



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

R1:1979

**Inneluftsventilerade
kryprum
—en möjlighet till
resursbesparing**

**Jaak Linkhorst
Sture Samuelsson**

Byggforskningen

R1:1979

INNELUFTSVENTILERADE KRYPRUM
- EN MÖJLIGHET TILL RESURSBESPARING

Jaak Linkhorst
Sture Samuelsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 771071-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Bjerking
Ingenjörbyrå AB, Uppsala.

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

UDK 697.9:69.021
697.95

R1:1979

ISBN 91-540-2952-X
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1978 860726

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
BAKGRUND	9
SYFTE	10
PROJEKTETS GENOMFÖRANDE	10
TEKNISK FUNKTION	10
MYNDIGHETERNAS KRAV	15
STUDERADE OBJEKT	17
Trägrunder	28
Varmluftsuppvärmning	34
FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	37
Ventilationssystem	37
Grundmurskonstruktioner	40
Projektförslag	44
LITTERATUR	47
ÖVRIGA REFERENSER	50

SAMMANFATTNING

Intresset för inneluftsventilerade kryprum är stort, och ett flertal försök har utförts med olika lösningar på grundkonstruktionen. I detta projekt har ett antal intressanta system granskats och följts upp genom intervjuer. Dessutom har de byggnadstekniska mekanismerna studerats. Förslag lämnas på det principiella utförandet av kryprummet. Detta omfattar dels förslag på ventilation- och uppvärmningsprinciper och dels olika utföranden av grundkonstruktionerna.

Ur teknisk synpunkt kan ett inneluftsventilerat kryprum rent allmänt beskrivas som en konstruktion med platta på mark. Man har flyttat ned isoleringen från golvbjälklaget och lagt det på marken. Fukt- och värme-förhållandena är huvudsakligen beroende av byggnadens geometri, bjälklagets isolering, sockel- och markisolering i kryprummet, marknivå, isolering av markytan utanför sockeln, klimat och markförhållanden. För att uppnå den önskade temperaturen i kryprummet isoleras grundmur och mark, samtidigt som golvbjälklaget lämnas oisolerat. För en begränsning av avdunstningen förses marken med en fuktspärr. Stora krav måste ställas på tätningen av kryprummet. Utrymmet kommer att stå under en tryckskillnad mot omgivningen och ett läckage kan ge stora fuktproblem. Speciellt måste anslutningen mellan bjälklag och grundmur vara väl utförd.

Svensk byggnorm 1975 (SBN 75) ger inga speciella anvisningar för en dimensionering av ett inneluftsventilerat kryprum. För en beräkning av erforderlig isolertjockleken på marken och grundmur jämnställs kryprummet med golvkonstruktion på jord och i vägg direkt mot det fria eller genom jord mot det fria.

Beträffande höjden i utrymmet, så säger SBN 75 att den skall vara minst 0,30 m. Dessutom föreskrivs inspekterbarhet, vilket medför att höjden åtminstone delvis bör vara 0,60 m. Rördragningar och kopplingsarbeten måste dock utföras innan kryprummet är färdigställt, för att tillgodose Arbets- och skyddsstyrelsens krav på arbetshöjd.

Ett antal objekt byggda på senare år har studerats. I Uppsala har en liten grupp byggts med ett enkelt system som utnyttjar förbrukad ventilationsluft. Bjälklaget består av lättbetongelement. Rumsluften sugs ner i kryprummet med hjälp av en fläkt och sugs senare ut genom ventilationsöppningar i kryprunden. Ingen isolering finns på marken. Plastfolie ligger på den avjämnade schaktbotten. Enligt utförda mätningar på ett objekt varierar temperaturen mellan 12-15 °C. Luftfuktigheten överstiger

inte 75 % rel fuktighet.

I ett annat lättbetonghus använder man samma princip men till skillnad från det föregående alternativet avlägsnas luften från kryprummet via mekanisk ventilation med värmeväxling.

Munther har utvecklat ett speciellt system där man utnyttjar kryprummet som värmeväxlare genom att växla kall tilluft med varm återluft med hjälp av ett plåtbjälklag. En uppföljning av systemet visar att man uppnår besparingar i energiförbrukning jämfört med liknande hus utan detta kryprumsutförande.

Brosenius har vid provhus tillämpat metoden att trycka ned luft i kryputrymmet med hjälp av fläkt. Luften värmer bjälklaget och pressar tillbaka markfuktigheten och förs ut via öppningar i grundmuren.

Bjerking har tillämpat systemet med varmluftsventilerade kryprum i samband med s k kasungrundläggning. Kryprummet består av en betonglåda med platta och grundmur. Det oisolerade bjälklaget är av betong. Varken i bjälklaget eller undergrund finns det någon fuktspärr. Isoleringen finns på grundmurens insida och på marken c:a en och en halv meter in. Kryprummet fungerar så att luft bestående dels av uteluft och dels av frånluft från lägenheterna distribueras till trapphusen genom springor i ytterdörrarna. Via trapphusen leds luften ned i kryprummet varvid luften värms upp av värmeförlusterna från varmvattenledningar. Från kryprummet förs luften genom bjälvdrag till badrummen varifrån den förs vidare ut till lägenheterna.

Ett system som liknar uppvärmda kryprum är den s k värmegrunden utvecklad av Hugo Larsson och byggd bl a av BPA i Jönköping. Uppvärmning av huset sker till största delen med hjälp av varmluft som fås från en ackumulator av makadam placerad i grunden. Ekonomin i systemet fick man genom att uppvärmningen av makadamackumulatören skedde med el under natten då elpriserna är lägre. Genom den energipolitik som numera förs har systemet blivit ogynnsamt.

Elementhus har byggt ett hus där väggarna genom en speciell konstruktion fungerar som värmeväxlare. Även grunden är här utförd enligt samma princip och bygger också på principen om varmt kryprum. En plastfolie är placerad på sockeln och på marken. På marken är den avtäckta med sand och på sockelns insida finns en isolering placerad. Luft från bad, kök m m pressas igenom en speciellt perforerad skiva i bjälklaget via en mineralullsskiva (Gullfiber-fasadskiva) ner i kryputrymmet. I kryprummet har man

ett undertryck och suger alltså ner luften. Denna leds sedan från kryprummet till nedgrävda kabelrör. Meningen var att komplettera systemet med en värmepump för att täcka husets varmvattenbehov. Ur täthetssynpunkt valde man att arbeta med undertryck då ett övertryck medför att man får en varm fuktig luftstråle genom ev otätheter i grundmuren. En utvärdering av försöken har inte gjorts ännu men inga negativa effekter har framkommit. En speciell effekt som man påpekar är att kryprummet fungerar som en halv värmeväxlare där marken fungerar som värmeackumulator.

Tellstedt har konstruerat varma kryprum till ett grupphusområde. Grunden ventileras via friskluftsintag i form av plaströr och evakueras med hjälp av rektangulära eternitkanaler som mynnar ovan tak. I kryputrymmet finns vatten och avloppsledningar plus distributionsledningar för fjärrvärme. Ändrade lånebestämmelser medförde enligt Tellstedt, att lönsamheten försvann i det annars väl fungerande systemet.

Det i USA och Kanada väl beprövade, men i Sverige ganska okända trägrundläggningen har studerats speciellt. Fördelarna med en trägrund är att det är en torr metod och dessutom mindre sättningskänslig. Att systemet ej fått större spridning i Sverige, beror till stor del på en del misslyckade försök. De amerikanska grunderna har byggt enligt mycket noggranna föreskrifter och därigenom har man troligtvis eliminerat många dåliga konstruktioner.

Ett tänkbart sätt att utnyttja kryputrymmet, är för distribution av varmluft. Detta visar en genomgång av ett uppvärmningssystem med varmluft, som främst bygger på NILCON-systemet. Ett varmluftsaggregat är användbart både för eluppvärmning och för fjärrvärme. En kostnads kalkyl visar att totalkostnaden för ett lågtemperatursystem för fjärrvärme blir lönsammare än ett konventionellt system.

Två olika systemförslag presenteras, för utnyttjandet av ett kryprum. Det ena förslaget bygger på principen att tillvarataga värme ur rumsluft, främst för att uppnå en förhöjd temperatur i kryprummet. Det andra systemet använder kryputrymmet som distributionskanal för varmluft. Bägge systemen kräver att konstruktionen är utförd på ett sätt som dels begränsar värmeförlusterna gentemot omgivningen och dels ger erforderlig tätning.

Kryprumsalternativen föreslås bli kombinerade med tre olika grundläggningsprinciper. Dessa är en murad grund, en betongelementgrund och en trägrund. Den murade grunden är isolerad på insidan och täckt med en folie och träfiberskiva. Isoleringstjocklekar är beräknade för olika zoner och grundförhållanden.

En speciell lösning anvisas för tätningen mellan golvbjälklaget och grundmuren.

För grunden med betongelementet användes det s k EW-elementet, som är anpassningsbart för inneluftsventilerat kryprum. Muren isoleras till marknivån i kryprummet. Detta är öven fallet med trägrunden som utvändigt är beklädd med en Platonfolie. Impregnerad plywood och syll föreskrivs också.

Projektet har visat att ett flertal lyckade försök genomförts och att man uppnått besparingseffekter. Dock kvarstår en del frågor som närmare måste undersökas. Diskussioner med olika intressenter visar att det finns ett stort intresse för fortsatta försök med denna typ av kryprum.

Det fortsatta arbetet bör inrikta sig på att pröva principerna på provhus. Detta skulle ge ett utmärkt tillfälle att genom mätningar dokumentera fukt- och värmeförhållandena i de inneluftsventilerade kryprummen, då full klarhet ej kan nås enbart genom teoretiska resonemang. Därigenom skulle också de byggnadstekniska och installationstekniska detaljerna kunna utvecklas.

BAKGRUND

Grundläggningen av hus fyller flera funktioner och valet av metod kan på flera sätt påverka ekonomin under byggande och drift. Den är också en av de viktigaste byggnadsdelarna och för att våga pröva nya metoder måste man ha ett säkert underlag.

En av de mest beprövade metoderna för grundläggning av småhus är uteluftsventilerade kryprum, som är väl studerade och som normalt fungerar tillfredställande men som ställer stora krav på rätt utförande. Metoden kan ge fördelar ur produktionssynpunkt, genom att den ökar möjligheterna att använda förtillverkade element. Hus med kryprumsgrund anpassas dessutom lättare till ojämna terrängförhållanden.

Under de sista 15-20 åren har flera olika försök gjorts med innetlufts-ventilerade kryprum. Olika varianter har tillämpats i olika syften men ingen har fått någon större spridning. Detta kan bero på för dålig uppföljning och brist på information om principen.

