden kan dock såväl statiska som dynamiska värmeflöden simuleras på en dator, även i fall med komplicerad geometri.

För att kunna göra dessa beräkningar måste ett eller flera snitt i huset väljas. Dessa snitt indelas i superelement där varje superelement i sin tur indelas i ett finare elementnät. En enskild materialtyp kan antingen definieras i ett helt superelement eller var för sig i de finare elementen. Varje nod i detta elementnät svarar mot en viss koordinat i den verkliga konstruktionen. FEM-beräkningarna ger som resultat temperaturen i varje nod. Med dessa nodtemperaturer och vetskap om var noderna befinner sig i rummet kan sedan normala energiberäkningar utföras.

För huset i Dala har två modeller av tvärsnittet i huset konstruerats. Båda modellerna beskriver samma tvärsnitt men med skillnaden att den ena modellen även beskriver ett snöskikt ovanpå och framför huset. Modell 1 har 18 superelement, 1232 finare element samt 689 noder medan modell 2 har 24 superelement, 1368 finare element och 759 noder. Generellt kan sägas att fler element ger säkrare värden på beräkningarna.

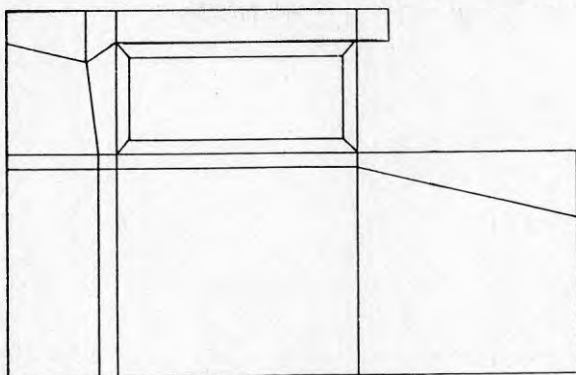


Fig 3. Superelementindelning av byggnaden för simuleringar utan snö.

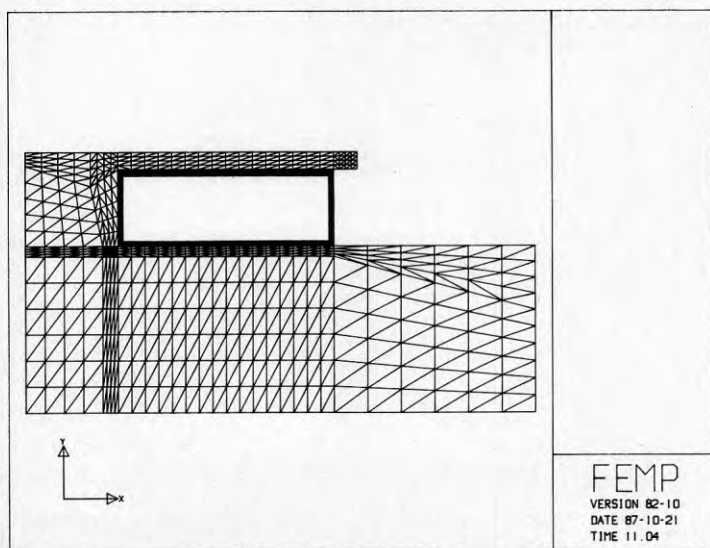


Fig 4. Den finare elementindelningen för föregående modell består av 1232 element och 689 noder.

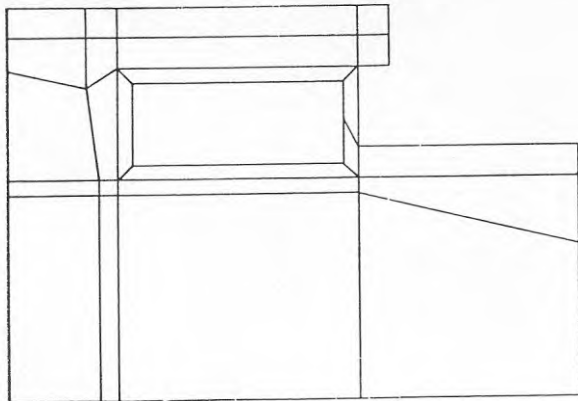


Fig 5. Superelementindelning av byggnaden för simulering med snö ovanpå och framför byggnaden.

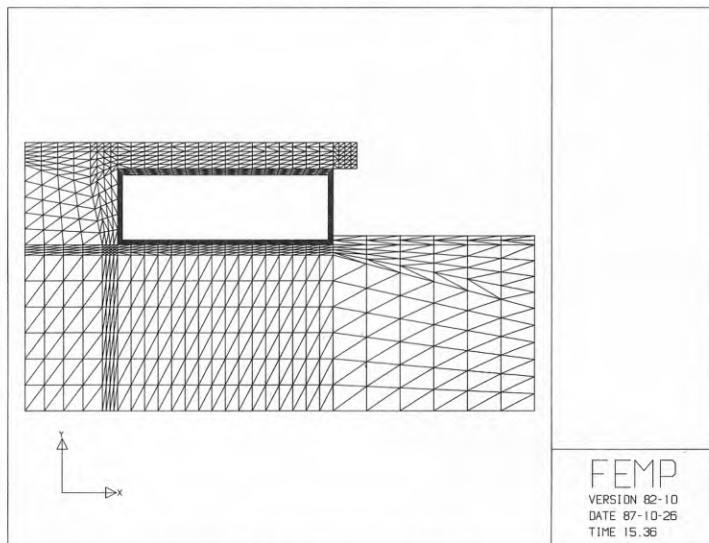


Fig 6. Den finare elementindelningen för föregående modell med snö består av 1368 element och 759 noder.

För FEM-beräkningarna har vi antagit att utetemperaturen, innetemperaturen samt temperaturen på ett visst djup i berggrunden varit kända. Referenstemperatur i berggrunden behövs för att FEM-beräkningarna skall kunna genomföras. Temperaturen 10 m ned i berggrunden valdes i detta fall därför att denna temperatur är relativt konstant under året.

### 3.1 Temperaturvariationer i marken

För att åskådliggöra hur temperatursvängningar vid markytan uppträder på lägre markdjup skall vi här härleda ett uttryck för temperatur-variationen på ett visst djup  $x$ .

Vi antar att lufttemperaturens variation under året året är känd. Temperaturdata för Härnösand är hämtade ur VVS-handboken.

Lufttemperaturens årstidsvariation kan beskrivas approximativt med en enkel periodisk funktion med funktionsmax under sommaren och min under vintern.

$$T = T_m + T_o \cdot \sin(\omega t) \quad (1)$$

Där  $T_m$  = medeltemperaturen under året.

$T_o$  = skillnaden mellan max- och min-temp.  
delat med två

$$\omega = 2\pi/t$$

Under markytan kommer man att få en dämpning av temperaturvariationerna samt även en eftersläpning av temperaturen (fasändring).

Uttrycket för temperaturvariationen på ett visst djup kan då tecknas

$$T(x) = T_m + A(x) \cdot T_o \cdot \sin(\omega t - kx) \quad (2)$$

Där

$$A(x) = e^{(-x(\omega/2a)^{-\frac{1}{2}})} \quad (3)$$

$A(x) \cdot T_o$  beskriver amplituden för en dämpad temperaturvåg.

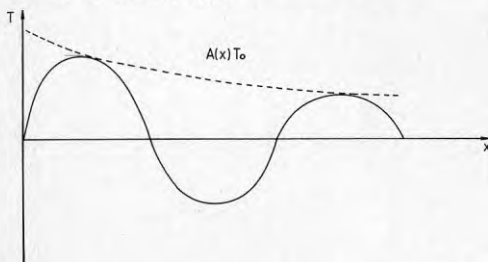


Fig 7. Amplitud för en dämpad temperaturvåg beroende av djupet.

För  $x = 0$  ser vi att lösningen reduceras till vårt randvillkor  $T(0) = T_m + T_o \sin(\omega t)$  vilket gällde för lufttemperaturen vid markytan

Insättning av (3) i (2) ger

$$T(x) = T_m + T_o * e^{(-x(\omega/2a)^{-\frac{1}{2}})} * \sin(\omega t - x(\omega/2a)^{-\frac{1}{2}})$$

vilket kan reduceras om vi inför  $k = (\omega/2a)^{-\frac{1}{2}}$

Där  $a = \lambda / \rho c$  brukar kallas den termiska diffusiviteten, utgör ett mått på värmevägens utbredningshastighet.

$$T(x) = T_m + T_o * e^{(-xk)} * \sin(\omega t - xk) \quad (4)$$

Detta uttryck beskriver temperaturvariationen  $x$  m ned i berggrunden.

Berggrunden består av granitliknande urberg och därför har värden för granit använts i dessa beräkningar.

$$\omega = 1.99 * 10^{-7} \text{ s}^{-1}$$

$$\rho = 2.7 * 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda = 3.5 \text{ W/mK}$$

$$c = 0.82 \text{ kJ/kgK}$$

Insatta värden på  $\omega$ ,  $T_m$ ,  $T_o$  och  $k$  ger den temperaturkurva som finns redovisad i fig 9.