De fördelar ett varmt kryprum bör kunna ge är följande:

- Liten temperaturskillnad mellan kryprumsluften och innetluften, vilket medför att man får en konstruktion med varma golv.
- Gynnsammare fuktförhållanden som gör skaderisken mindre och minskar fuktrörelser.
- Enklare bjälklagskonstruktioner och ett mera enhetligt byggande, vilket t ex medför att samma element kan användas för källarbjälklag och kryprumsbjälklag.
- Möjligheter till energibesparing t ex genom lämplig ventilation, spillvärme från installationer, mindre kall exponerad yta.
- Möjlighet till enklare installationer. Utrymmet används för distribution av ventilationsluft.

SYFTE

- Att kartlägga de möjligheter ett ineluftsventilerat kryprum erbjuder då det gäller resursbesparing såväl under byggande som under drift.
- Att ge förslag till principlösningar som innebär förenklad bygg- och installationsteknik samt energibesparing.
- Resultatet skall tjäna som underlag till fortsatt arbete där olika lösningar tillämpas vid praktiska försök.

PROJEKTETS GENOMFÖRANDE

Projektet har genomförts dels som en litteraturstudie och dels genom intervjuer med olika intressenter. Litteraturstudien medförde en uppföljning av intressanta objekt genom direktkontakter med berörda parter och andra intressenter. De synpunkter och erfarenheter som härigenom framkom, ligger till grund för en bedömning av hur denna speciella typ av kryprum bör utföras, samt de förslag till ventilationsprinciper och konstruktionslösningar som redovisas. Ett program för det fortsatta arbetet presenteras också.

TEKNISK FUNKTION

I detta kapitel kommer några av de byggnadstekniska mekanismerna att beskrivas, som är av speciellt intresse för det ineluftsventilerade kryprummet. Den litteratur som finns behandlar främst kalla kryprum. I ett varmt kryputrymme har isoleringen nedflyttats på marken vilket medför helt andra fukt och temperaturförhållanden i kryprummet. Temperaturförhållandena i marken kommer också att i viss utsträckning likna förhållandena vid platta på mark.

Figur 1 visar schematiskt fukt- och värmeflöden vid ett hus med kryppgrund. Storleken av dessa flöden är beroende av de byggnadstekniska åtgärder man vidtagit (isolering, fuktspärr, anslutningar m m).

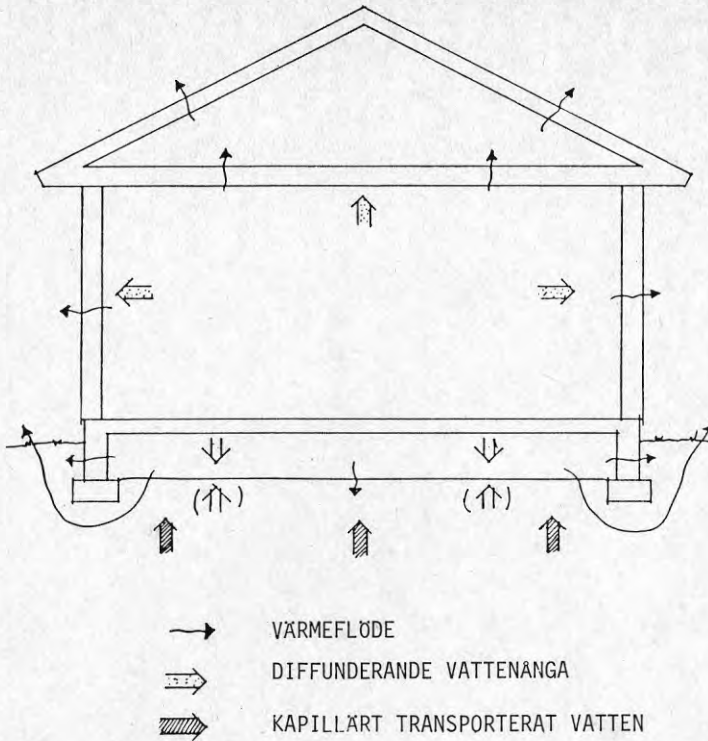


Fig 1: Fukt- och värmeflöden vid hus med krypgrund

Sambanden mellan de olika flödena kan uttryckas med en värmebalans-
ekvation: (t ex Tellstedt, 1973)

$$q_1 + q_2 = q_3 + q_4 + q_5 + q_6$$

q_1 = värmetilskott genom bjälklag

q_2 = " från tillförd rumsluft eller uppvärmningsanordning

q_3 = värmeförluster genom grundmur ovan markytan

q_4 = " " " under "

q_5 = " till marken

q_6 = " genom ventilation

Adamsson et al, 1971, har beräkningsmässigt undersökt ett antal parametrars inverkan på kryprums tekniska funktion. Faktorer som beaktats är

- byggnads geometri
- isolering av bjälklag
- sockelisolering och markisolering i kryprummet
- marknivå
- isolering av markytan utanför sockeln

Frostnedträngningen är en faktor som Adamsson speciellt studerat, han har konstaterat att värmeförlusterna utåt vid fasaden av en kvadratisk byggnad blir mindre än vid en lång byggnad, vilket medför att man vid den långa byggnaden får lägre temperatur i kryprummet och större frostnedträngning.

Frostnedträngningen varierer även kring en och samma byggnad. Man får en större nedträngning vid utåtgående hörn än invid en byggnad för övrigt. Detta förklaras med att marken vid hörn är utsatt för en påverkan av en kall yta motsvarande 75 % av den totala exponerade ytan, medan de resterande 25 % av marken får värmetillskott från byggnaden. Adamsson, 1971, har gjort beräkningar av frostnedträngning för ett stort antal fall och kan dra den slutsatsen att den ovan beskrivna sk hörneffekten försvinner på ett avstånd av 1 till 1,5 meter från hörnet. Därför kan det finnas behov av att isolera marken.

En dimensionering av erforderlig isolertjocklek kan ske enligt en förenklad metod, som i korthet innebär att man beräknar frostnedträngning vid hörn och invid byggnaden.

Skillnaden i nedträngning kompenseras med hjälp av isolering vid hörnen.

Vid kalla kryprum innebär en minskning av bjälklagets isolerande förmåga att temperaturen i kryprummet ökar och därmed också frostnedträngningen minskar. Man har funnit att kryprumshöjden inverkar endast obetydligt. Denna observation gäller för kryprumshöjder mellan 0,3 och 0,9 meter. Dessutom kan konstateras att höjdens inverkan på frostnedträngningen minskar med ökad isoleringsgrad. Enbart en isolering på grundmurens insida har liten inverkan på frostnedträngningen. Isolering av markytan i kryprummet har dock stor inverkan och medför en ökning av frostnedträngning medan en isolering som ligger horisontellt utanför sockeln har en motsatt effekt och således reducerar grundläggningsdjupet.

Adamsson har också gjort motsvarande beräkningar för platta på mark. Frostnedträngning där blir ungefär lika stor som vid kalla kryprum och behovet av extraisolering vid hörn ungefär lika. Han visar också att en ökad bjälklagsisoleringen utöver ett visst värde ($R=2.15 \text{ m}^2 \text{ K/w}$) ger endast obetydlig ökning av frostnedträngningen. En sockelisolering som överstiger ett visst värde ($R=1.0 \text{ m}^2 \text{ k/w}$) minskar heller inte nedträngningen nämnvärt.

Byggnormen (SBN 1975) tar hänsyn till ovannämnda förhållanden och det är närmast reglerna som avser platta på mark som har tillämpning för varma kryprum. Det krävs dock att man även för detta fall utför beräkningar på frostnedträngning och att normtexten anpassas för denna speciella konstruktion.

Vid kalla kryputrymmen har fukt och temperaturförhållandena stor betydelse för grundläggningens tekniska funktion.

Om mark lämnas oisolerad kommer man att få den lägsta marktemperaturen vintertid invid grundmuren, medan man sommartid får den lägsta temperaturen i kryprummets mitt. Sommarfallet är det mest kritiska med avseende på kondensrisken vid ventilerade kalla kryprum. Detta beroende på att man får en lägre temperatur i kryprummet, jämfört med utomhustemperaturen, vilket medför att kondensrisk föreligger på markytan i kryprummet, eftersom den är den kallaste ytan. Om denna är täckt med en folie, så får man vid kondensation en ansamling av fukt, som kan orsaka skador t ex på träbjälklag. Adamsson, 1971, har i ett exempel visat fuktförhållandena sommartid. Vid en utetemperatur på $+ 22,6^{\circ}\text{C}$ och kryprumstemperatur på $+ 16,9^{\circ}\text{C}$ samt $+ 16,3^{\circ}\text{C}$ marktemperatur får man en kondensation på marken i kryprummet, om uteluften har en relativ fuktighet av 69 %, vilket i sin tur ger kryprummet en relativ fuktighet av 97 % . Detta kan orsaka skadliga fuktangrepp på träbjälklag om fuktigheten är hög under en längre tid, så att den fuktansamling som åstadkommit ej får tillfälle att torka ut. Vintertid, då den relativa fuktigheten är låg i kryprummet, har man möjligheter att öka luftens fukttinhåll och därigenom avlägsna ytterligare överskotts-fukt.

I Adamsson et al, 1971, redovisas marktemperaturer vid olika kryprums-temperaturer. Man kan konstatera att lufttemperaturen ligger någon grad över det horisontella markskiktets temperatur.

Även Tellstedt, 1973, visar i en annan undersökning, att temperaturen i marken följer temperaturen i kryprummet. Skillnaden i detta fall är av storleksordningen 1°C .

I ett varmt kryputrymme har förbindelse skapats med bostadsutrymmena och ingen klimatgräns finns mellan kryprum och ovanför liggande utrymmen. Därmed får man också helt andra temperaturer och fuktförhållanden i grunden förutsatt att man utför fukt- och värmeisolering på ett lämpligt sätt. På samma sätt som vid kallt kryputrymme bör markens överyta förses med såväl dränerande som tätande skikt för att minska problem med uppstigande markfukt.

Vid inneluftsventilerade kryputrymmen strävar man efter att se till att temperaturen i kryprummet ligger nära rumtemperaturen. Om temperaturen blir för låg kommer varm rumsluft att medföra ett alltför stort fukt-tillskott, som ger oönskat höga värden på relativa ånghalten.

För att få en höjning av temperaturen i kryprummet värmeisoleras grundmuren och marken.

Vid fastställande av de isolerkrav som finns i byggnormen (SBN 1975) beträffande plattan på mark har också hänsyn tagits till golvtemperaturer. En temperatur i vistelsezon överstigande $+16^{\circ}\text{C}$ anser Adamsson (Adamsson 1973b) vara acceptabel om den endast förekommer ett fåtal gånger per år. I varma kryprum med licksidigt klimat på båda sidor om bjälklaget får man inte samma problem med golvtemperaturen. Inte heller behöver hänsyn tas till den, då isoleringen av kryprummet dimensioneras. Eftersom byggnormen (SBN 1975) inte speciellt behandlar varma kryprum bör man dock tillsvärdare dimensionera isoleringen i enlighet med högsta tillåtna värme-genomgångskoefficienten (K-värde) för golvkonstruktion på jord och i vägg direkt mot det fria eller genom jord mot det fria.

Då kryprummet är uppvärmt kommer avdunstningen från marken att öka, vilket i sin tur medför att ventilationsbehovet ökar, med en försämring av värmeekonomin som följd. Vattenavdunstningen från markytan är en funktion av luftens temperatur och relativa fuktighet i kryprummet.

Dessutom är den beroende av markens beskaffenhet och eventuella täckande material. Andra inverkanse faktorer är markens temperatur och grundvattensytans läge. Den fuktmängd som kan bortföras är bestämd genom ventilationens storlek och den mängd vattenånga som luften förmår tillgodogöra sig. (Elmroth, 1975).

Avdunstningen från marken minskas genom att marken täcks med en fuktspärr, t ex en plastfolie, som kan täckas med några cm sand. Dessutom kan man använda sig av ett kapillärbrytande skikt, som grus eller liknande material. Ett annat sätt är att använda lös lättklinker. Detta material har både isolerande och kapillärbrytande egenskaper. Denna metod bör dock kompletteras med en plastfolie under lättklinkerlagret.

MYNDIGHETERNAS KRAV

Vid användandet av kryprumsgrundläggning, ställs vissa krav på utförandet från myndigheternas sida.

Arbetarskyddsstyrelsen har i meddelande 1973:5 gett anvisningar för rörarbeten under källarlösa byggnader. Rekommendationerna bygger till stor del på en utredning av bygghälsan, "Rörarbete i kryprum". Tillsammans med statens planverk har arbetarskyddsstyrelsen beslutat bl a föreslå, att höjden i en rörgrav eller mera utbrett utrymme måste göras minst 1,8 m om man kräver att arbeten skall utföras i utrymmet. Dessutom ställs krav på t ex att två tillräckligt stora öppningar skall finnas lämpligt placerade för materialtransporter. Dessutom krävs god luftvänlig och möjlighet till snabb utrymning.

Gemensamt för kryprummen gäller därför att det förut nämnda kravet på arbetshöjd (1,8 m), medför att man måste utföra alla nödvändiga rördragningar och kopplingar innan kryprummet är färdigställt. Lämpligt är att man placerar kopplingarna utanför själva huset, med möjlighet att inspektera rören t ex genom en lucka nedgärvd i marken.

Om installationsarbeten är planerade att utföras efter det bjälklaget har monterats bör man förse kryprummet med en försänkt del t ex dike i vars närhet huvuddelen av installationerna förläggs. Detta dike bör placeras så enkelt som möjligt för att i minsta möjliga utsträckning kollidera med isoleringen på marken. Mot detta talar att risk finns för ~~fuktansamlingar~~ i diken (Elmroth, 1972)

Svensk Byggnorm 1975, Småhus, anger ett minsta avstånd mellan bjälklag och markyta till 0,3 m, med undantag av lokala variationer för uppskjutande berg, då man tillåter 0,15 m. Dessutom skall kryprummet vara inspekterbart. Vid diskussioner har den synpunkten framförts att man inte skulle krympa höjden för mycket ännu, utan vänta tills man fått tillräckligt stor praktisk erfarenhet. Man tycks vara överens om att höjden åtminstone delvis borde va 0,60 m. Därigenom tillgodoser man möjligheterna till inspekterbarhet och eventuella justeringsarbeten.

Ur belåningssynpunkt ställs från länemyndigheter sida, inga speciella krav på kryputrymmen som utnyttjas för ineluftsventilering jämfört med kalla kryprum. Samma schablonbelopp utgår, beräknat efter m^2 byggnadsyta. Den tekniska granskningen av huset utföres av byggnadsnämnden, innan ärendet överlämnas till länsbostadsnämnden. Har därvid byggnadsnämnden tillstyrkt byggnadslov, kommer länsbostadsnämnden att granska handlingarna endast ur lånesynpunkt. Bedömningen av planlösningen och det tekniska utförandet ankommer byggnadsnämnden. Man har där vanligen den inställningen att om någon önskar pröva någonting nytt, så vill man gärna göra det i liten skala, d v s på enstaka hus, innan man vill ta ställning till en användning i större skala.

Enligt Svensk Byggnorm 1975, Småhus, måste ett ventilerat utrymme under ett bottenbjälklag anordnas så, att skador inte uppkommer på grund av kondens eller byggfukt. Ett minsta ventilationsbehov finns angivet. För trä och betong gäller i allmänhet $1 \text{ m}^3/\text{h m}^2$. Krav finns också på ventilationsöppningar eller -kanaler, dränering och fuktspärr på marken.

Kraven på värmeisolering finns angivet i SBN 1975 tabell 33:21, där de högsta tillåtna värdena på värmegenomlysningskoefficienten (k-värdet) finns angivna. För vägg mot de fria eller genom jord mot det fria, gäller $k = 0,25 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ i temperaturzon I och II och $k = 0,30 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ i temperaturzon III och IV. För golvkonstruktioner på jord gäller $k = 0,30 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ i alla zoner. För beräkningen av isolertjocklekar har följande samband utnyttjats:

$$\frac{1}{k} = m_i + m_u + m_{\text{grundmur}} \quad \text{för grundmur ovan jord}$$

$$\frac{1}{k} = m_j + m_{\text{grundmur}} \quad \text{för grundmur under jord}$$

$$\frac{1}{k} = m_{j_{\text{yttre}}} + m_{\text{isol}} \quad \text{för mark i yttre randfältet}$$

$$\frac{1}{k} = m_{j_{\text{inre}}} + m_{\text{isol}} \quad \text{för mark i inre randfältet}$$

där man bestämmer

$m_i + m_u$ ur tabell 33:244 (SBN 1975)

m_j ur tabell 33:247

$m_{j_{\text{yttre}}}$ och $m_{j_{\text{inre}}}$ ur tabell 33:247

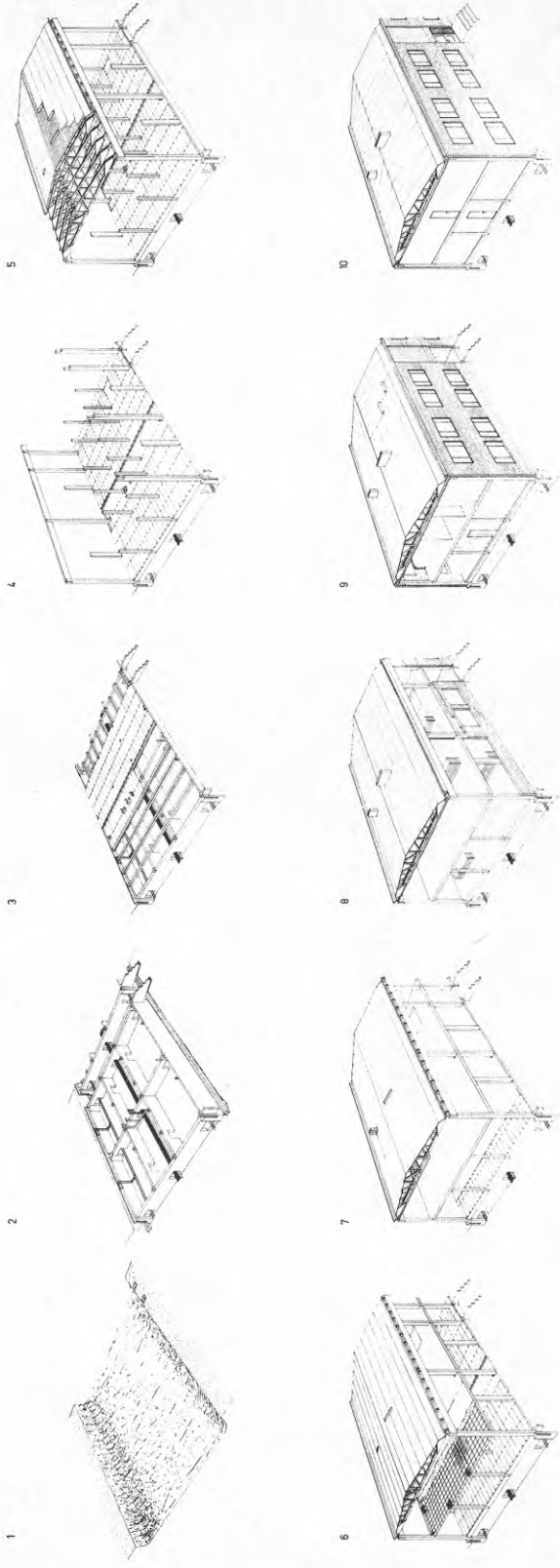
STUDERADE OBJEKT

Genom årens lopp har ett antal olika principer prövats, som lösningar på konstruktioner med ineluftsventilerade kryprum. En inventering har genomförts, och ett antal olika metoder har studerats. En kortfattad redovisning av inventeringen ges här.

Provprojekt

En beprövad metod är den s k kasungrundläggningen (Bjerking 1958). Ett flertal objekt har uppförts enligt denna metod. Principen går ut på att platta och grundmur, i betong, bildar en enhet, en betonglåda. Det oisolerade bjälklaget är också av betong. Varken i bjälklaget eller i undergrunden finns någon fuktspärr. Isolering finns på grundmurens insida och på marken ca 1,5 m in. Systemets uppbyggnad kan jämföras med en platta på mark, med den skillnaden att man har ett luftutrymme under golvet. Inneluftsventileringen fungerar så, att luft, bestående dels av uteluft och dels av frånluft från lägenheterna, distribueras till trapphusen genom springor i ytterdörrarna. Från trapphusen leds luften ned i kryputrymmet, varvid luften värms av värmeförlusterna från värmekulvertar och spillvattenledningar. Därifrån förs luften genom självdrag till badrummen, varifrån luften leds ut.

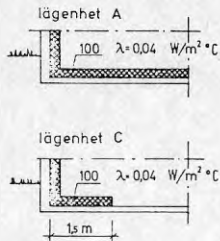
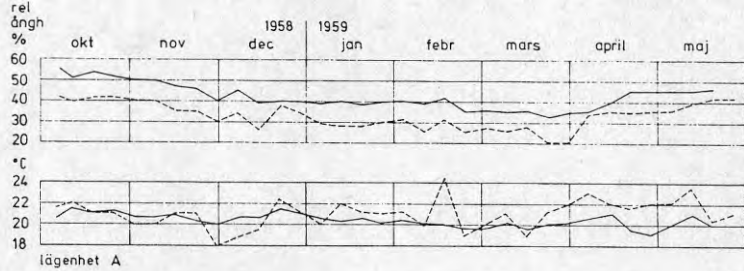
Figur 2 visar de olika arbetskedena där man byggt ett hus enligt den beskrivna principen.