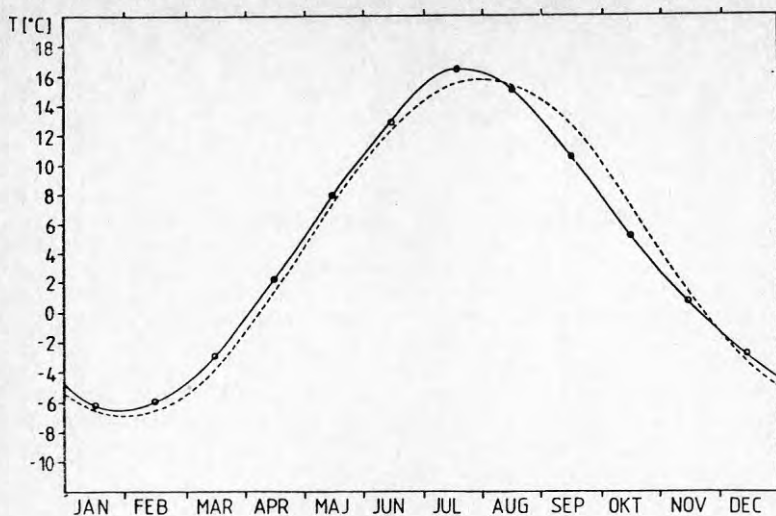


Fig 8. Den heldragna grafen visar utetemperaturen under året där ringarna anger medeltemperaturen för varje månad. Den streckade grafen visar den vid markytan approximerade utetemperaturen. Figuren visar att utetemperaturen väl ansluter sig till en sinusformad approximation.

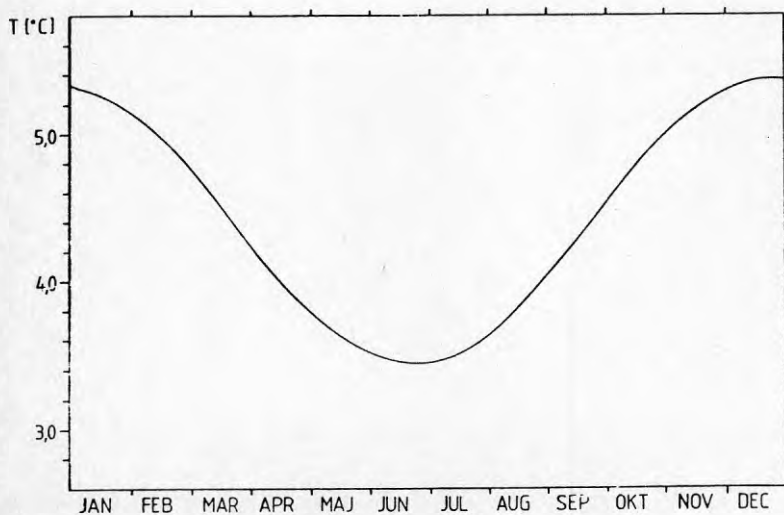


Fig 9. Denna graf visar marktemperaturen på 10 m djup. Ur figuren fås dessutom att marktemperaturen är ca 5 månader förskjuten i förhållande till utetemperaturen.

#### 4 Resultat och diskussion

De resultat som genererats av dessa beräkningar påverkas i viss utsträckning av de förutsättningar och antaganden som gjorts. Vi gör därför en kort repetition:

För beräkningarna har medelvärden av månadstemperaturer och snödjup för Härnösand använts. Soldata för Östersund har använts för att data för Härnösand ej finns tabellerade. Östersund ligger dock på samma breddgrad som Härnösand. Samtliga värden är hämtade från VVS-handboken och utgör medelvärden för en 30-års period. Dessutom har antagits 10% horisontavskärmning och 10% reduktion för treglasfönster. Alla fönster är orienterade mot söder. För ventilationen antas 0.5 luftomsättningar per timme samt att inomhustemperaturen har satts till +20°C.

$$\text{Golvyta} = 108 \text{ m}^2$$

$$\text{Takyta} = 108 \text{ m}^2$$

$$\text{Dörryta} = 1.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Fönsteryta} = 6 \text{ m}^2$$

$$\text{Väggyta som angränsar mot jord} = 57 \text{ m}^2$$

$$\text{Väggyta som angränsar mot luft} = 33 \text{ m}^2$$

Materialdata för de förekommande materialen har hämtats från VVS-handboken.

Material	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/mK
GRANIT	2.7 10 <sup>3</sup>	3.5
JORD	1.03 10 <sup>3</sup>	0.5
BETONG	2.3 10 <sup>3</sup>	1.74
GRUSBÄDD	1.8 10 <sup>3</sup>	1.2
MARKISOLERING	1.45 10 <sup>2</sup>	0.05
SNÖ	1 10 <sup>2</sup>	0.06

Tabell 1. Förteckning över de material som förekommer i FEM-beräkningarna och effektbestämningarna.



#### 4.1 Temperaturfördelningar

Med FEM-beräkningarna har först temperaturen i varje nod beräknats. Eftersom varje nod definierar ett hörn i ett element i den fina elementindelningen innebär detta att varje FEM-beräkning ger 689 respektive 759 nodtemperaturer beroende på vald modell. Nedanstående figurer visar temperaturfördelningar kring ett tvärsnitt av huset vid tre olika månader. Figurerna visar temperaturfördelningarna för juli, oktober och december. Noteras bör att för oktober kan tydliga temperaturgradienter urskiljas vid isoleringen på taket samt ytterväggen. Under december då även snötäcket har lagt sig fås en tydlig gradient i snötäcket. Detta indikerar att här föreligger ett stort värmegenomgångsmotstånd. Det har visat sig att temperaturen är ca  $10^{\circ}\text{C}$  4 meter under byggnaden under samliga av årets månader.