N. KVÄRNGÅRDET, UPPSALA
 Arkitektbyrå 1961/1962
 S. E. BERKING
 UPPSALA

Kryprummets tekniska och bränsleekonomiska funktion har följts upp genom olika mätundersökningar. En utvärdering har bl a gjorts av Höglund et al, 1961, varvid konstaterades att kryprummen fungerade tillfredställande och att inga kondensproblem kunde iakttas. Temperaturerna i kryprummet och inne i rummen var ungefär lika och R.F var låg, mestadels under 50 %.

Figur 3 visar relativa fuktigheten och temperaturerna i hus med det beskrivna systemet. Dessutom har två alternativa utföranden av kryprummets isolering jämförts, varvid kan konstateras att de båda fallen är jämbördiga och en isolering av hela utrymmet ej är nödvändig. En undersökning av bränsleekonomin visar att man uppnår en besparings-effekt av storleksordningen 20 % med hänsyn till energiåtgången.



Mätpunkters lägen
 - - - vardagsrum
 - - - kryprum

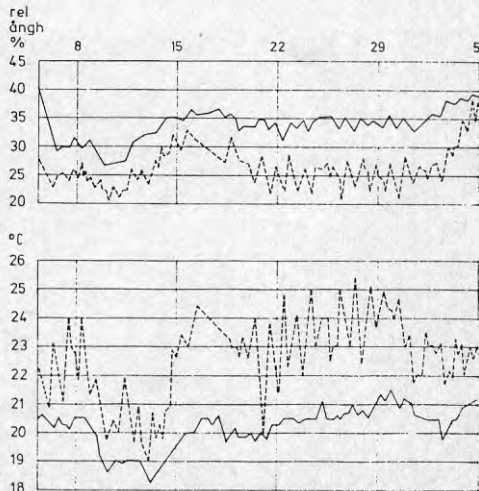
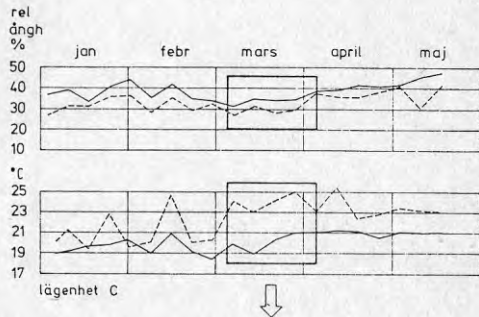


Fig 3 Resultat av fukt- och temperaturmätningar

Enligt Munthers undersökningar ger ventilationen med värmeväxlande krypprum en något högre energiförbrukning (2000 kWh/år), om man jämför med ett liknande hus med värmeåtervinning ur frånluft med värmeväxlare placerade på vindsbjälklaget under i övrigt likartade förhållanden. Detta resultat fick man av mätningar utförda under den första perioden efter att husen blivit färdigställda. Under nästa mätperiod, då husen var bebodda fick man lika stor energiförbrukning för de båda olika typerna av värmeväxlare. Denna förändring förklaras med att verkningsgraden hos det värmeväxlande plåtbjälklaget ökade, så marken blivit uppvärmd, vilket alltså skulle resultera i att värmeförlusterna från kryputrymmet minskade.

Ett uppvärmningssystem för småhus, som utnyttjar utrymmet under golvbjälklaget har använts av BPA. (Skogsberg 1976). Uppvärmningen av huset sker till största delen med hjälp av varmluft, som fås från en ackumulator av makadam placerad i grunden. Utformningen av systemet framgår av fig 5. Hugo Larsson, HL Värmegrund, är upphovsman till detta system.

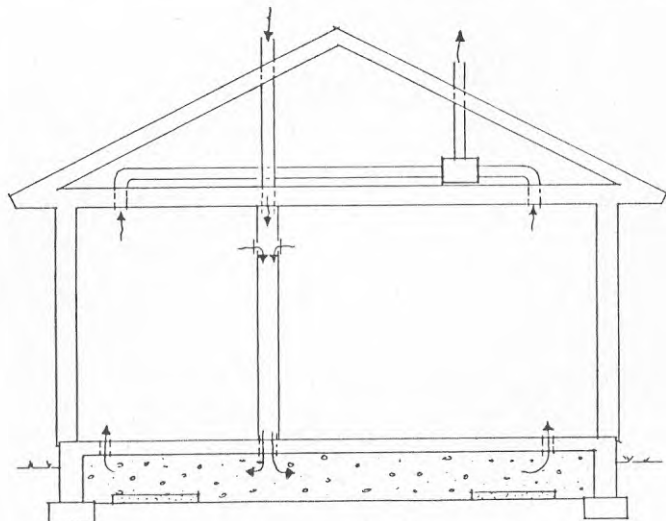


Fig 5 Värmegrunden. Skogsberg 1976

Tilluften blandas med återluften och sugts gemensamt ned i grunden, varifrån den efter uppvärmning tas in i huset igen. För frånluften har man ett mekaniskt system, där luften tas från kök, bad och toalett. På natten då ackumulatorn tillförs värme, sker uppvärmningen av huset genom el-radiatorer. Under varma perioder av året, då man önskar sänka temperaturen i huset, kan detta uppnås genom att låta luften passera den avstängda värmegrunden. Ca 5°C kylning kan på detta sätt uppnås.

Genom den goda värmekapaciteten och stora värmeöverföringsytan hos stenmagasinet, lämpar sig systemet även att kombineras med solfångare för lagring av solenergi.

Enligt Gösta Holmberg, BPA-Jönköping, så har systemet fungerat bra och reaktionen från de boende varit mycket positiv. Ekonomin i systemet byggde på att utnyttja den billigare taxan för el nattetid för uppvärmning av värmeackumulatorn. Värmegrunden i sig själv ökar produktionskostnaden, men genom driftskostnadsbesparingen gör man ändå en vinst. På grund av en ny energipolitik, vilken medfört taxeändringar till nackdel för nattströmmen har lönsamheten försvunnit och man har slutat använda systemet med värmegrunder, trots att inga tekniska nackdelar framkommit. Det har dock konstaterats, att man haft problem med tätningen, åtminstone i ett tidigare skede. Detta berodde främst på att betongen krympte, vilket medförde sprickor och otätheter, med drag och damm som icke önskade effekter.

Värmegrunden har även använts av andra byggnadsfirmor. Forss & Son har bl a uppfört ett hus i Bålsta med värmegrund och medverkat vid det s k Naturhuset i Saltsjöbaden. Utvärderingen av dessa objekt är ännu ej slutförda.

Värmegrunden är snarare en platta på mark än ett varmt kryprum. Principen har dock medtagits här eftersom markytan i kryprummet även kan ges ett utförande så att värmelagring sker på liknande sätt som i värmegrunden.

I Elmroth, 1975, redovisas en industri- och kontorsbyggnad med ett ineluftsventilerat kryprum. Utrymmet ovan kryprummet användes som lager. Temperaturer kunde där gå ned till $+15^{\circ}\text{C}$. Kryprummet temperatur var något lägre. Konstruktionen var utförd enligt figur 6 och uppgavs fungera tillfredsställande.

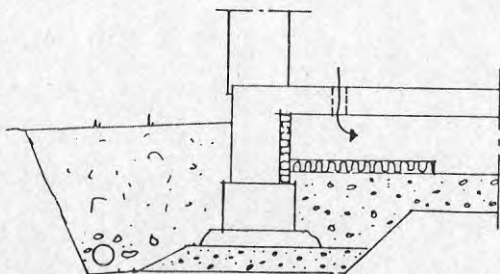
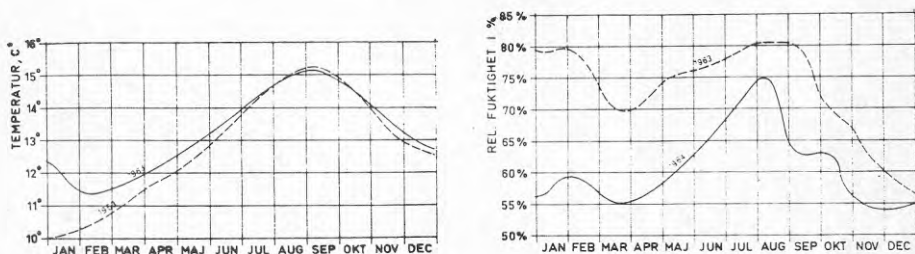


Fig 6 Inneluftsventilerat kryprum för industri och kontorshus

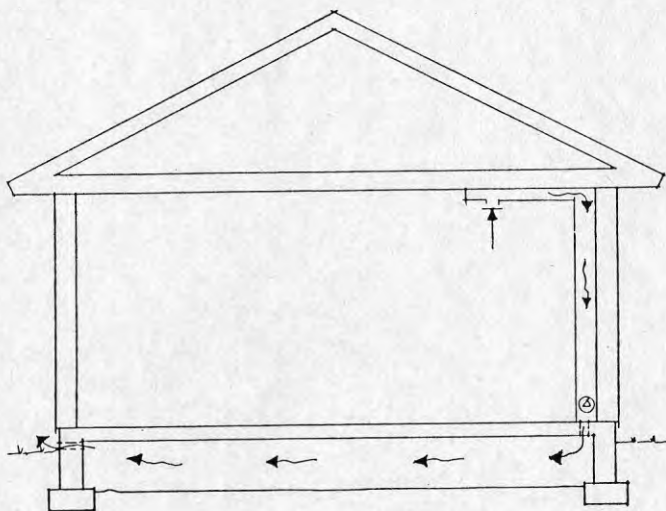
Kryprummet är utfört enligt principen om oisolerat bjälklag och isolering på insidan av grundbalken och ca 1 m in på marken. Ventilationsluften från hela byggnaden sugas ned vid kryprummets yttergavlar och förs vidare till en samlingskanal mitt under byggnaden, varifrån luften leds ut genom grundbalken. Ingen ventilation av kryputrymmet med uteluft förekommer. Marken hölls torr, varvid grusavjämningen var ett tillräckligt skydd mot vattenavdunstningen.

Ett enkelt system som utnyttjar förbrukad ventilationsluft, har bl a använts i lättbetonghus. Principen har tillämpats bl a i 10 hus i Uppsala, byggda 1964/65. Systemet fungerar på sådant sätt, att varm luft från rummen (bad, kök), leds ut i kanaler och förs ned i kryprummet (höjden ca 70 cm). Luften sugas ned i grundutrymmet med hjälp av en liten fläkt, som placerats i bjälklagsnivå (se figur 7). Kryprumsbjälklaget består av lättbetong och grundmuren är oisolerad. Genom grundmuren ventileras luften ut med 4 ventilationsluckor. På marken är en plastfolie utlagd. Byggnadschefen Uno Svensson har gjort en uppföljning av husens funktion. Han fann att ventilationen hade fungerat tillfredställande och fukthalten i kryputrymmet, var inte för hög under någon del av året (se figur 8). Ingen olägenhet kunde konstateras av att man tog fuktig luft från våtutrymmen och ledde ned i kryputrymmet. Temperaturen i kryprummet registrerades också (se fig 8). De uppmätta lufttemperaturerna avsåg temperaturerna i kryprummet vid utblåsningsöppningarna.