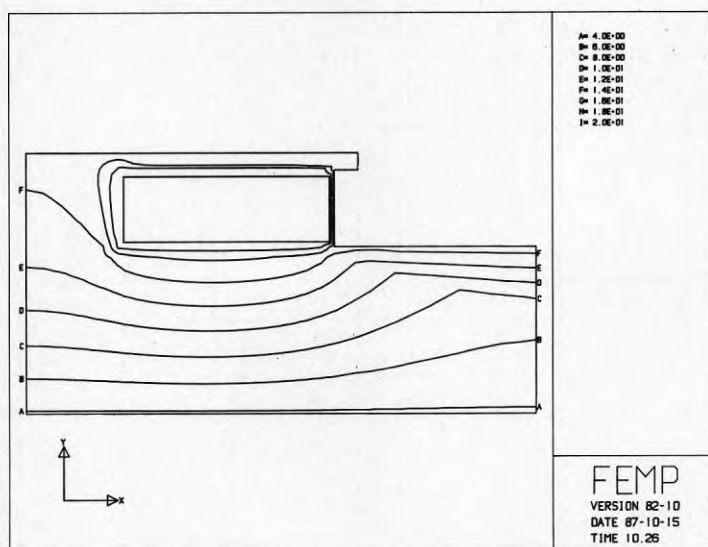


Fig 10. Temperaturfördelning kring huset i juli.

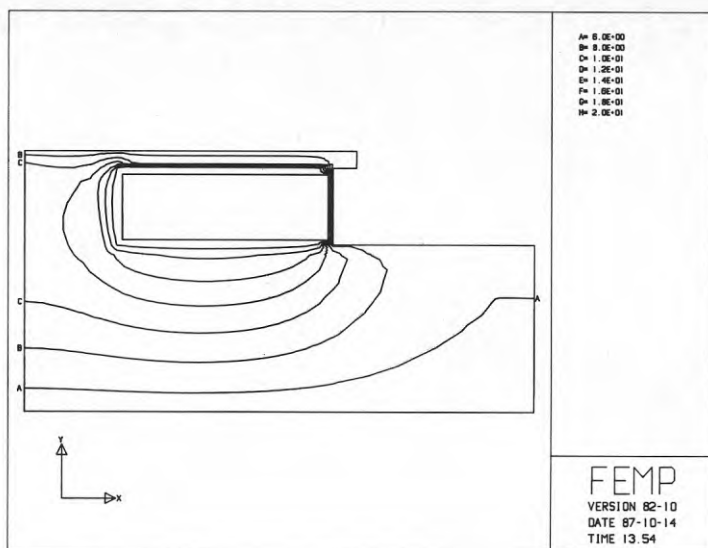


Fig 11. Temperaturfördelning kring huset i oktober. Tydliga temperaturgradienter kan urskiljas i ytterväggen och markisoleringen på taket.

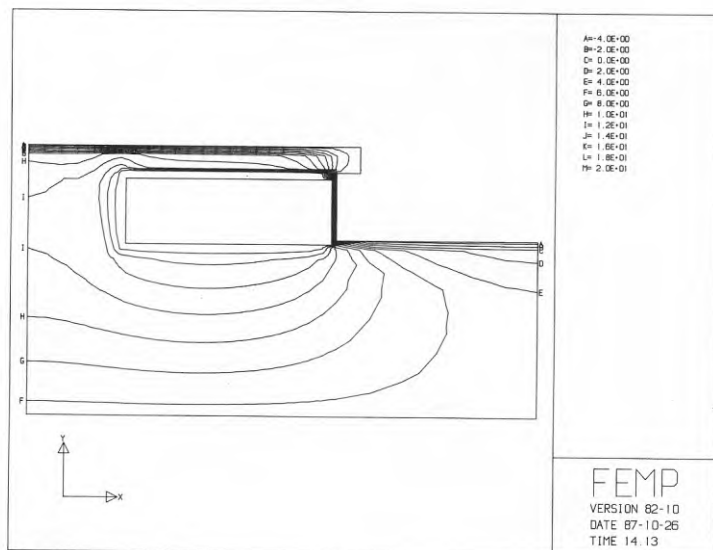


Fig 12. Temperaturfördelning kring huset i december. Här kan snötäcket på och framför huset urskiljas som en tydlig temperaturgradient.

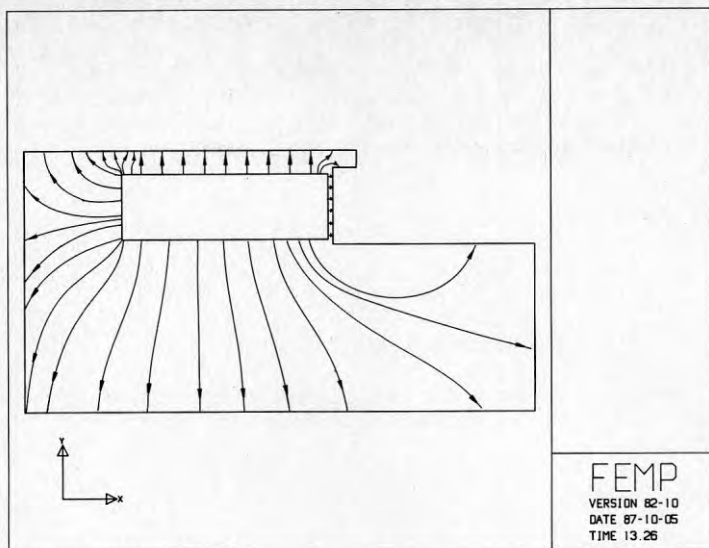


Fig 13. Värmeflödet kring huset i oktober.

## 4.2 Effektbestämningar

För att beräkna det värmeflöde som leds ut till omgivningen behöver vi veta k-värdet för byggnadens delar. Med kännedom om k-värdet, inne- och utetemperaturerna kan transmissionen beräknas.

k-värdet definieras normalt som:

$$1/k = M + m_i + m_y \quad (5)$$

där M = totalt värmemotstånd (m K/W)

$m_i + m_y$  = summan av värmeövergångsmotståndet för byggnadsdelens båda sidor.

M kan tecknas som

$$M = \sum_j d_j / l_j \quad (6)$$

där  $d_j$  = byggnadsdelens materialtjocklek

$l_j$  = byggnadsdelens värmeledningsförmåga

Detta ger att;

$$1/k = \sum_j d_j / l_j + (m_i + m_u) \quad (7)$$

För byggnadsdelar som angränsar mot det fria brukar man anta  $m_i + m_u = 0.17$  m K/W

I detta fall kan detta värde ej användas för de byggnadsdelar som angränsar mot jord. Ett rimligt antagande är att värmeövergångsmotståndet för den del av byggnaden som angränsar mot jord är så litet att detta kan försummas. Detta innebär att det ej bildas någon temperaturgradient vid övergången från vägg till jord. I beräkningarna har  $m_i + m_u$  approximerats till  $m_i + m_u = 0.08$  för de delar som angränsar mot jord.

Effektförlusterna för en enskild byggnadsdel kan då tecknas som

$$P_n = k_n * A_n (T_i - T_u) \quad (8)$$

och för den totala byggnaden

$$P_{tot} = \sum_n P_n \quad (9)$$

Där  $k_n$  = k-värdet för de olika byggnadsdelarna.

$A_n$  = arean för de olika byggnadsdelarna.

$T_i$  = innetemperaturen.

$T_u$  = yttertemperaturen för de olika byggnadsdelarna.

Nodtemperaturerna på utsidan av de byggnadsdelar som angränsar mot jord har beräknats med hjälp av FEM-metoden. Ett medelvärde för golv, tak resp väggar har beräknats. Dessa temperaturer ligger sedan till grund för effektbestämningarna.

På grund av det omfattande arbete som krävs för varje beräkning har ej samtliga månader kunnat beräknas. Vissa har approximerats ur de beräknade värdena på den klimatstyrda effektförlusten för angränsade månader.

$k_{\text{golv}}$	5.28
$k_{\text{tak}}$	4.47
$k_{\text{väggar mot jord}}$	5.28
$k_{\text{framvägg}}$	0.22
$k_{\text{fönster 2 glas}}$	2.6
$k_{\text{fönster 3 glas}}$	1.7
$k_{\text{dörr}}$	1.2

Tabell 2. Beräknade k-värden för byggnadens olika delar.

MÅN	$\Delta T_{\text{tak}}$ °C	$\Delta T_{\text{golv}}$ °C	$\Delta T_{\text{vägg}}$ °C	P kWh
JAN	0.516	1.001	0.448	1222
FEB	-	-	-	1300
MAR	0.570	1.155	0.458	1303
APR	0.659	1.150	0.598	1213
MAJ	-	-	-	960
JUN	0.250	1.110	0.400	753
JUL	-	-	-	720
AUG	0.180	1.040	0.355	736
SEP	0.252	0.999	0.383	759
OKT	-	-	-	985
NOV	0.700	1.340	1.350	1467
DEC	0.497	0.999	0.445	1195

Tabell 3. Beräknade medelvärden på temperaturdifferensen hos väggarnas in- respektive utsidor samt den av transmission beroende effektförlusten. I de ställen markerade med ett - har effektförlusten approximerats ur de närliggande värdena.