FIGUR 8: Uppmätta värden på temperaturer och relativa fuktigheter
Byggnaden färdigställdes år 1963.

Ingen fukt har observerats. För att inga olägenheter skall uppstå måste fläkten arbeta kontinuerligt. Någon husägare har även fört in luften genom garaget innan den passerar ut. Huset i övrigt är radiatoruppvärmt (vattenburen). Vid en kontakt med de boende, påpekar de att systemet fortfarande fungerar bra och upplever det dessutom som ekonomiskt fördelaktigt.



Figur 7 Inneluftsventilerat kryprum

Samma system beskrevs av Brosenius, redan 1957. Man utnyttjade värmeinnehållet i den förbrukade ventilationsluften, genom att med hjälp av en fläkt trycka ned luften i kryputrymmet. Luften leds ut från grunden genom ventilationsöppningar. Brosenius, 1957, framhåller tre fördelar med detta system:

- man får en uppvärmning av kryputrymmet, som minskar värmeförlusterna genom bjälklaget betydligt
- man får en bra ventilation av grundutrymmet genom att använda sig av fläkt
- man värmer upp marken, vilket medför ett reducerat grundläggningsdjup

Systemet har dock visat vissa nackdelar. Man har fått fuktproblem, då fläkten av någon anledning varit ur funktion, vilket medfört att ventilationen blivit otillräcklig.

I ett annat hus av lättbetong används ett liknande system (Lättbetong 1977) där kryprummet utnyttjas som värmeväxlare (se figur 9). Man leder ned luften från kök, bad, tvätt och WC till grunden. Där avger den varma luften en del av sitt värmeinnehåll innan luften leds ut ovan tak. Mekanisk frånluftsventilation används i systemet.

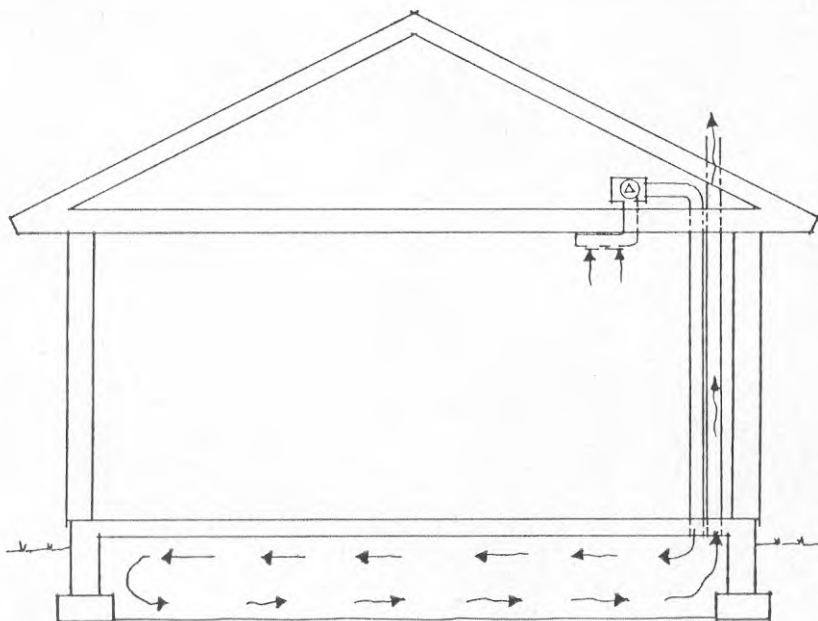


Fig 9 Inneluftsventilerat kryprum med mekanisk frånluftsventilation

Ett system som tillämpats vid grupphusbebyggelse med värmecentral redovisas av Tellstedt, 1973, (fig 10). Man räknar med att metoden medför besparingar för en del av kostnaderna för värmekulvertar genom att dra värmerören i grunden. En uppvärmning av kryprummet reducerar också grundläggningsdjupet. Konstruktionen är utförd med en grundmur bestående av fribärande betongbalkar med isolerad insida. Bottenbjälklaget består av betongplattor med folie mot kryprummet. Marken i kryprummet är täckt med en plastfolie och ett 5-10 cm gruslager. Ventilationen av kryprummet sker med 8 stycken friskluftsintag av plaströr i grundmuren. Evakuering av luften från kryprummet sker med kanaler, som leds ut ovan tak. Tilluften värms alltså av värmeförlusterna från vatten- och avloppsledningarna samt distributionsledningarna för fjärrvärme.

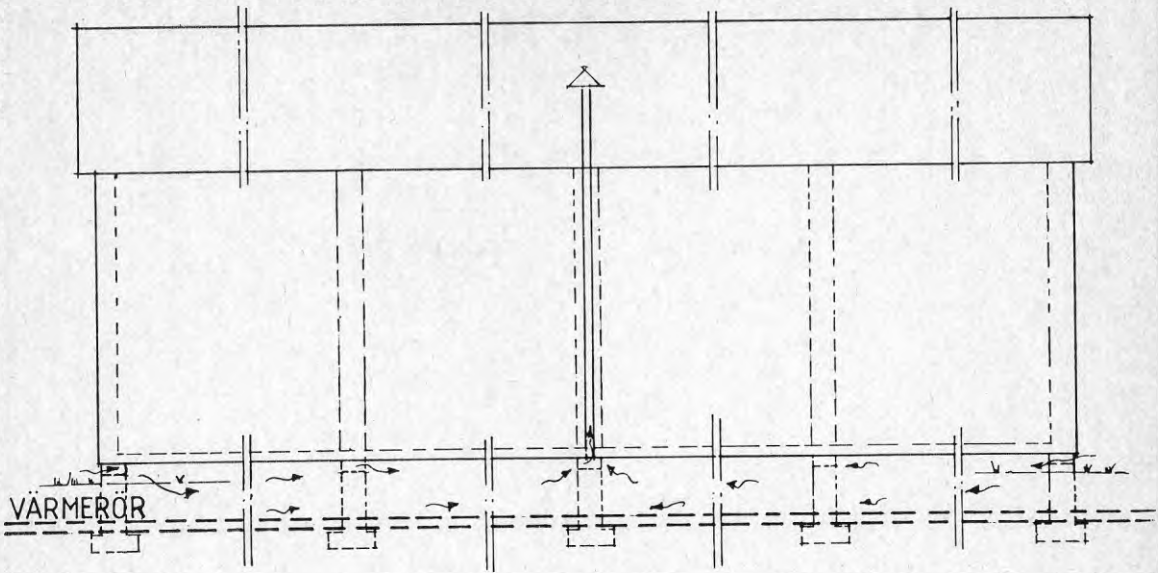


FIG 10. Kryprumskonstruktion, där värmeförlusterna från ledningar tillvaratages.

Tellstedt har följt upp objekten med mätningar av temperaturer och relativa luftfuktigheter. Man uppmätte temperaturskillnader mellan innerum och kryprum till ungefär 3°C . Golvtemperaturerna har legat mycket nära rumstemperaturerna, varvid skillnaden endast i undantagsfall översteg 1°C . Marktemperaturerna varierar efter kryprumstemperaturerna och skillnaden kan uppgå till 4°C . Den relativa luftfuktigheten har, efter att byggfukt torkat ut, legat kring 60-65 % i grunden, enligt mätningar som utförts under en 3-årsperiod efter färdigställandet. Tellstedt, 1973, har vidare konstaterat att en ökning av temperaturskillnaden från 1°C till 4°C , medför att golvtemperaturerna bara sänkts 1°C .

Trots att man periodvis uppmätte höga fukthalter fick man inga problem i kryputrymmena. En viss försiktighet iaktogs dock då man använde träbjälklag i stället för betong. Man isolerade golvbjälklaget och ökade ventilationen.

Genom ökning av ventilationen, sänktes temperaturen i kryputrymmet, vilket kompenserades med ökad isolering.

Tellstedt säger vidare att man hade funnit ett väl fungerande och ekonomiskt lönsamt system, Inga konkreta siffror finns angående storleken av energibesparingarna, men enligt uppgift från entreprenörer, så blev uppvärmningskostnaderna lägre. Man hade inte heller några fördyringar vad beträffar kostnaderna för själva byggandet. I stället kunde man räkna med vissa besparingar av t ex isolering som sparades in i bjälklaget. Att produktionskostnaderna var låga bekräftas av att husen såldes till priser som låg under rådande marknadspriset. De boende har ej haft några negativa synpunkter, utan man har genomgående varit mycket nöjda med sina hus.

Att man numera slutat tillverka dessa hus, berodde helt och hållet på att lönsamheten försvann i och med att man ändrade på bestämmelserna för beräkning av låneunderlaget.

Ett annat system där man evakuerar luft från bad, kök, WC används i ett nytt uppvärmnings- och ventilationssystem konstruerat av Torgny Thorén. Systemet har använts i ett provhus byggt av Elementhus. Avsikten är att den evakuerade luften leds ned i krypgrunden. Denna luft pressas genom ett perforerat skikt och sedan genom en 5 cm tjock isolering in i kryputrymmet, varvid kryprummet kan sägas fungera som en halv värmeväxlare med marken. I övrigt var grundmuren invändigt isolerad och försedd med plastfolie. På marken låg även en plastfolie med sandavjämning ovanpå. Utanför grundmuren hade man delvis placerat ut markskivor, företrädesvis vid hörnbildningar. I kryprummet hade man valt att åstadkomma ett undertryck och sög alltså ned luft. Kjell Berger, Elementhus, förklarade detta med att man ur täthetssynpunkt valde att arbeta med undertryck, då ett övertryck medförde att man kunde få varma fuktiga luftstrålar genom otätheter i anslutningar och grundmur. Luften leddes sedan från kryprummet till nedgrävda kabelrör. Detta system kan kopplas med en värmepump och härigenom täcka åtminstone husets varmvattenbehov. Rören ligger i slinga runt huset. Man får härigenom en förskjutning av nollisotermerna i marken, vilket medför att grundläggningsdjupet kan reduceras. Rören är sedan anslutna till dräneringsrören. Kopplingen är vid lågpunkten, där man tar hand om eventuell kondensbildning.

Trägrunder

Genom att använda trägrund skulle man kunna vinna några fördelar jämfört med att använda grund av betong och murverk. Man får ett enhetligt system varigenom samma arbetarkategori kan bygga hela huset. En trähusindustri kan därvid också leverera en större del av huset vilket dock också kan ge ge problem genom skilda leveranstider. Byggande med trägrund är en torr metod, vilket underlättar vinterbyggnad. Träkonstruktioner är dessutom mindre sättningskänsliga.

Ovan nämnda fördelar har medfört att man under senare år har ägnat den typen av grundläggning stort intresse. Vid Svenska Träforskningsinstitutet pågår sedan några år tillbaka forskning beträffande förutsättningen att använda trägrunder i Sverige (Englund et al 1974).