### 4.3 Snötäckets inverkan

Snötäcket fungerar genom sin låga värmeledningsförmåga som ett isolerande materialskikt varför effektbehovet minskar under den tid som snön täcker backen ovanpå och kring huset. Detta framgår tydligt genom en markant nedgång av de klimatstyrda effektförlusterna under december till mars vilket också är de månader som har simulerats med snötäcke.

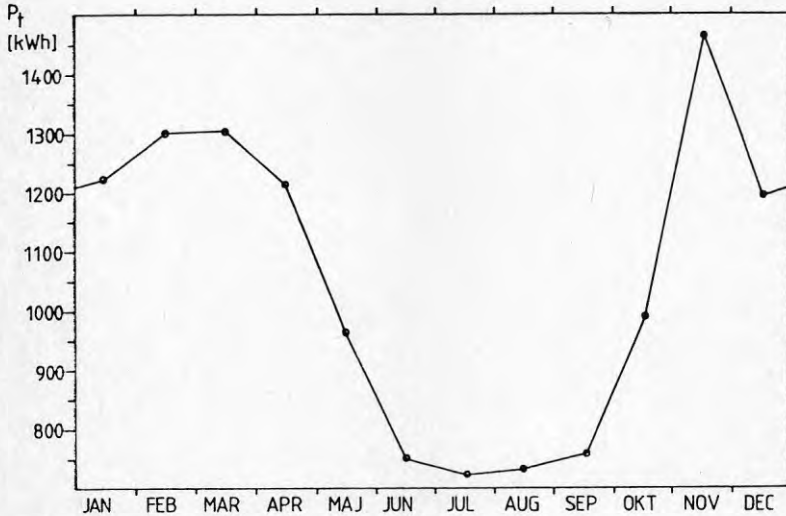


Fig 14. Visar de av transmission beroende effektförlusterna. Ringarna markerar medelvärdet av effektförlusten för varje månad. Denna förlust minskar kraftigt under december, januari, februari och mars beroende på det snötäcke som täcker marken.

## 4.4 Ventilationsförluster

De effektförluster som uppkommer till följd av ventilation kan enligt SBN 80 ekvation 35:32b tecknas som

$$P_v = 0.33 * n * V * (T_i - T_u)$$

Där n = antalet luftomsättningar per timme

V = bostadens volym

$T_i$  = Innetemperaturen

$T_u$  = Utetemperaturen

MÅN	$\Delta T$ °C	$P_v$ kWh
JAN	26.2	983
FEB	25.8	874
MAR	22.8	856
APR	17.8	646
MAJ	12.2	458
JUN	7.3	266
JUL	3.7	138
AUG	5.0	187
SEP	9.6	349
OKT	15.1	567
NOV	19.3	701
DEC	22.7	852

Tabell 4. Skillnaden mellan inne- och utetemperatur samt den av ventilation beroende effektförlusten.



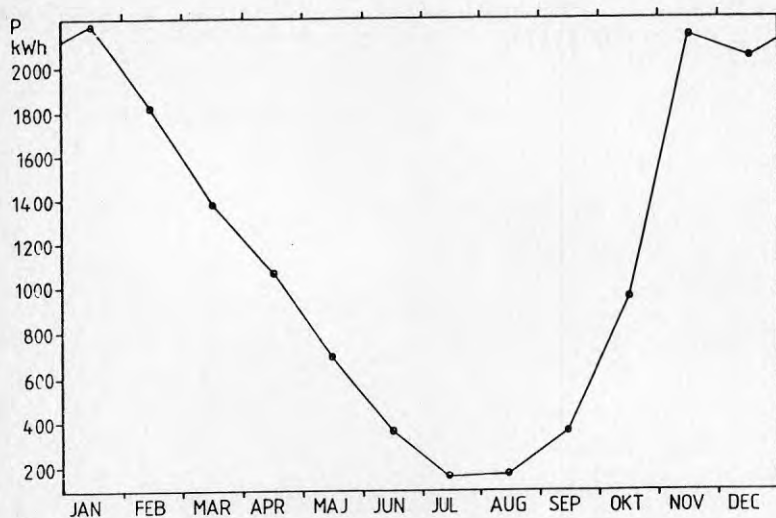


Fig 15. Visar det klimatstyrda effektbehovet under året där ringarna markerar medelvärdet för varje månad.

#### 4.5 Varmvatten och hushållsel

Då några data på förbrukningen av varmvatten- och hushållsel inte ännu finns tillgängliga för huset i Dala har uppgifter på effektbehovet för varmvatten och hushållsel hämtats från Byggforskningsrådets publikation (R64:1982 Jordtäckta hus Förstudie)

#### 4.6 Energibalans

Kommentarer till energibalanstabell:

I tabellerna anges husets energiförluster, tilskottet av energi samt behovet av betald energi.

##### FÖRLUSTER:

För att beräkna de effektförluster som uppkommer till följd av transmission har ekvation (9) använts. Dessa beräkningar är baserade på de av FEM simulerade temperaturerna på utsidan av byggnadens delar som angränsar mot jord. Hänsyn har då också tagits till marktemperaturens variation under året.