Eftersom det rör en av de mest känsliga delarna av huset har man här i landet gått fram med stor försiktighet och grundläggningssystemet har därför endast i mycket begränsad utsträckning prövats i full skala i Sverige. I USA och Canada har man dock i stor utsträckning prövat trägrunder för småhus. Redan i 60-talets början byggdes de första provhusen och man bygger nu denna typ av grunder i seriemässig produktion. Flera organisationer har gett ut handledningar som i detalj visar utförandet för såväl källarhus som för hus med kryputrymme (ex NFPA 1976, CWC 1976, ASCE 1975).

Noggranna föreskrifter ges av normskrivande myndigheter. Speciellt noggrann är man beträffande impregnering av allt ingående trämaterial. Konstruktionerna i såväl USA som Canada baseras i huvudsak på plywood och träreglar med ett tätskikt av plastfolie under mark (fig 14).

I USA måste grunderna byggas i element på fabrik och därefter tryckimpregneras medan man i Canada bygger med tryckimpregnerat material som samsättes på platsen. Noggranna föreskrifter finns där istället om försegling av sågsnitt och fogar. Stor vikt läggs vid dränering av byggnadens undergrund. De problem som finns gäller framförallt spikens korrosionsbeständighet (Fig 15).

Impregneringen ger korrosionsskador och därför bör syrafast spik användas åtminstone i närheten av markytan.

Amerikanska grunder är oftast oisolerade vilket ger större möjligheter till uttorkning. Den impregnering som används har också högre koncentration av salt än vi av miljökäl kan tillåta i Sverige. Två exempel på amerikanska trägrundskonstruktioner visas i figurerna 16 och 17.

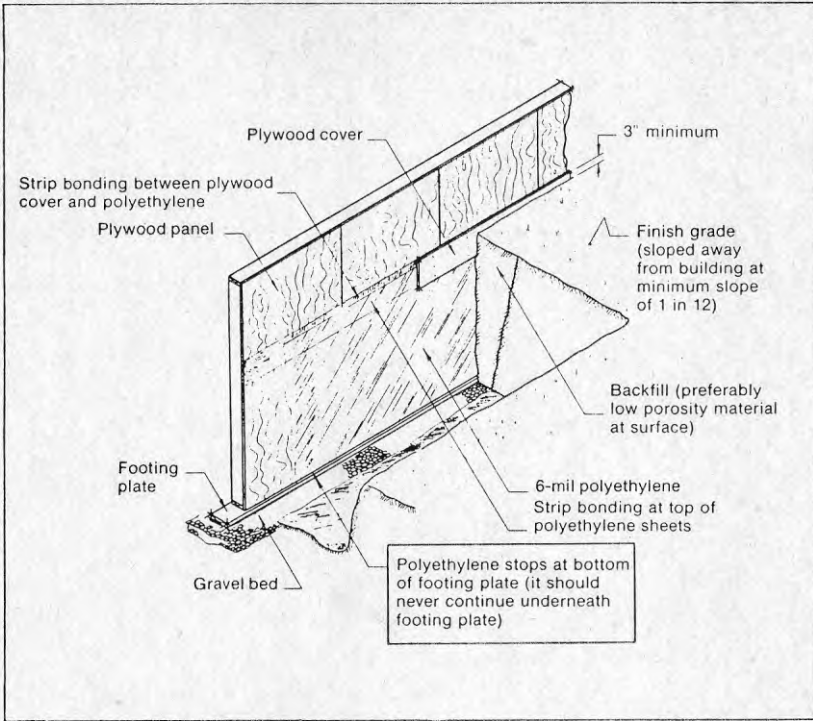


Fig 14 Tätskikt vid trägrunder (Preserved Word Foundations, 1976)

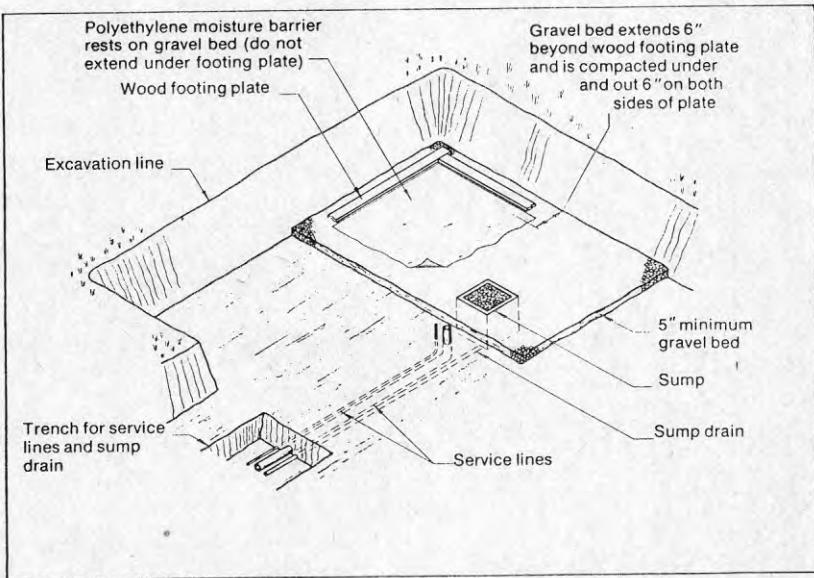


Fig 15 Dränering av undergrunden (Preserved Word Foundations 1976)

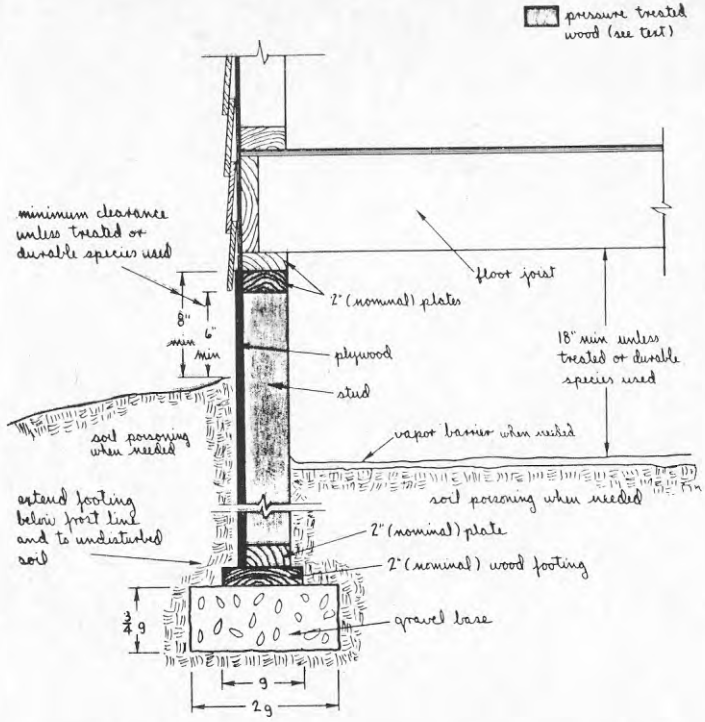


Fig 16 Trägrund (American Society of Civil Engineers 1975)

□ PRESSURE TREATED WOOD

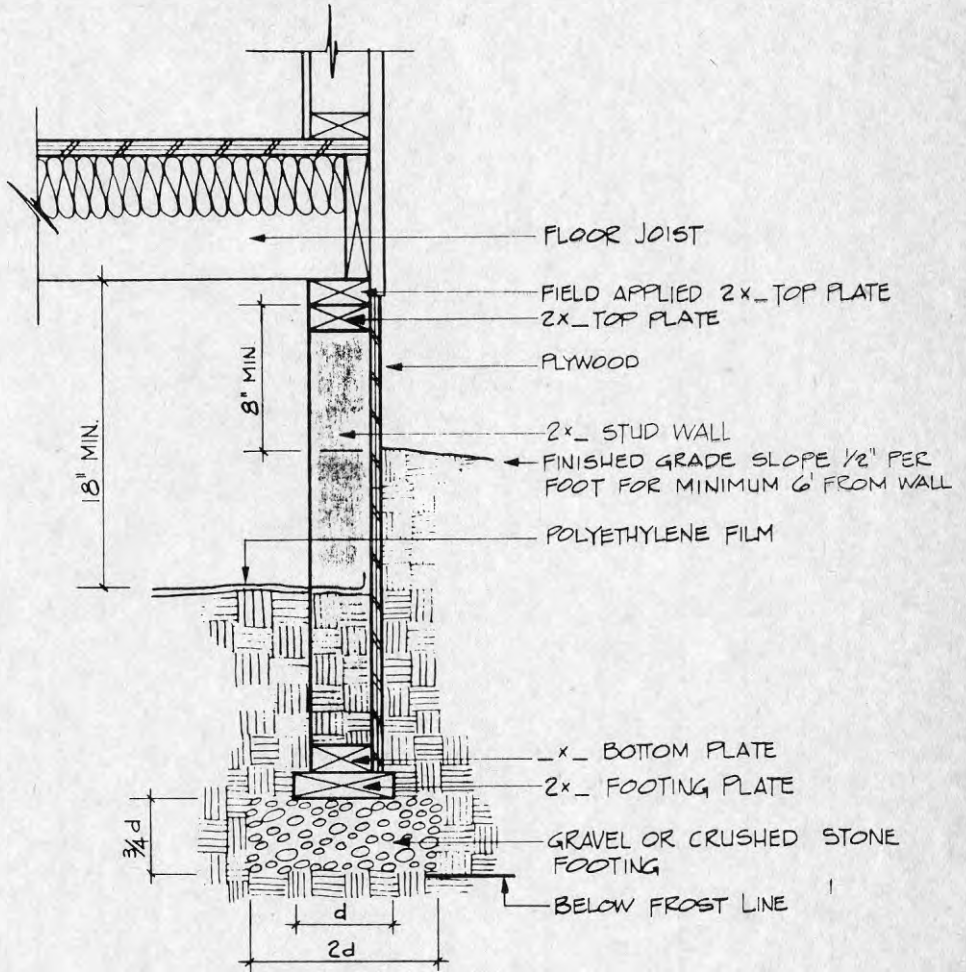


Fig 17 Trägrund (National Forest Products Assoc 1976)

I Sverige har man därför vid de försök som utförts inte vågat lita på det enkla fuktskydd som ett tätskikt ger utan man har med olika konstruktiva åtgärder försökt förhindra fukt från att tränga in i konstruktionen. I Hultsfred byggdes år 1970 ett hus där källarväggarna försågs med en "kappa" av asbestcementskivor för att genomträngande vatten skulle avledas. Försöket har hittills inte gett negativa erfarenheter.

Samma typ av grund provades av Rockwool 1972, tillsammans med en grund av ungefär samma typ som de amerikanska, men med en dränerande och isolerande markskiva på utsidan. Plywooden var inte heller impregnerad. Grunderna ut-sattes för starkt vattenbegjutning och revs för inspektion efter ca 3 år. Den med "kappa" försedda grunden hade klarat sig bäst medan den grund, som var försedd med markskiva utvändigt, var illa åtgången av röta.

Hammerdalshus byggde år 1973 två hus med trägrund med regelstomme som isolerats och med plywood på utsidan (Modern Byggteknik, 1973). Tätskikt utgörs av luft-spaltsbildande grundmursfolie (typ Platon). Inte heller i detta fall tryck-impregnerades plywooden. Genom utläkning fås en luftramp av sockeln. (fig 18).

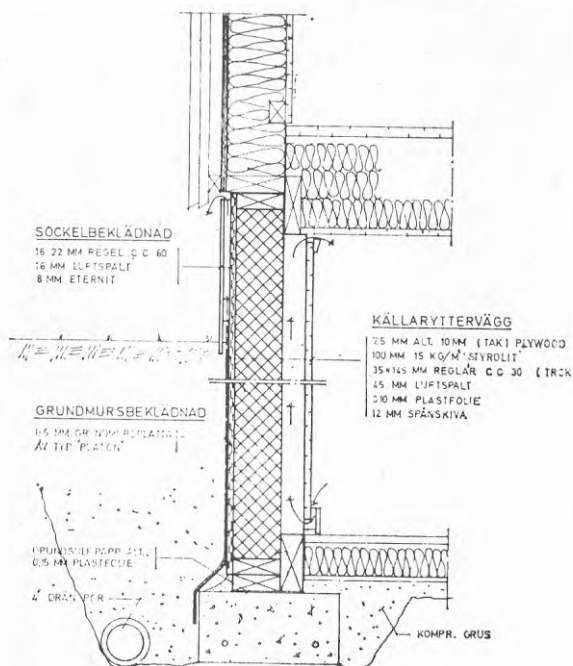


Fig 18 Trägrund (Modern Byggteknik 1973)

Försöket är ej utvärderat ännu.

Som nämnts arbetar Träforskningsinstitutet med en utvärdering av trägrundssystem, som beräknas vara färdig under hösten -78. Delvis negativa erfarenheter av svenska försök, även beträffande ekonomin, leder till fortsatt försiktighet.

Ett trägrundssystem bör, trots olikheterna mellan svenska och amerikanska förhållanden, även här kunna ha förutsättning att lyckas. Speciellt gäller detta de enkla grunderna för varma kryprum. Man måste dock tillgodogöra sig de erfarenheter som finns i USA och Canada och inte börja om helt från början. Impregnering av plywood och trä är nödvändig och syrafast spik bör användas omkring marklinjen.

Dränering av undergrunden och markytans fall måste arrangeras på ett helt tillfredställande sätt.

Isolering och tätningsarbeten måste utföras omsorgsfullt. För att ge en bättre möjlighet till ventilation bör en luftspaltsbildande grundmursmatta (typ Platon) användas, istället för en slät folie.

Ett förslag till en sådan grund ges i fig 24.

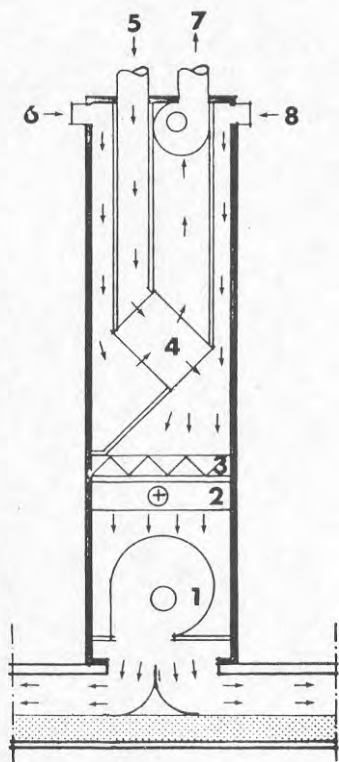
Varmluftsuppvärmning

En idé som väckt intresse är att utnyttja kryprummet som distributionskanal för varmluft.

Ett beprövat system för varmluftsuppvärmning är principen för distribution av varmluft enligt den s k "forced air heating" - metoden (Ericsson, 1957). Man tvingar ned varmluft i kanaler i golvet och fördelar luften, så att den kan tas upp i rummen genom springor i sockeln. Det är viktigt att kanalerna för distributionen av varmluft är täta. Returluften från rummen återanvänds till viss del och får cirkulera genom varmluftssystemet igen. Förutom att man får varma golv, blåser man in förvärmad luft i rummet. Metoden är mycket vanlig i USA, då den är lämplig att kombinera med luftkonditionering.

I Sverige finns ett system (NVVK) för distribution av varm luft i bjälklag (s k NILCON-bjälklag).

Varmluftsuppvärmningen kräver mekaniskt styrd från- och tilluft och är därför lämplig att kombineras med värmeväxling. Systemet finns illustrerat i Nilcon Rapport 46:76, varifrån figur 19 är hämtad.



Figur 19 I figuren visas principen för ett NVVK-aggregat.
 1. Fläkt 2. Värme/kyl batteri
 3. Filter 4. Värmeväxlare
 5. Tilluftskanal 6. Frånluftskanal 7. Frånluftsfälkt
 8. Returluftskanal

Den varma luften distribueras i kanaler i bjälklaget och blåses in under fönstren genom smala spalter. Friskluft och returluft blandas innan den uppvärms i aggregatet.

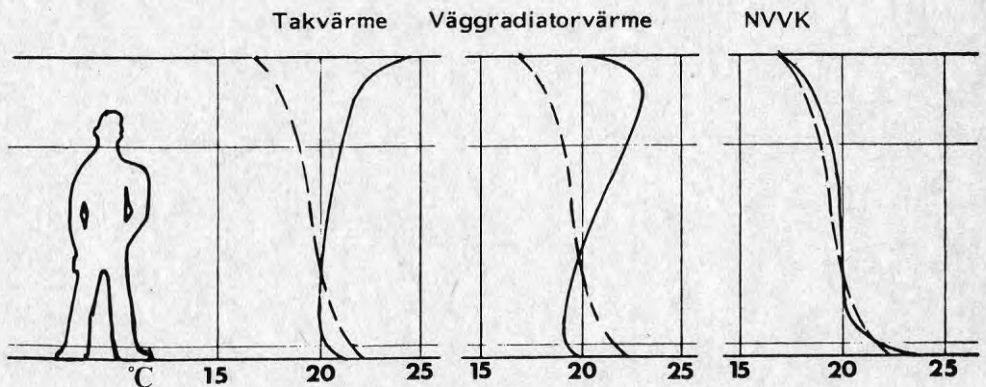
För uppvärmningen kan man använda sig av luft med en maxtemperatur av 40°.

Systemet för distribution av varmluft i golvbjälklag har använts i den s k DINA-villan, byggd av Diös AB och Nya Asfalt AB i slutet av 60-talet.

Vid utformningen av ett uppvärmningssystem med varmluft, måste man ur komfortsynpunkt, bl a ta hänsyn till följande faktorerers inverkan:

- temperaturfördelningen
- lufthastigheten
- den riktade operativa temperaturen
- ljudnivån

Temperaturfördelningen för olika uppvärmningssystem belyses i figur 20, där även den ideala fördelningen inritats. Figuren är hämtad från Nilcoas broschyrmaterial och refererar till en utförd undersökning. Av denna undersökning framgår att tempfördelningen skulle vara gynnsammast vid varmluftsuppvärmning i kombination med varma golv. Slutsatsen gäller alltså systemet med distribution av varm luft i bjälklaget.



Figur 20 I diagrammen visas uppmätta typiska temperaturfördelningar för tre olika uppvärmningssystem. Såsom jämförelse har inlagts ur komfort- och energisynpunkt ideal fördelning (streckad).

I princip borde samma förhållande gälla för hus, där kryputrymmet användes för fördelning av den varma luften.

Då det gäller temperaturfördelningar i småhus, från olika uppvärmningssystem, kommer de ej att uppvisa stora skillnader, då utrymmet för luft-rörelserna är ganska begränsat i och med att rumshöjden är 2,4 meter. Man kan dock få svårigheter med fördelningen av temperaturen mellan rummen. Temperaturen påverkas också i viss mån av den golvbeläggning som använts i rummen.

Lufthastigheten har en avgörande inverkan på uppfattningen av komforten i ett rum. Man har att ta hänsyn till både låga och höga hastigheter. Å andra sidan får man ej ha för höga lufthastigheter, för då upplevs luften som svalare. En övre gräns på 0,2 m/s har satts på lufthastigheten i vistelsezonen om man vill ha en tillfredsställande komfort vid normal rumsstorlek. Högre lufthastigheter kräver en förhöjd lufttemperatur, om man vill behålla samma komfort.

En annan faktor i den s k komfortekvationen är omgivande ytors strålningstemperatur, normalt uttryckt i den riktade operativa temperaturen. Speciellt kritiska punkter i småhus är hörn, med rum som innehåller fönster åt två håll. Även i vardagsrum där man har stora fönsterpartier och låg bröstningshöjd, neddraget till 30 cm, får man ett kritiskt område. Varmluftsuppvärmning ger inte här den värmestrålning radiatorer normalt svarar för. Normmässigt kan det vara svårt att uppnå tillräckligt hög riktad operativ temperatur om inte varmluftsuppvärmningen kombineras med varmt golv eller tak.

Vid varmluftsuppvärmningen måste systemet utformas på ett sådant sätt att man ej får för hög ljudnivå. Fläktar, kanaler, spjäll och don kan alla ge upphov till störande ljud vid felaktig utformning. Speciell hänsyn måste tas till risken av oönskad ljudöverföring mellan rummen.

De framlagda synpunkterna pekar på vikten av att en helhetslösning åstadkommes för uppvärmningssystemets utformning. För själva distributionen av den varma luften krävs ett svagt övertryck i kryprummet. Detta kan åstadkommas, genom att utforma donen på ett lämpligt sätt.

Uppvärmningssystemet bestående av ett varmluftsaggregat kombinerat med en värmeväxlare, behöver ej inkräkta på bostadsutrymmen, utan kan t ex placeras på vinden.

Varmluftsaggregat är anpassat för eluppvärmning, men kan även kombineras med fjärrvärme.

Enligt en kalkyl som utfördes för ett småhusområde, visar Stridenhag et al, 1974, att om man utnyttjar ett lågtemperatursystem för fjärrvärme, så blir detta lönsammare än ett konventionellt system. Ett lågtemperatursystem kan med fördel kombineras med varmluftsuppvärmning, vilket skulle ge ekonomiska fördelar, främst genom att totalkostnaden för hela anläggningen inklusive montage och isolering av kanaler minskar.

FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

Man kan utnyttja utrymmet på två sätt vad gäller luftdistribution. Dels kan man använda rumsluft för en höjning av temperaturen och för ventilation och dels kan man distribuera varm luft för uppvärmning av hela huset. Båda förslagen kan ges en enkel utformning och utnyttjas för dagens byggsystem.

Tre olika lösningar på det konstruktiva utförandet av kryputrymmen ges vilka kan kombineras med de två ovannämnda systemen.