För ventilationsförlusterna har ekvation (10) använts.

##### HUSHÅLLSKONSUMTION:

Data för förbrukning av varmvatten och hushållsel har hämtats från BFR rapport R64:1982 (Jordtäckta hus förstudie)

##### TILLSKOTT:

Personvärme har approximerats för två vuxna personer.

Tillskott av varmvatten och hushållsel har hämtats från BFR rapport R64:1982 (Jordtäckta hus Fförstudie).

Solinstrålningen har beräknats med utgångspunkt från soldata gällande för Östersund då huset i Dala ligger på samma breddgrad. I beräkningarna har antagits 10% horisontavskärmning samt 10% reduktion för treglasfönster. Den instrålade effekten beräknas då som;

$$P_n = \phi A \quad (11)$$

där  $\phi$  = solstrålningens effekt/m<sup>2</sup> (W/m<sup>2</sup>)

A = fönstrets area (m<sup>2</sup>)

Den totala effekten kan då tecknas som;

$$P_{\text{sol}} = \sum_n P_n$$

där  $n$  = antalet fönster

Det totala energitillskottet fås genom summering av personvärme, varmvatten, hushållsel och solinstrålning.

**TOTALT:**

Erfordelig tillsatsvärme beräknas som summan av förlusterna för transmission och ventilation subtraherat med summa tillskott.

Summa betald energi är då summan av erfordelig tillsatsvärme och hushållskonsumtion.

Tabell 5. Energibalansstabell

PERIOD	KLIMATDATA		FÖRLUSTER		HUSHÅLLSKONSUMTION		TILLSKOTT					TOTALT			
	TEMPERATUR SKILLNAD	GRADTIMMA	TRANSMISSION	VENTILATION	VARMVATTEN	HUSHÅLLSEL	BASVÄRME			SOLSTRÅLNING GENOM FÖNSTER	SUMMA TILLSKOTT	ERFORDERLIG TILLSATSVÄRME	ÖVERSKOTT'S VÄRME	HUSHÅLL'S KONSUMTION	SUMMA BETALD ENERGI
							PERS	VARMVATTEN	HUSHÅLLSEL						
							1	2	3						
°C	°C <sub>h</sub>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
JAN	26.2	19493	1222	983	330	385	147	66	270	13	496	1709	0	715	2424
FEB	25.8	17338	1300	874	300	385	147	60	270	355	832	1819	0	685	2504
MAR	22.8	16963	1303	856	360	385	147	72	270	762	1251	908	0	745	1653
APR	17.8	12816	1213	646	400	385	147	80	270	777	1274	585	0	785	1370
MAJ	12.2	9079	960	458	330	325	147	66	225	711	1149	269	0	655	924
JUN	7.3	5256	753	266	330	325	147	60	225	650	1082	0	63	655	655
JUL	3.7	2753	720	138	170	325	147	34	225	688	1094	0	236	495	495
AUG	5.0	3720	736	187	300	325	147	60	225	744	1176	0	253	625	625
SEP	9.6	6912	759	349	360	385	147	72	270	733	1222	0	114	745	745
OKT	15.1	11234	985	567	370	385	147	74	270	585	1076	476	0	755	1231
NOV	19.3	13896	1467	701	420	385	147	84	270	22	523	1645	0	805	2450
DEC	22.7	16889	1195	852	380	385	147	76	270	6	499	1548	0	765	2313
ÅRET	15.6	136349	12613	6877	4050	4380	1764	804	3060	6046	11674	8959	666	8430	17389

## 5 Sammanfattning

Vi har genomfört en teoretisk studie av energibalansen och temperaturfördelningar kring ett jordtäckt hus i Dala, Kramfors kommun.

Beräkningarna pekar på ett behov av erforderlig tillsatsvärme som uppgår till 9000 kWh/år eller 83 kWh/m<sup>2</sup> boendeyta och år.

I våra beräkningar tas även hänsyn till markens temperaturvariation under året vilket i normala hus är av mindre betydelse.

Beräkningarna visar vidare att snötäcket har en stor betydelse för bibehållandet av en god värmehushållning för denna kategori av byggnader.

Med stöd av BFR kommer kompletterande mätningar att utföras under 1988/89 varvid det finns möjlighet att verifiera beräkningarna.

## 6 REFERENSER

Beckman, O, Kjöllnerström, B, Sundström, T,  
Energilära, Grundläggande termodynamik för  
högskolestudier

University of Minnesota, 1978, The Underground Space  
Center, Earth sheltered housing design.

Seegerlind, L, J, 1984 Applied Finite Element Analysis  
(John Wiley and Sons, inc ,1984)

Häggblad, H, Nilsson, L, Oldenburg, M, 1983:07 T, Fem  
An interactive, graphic finite element program for  
small and large computer systems, Verification and  
Demonstration manual.

Nilsson, L, Oldenburg, M, 1983:08 T, Fem An  
interactive, graphic finite element program for small  
and large computer systems, User's manual.

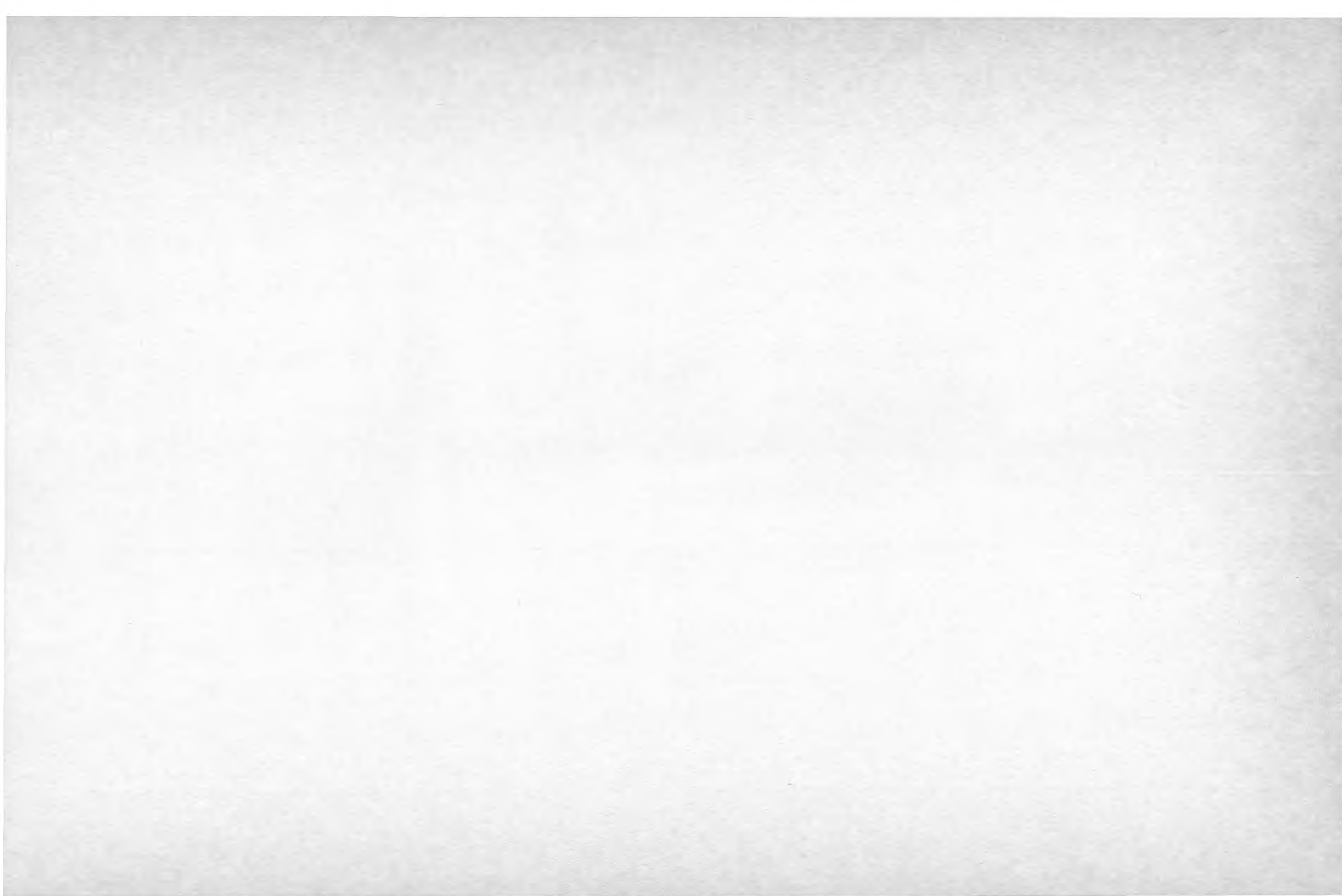
Jansson, B, 1986 , Huset som gick under jorden,  
Bygghälsa, dec, 1986, p. 32-34.

Svensk Byggnorm, SBN 80, (Statens Planverks  
Författningssamling, PFS 1980:1) Stockholm 1982

VVS-handboken, Tabeller och diagram, Förlags AB VVS,  
Södertälje 1974









Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 861091-6 från  
Statens råd för byggnadsforskning till Umeå universitet,  
Avdelningen för fysik, Umeå.

№ 4: 1700 1 КОПИЯ НА ПЕЧАТНИКАТ НА ЮРИДИЧНИ И НА И ДАТА L O ГРАНТОМ, O САНДБЕРГ

R34: 1988

ISBN 91-540-4884-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6708034

Abonnemangsgrupp:  
Z. Konstruktioner och material

Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm

Cirka pris: 30 kr exkl moms