Ventilationssystem

Det ena förslaget bygger på principen att ventilera kryprummet med innerluft (Fig 21). Luften tas främst från rum som bad, våtutrymmen etc och distribueras med hjälp av en liten fläkt genom ett enkelt kanalsystem. Kryputrymmet isoleras på insidan av grundmuren och på marken, för att reducera värmeförlusterna så mycket som möjligt. Luften evakueras sedan från kryprummet genom en kanal som mynnar ut ovanför taket.

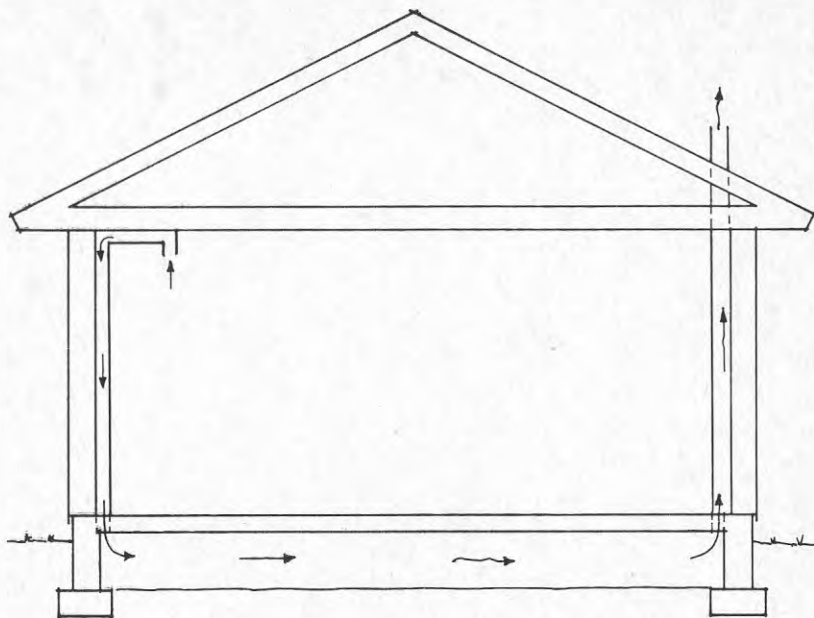


Fig 21 Inneluftsventilerat krytrum

Den andra principen bygger på att använda förbrukad rumsluft blandat med förvärmad friskluft (Fig 22).

Ett mindre övertryck skapas i kryputrymmet. Denna luft fördelas via kryprummet och ut i bostadsutrymmena. Frånluften kan passera en värmeväxlare innan den lämnar huset. Kryprummet utformas så att det tillgodoser de kraven som ställs, då man vill utnyttja utrymmet för fördelning av varm luft.

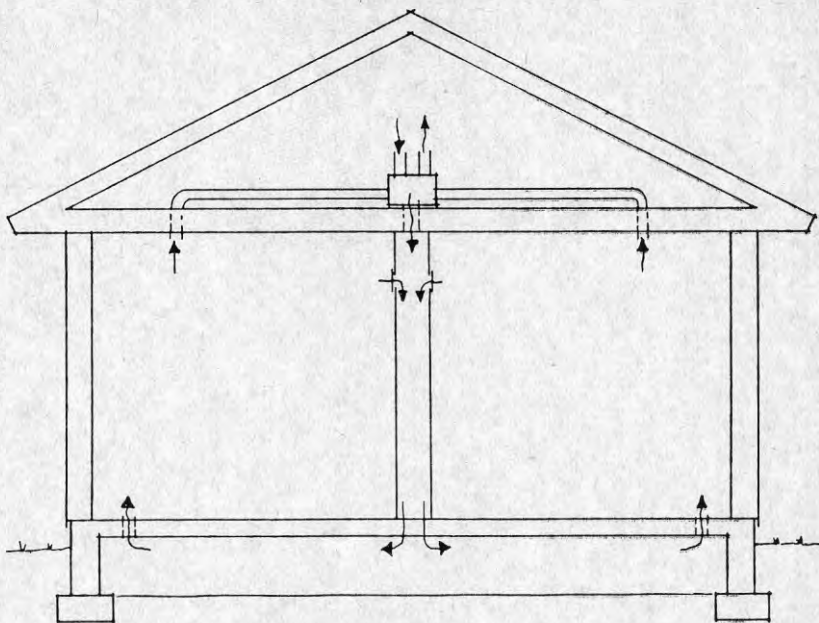


Fig 22 Uppvärt kryprum

För att kunna begränsa värmeförlusterna i största möjliga utsträckning, måste en isolering av utrymmet ske. En isolering av grundmuren är nödvändig. Däremot lämnas golvbjälklaget oisolerat, eftersom kryputrymmet skall hållas varmt. Även marken isoleras för att ytterligare begränsa värmeförlusterna. För att begränsa avdunstningen från marken, täcks den med en plastfolie. En minskning av grundläggningsdjupet och en ökning av markens värmekapacitet uppnås, om man även isolerar marken utanför grundmuren. En viktig punkt som måste beaktas, är att man fördelar luften på ett sådant sätt, att man får en jämn distribution av luften till de olika rummen.

Grundmurskonstruktioner

Som tidigare påpekats, så krävs speciell omsorg vid planeringen och uppförandet av ett kryprum, som är tänkt att användas för ineluftsventilering. Tre olika utföranden av grundmuren föreslås. Figur 21 visar en murad grund med isolering på insidan. Marken i kryprummet är också isolerad. Vid hörn isoleras även marken utvändigt, ca 1-1,5 m från hörn. Stor vikt måste läggas vid tätningens utförande. Skivskarvar tätas med skum och mellan golvbjälkarna spikas en plastbelagd skiva fast. En folie dras även bakom skivan som täcker isoleringen.

Följande tabell anger de isolertjocklekar, för olika temperaturzoner och jordarter, som framräknats enligt tidigare beskrivna dimensioneringsprinciper:

Värmeisolering i mm: ;

zon	Jordart	Littra min.ull					
		1	2	3	4*	5	6
IV-III	Lera						
	Grus	95	70	-	50	150	150
	Sand						
	Silt						
	Morän	95	90	30	50*	150	150
	Berg		100	60			
II-I	Lera						
	Sand	120	70	-	50*	170	150+45**
	Grus						
	Silt						
	Morän	120	90	30	50*	170	150+45**
	Berg		100	60			

* Gäller för zon I och för tjälfarlig jord i zon I-IV

** 45 mm av konstruktiva skäl

De konstruktionsskisser för grundmurar som visas i det följande är anpassade till alternativet med distribution av varmluft genom kryprummet. För det alternativet med icke uppvärmd rumsluft tillkommer tillufts- och frånluftskanaler. Samtidigt som inblåsningdonen utgår.

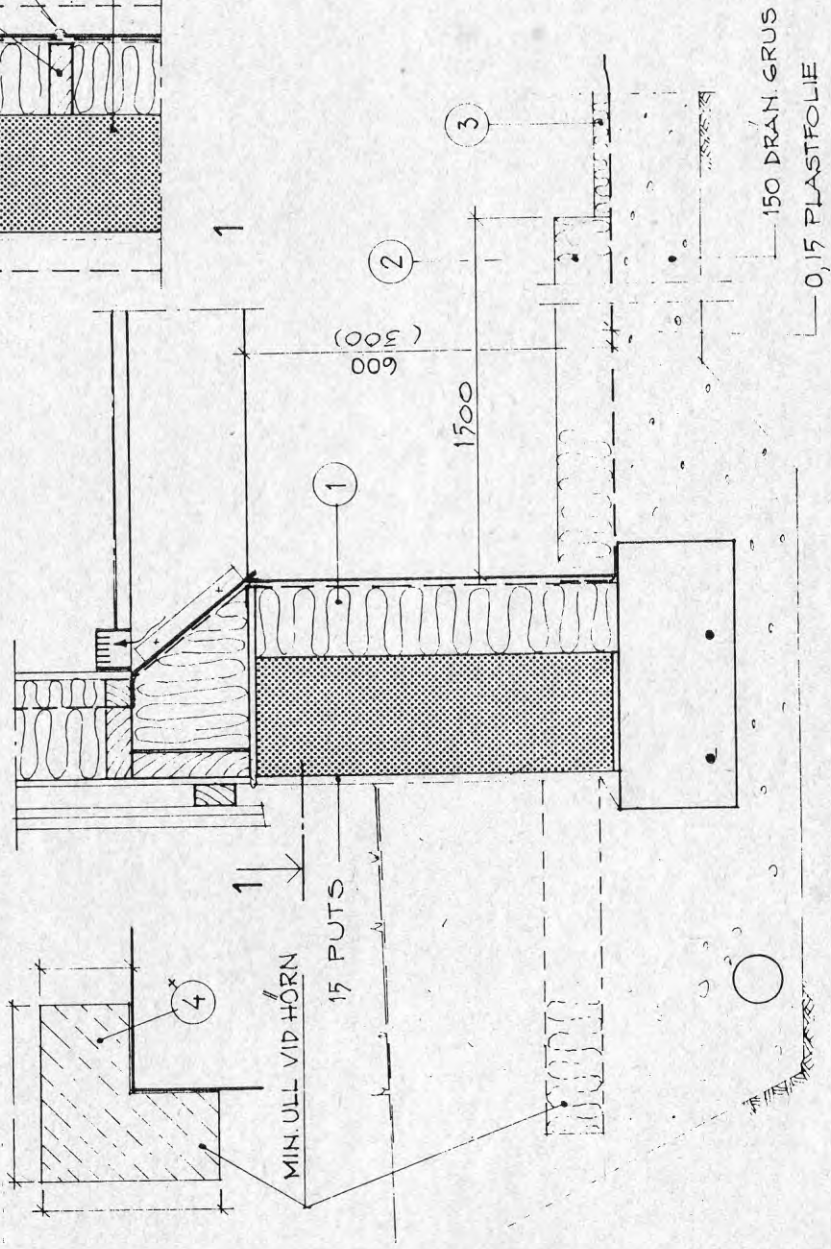
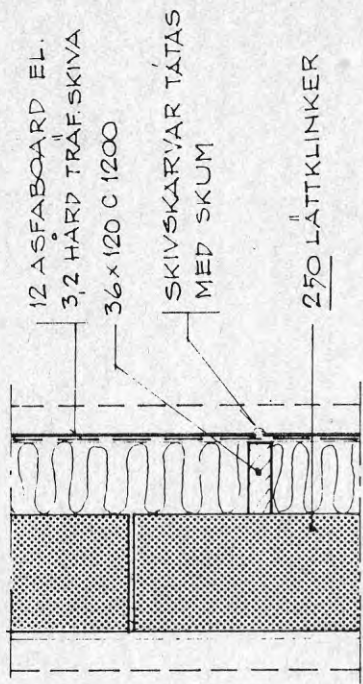


Fig 23 Kryprum med murad grund

Figur 24, visar ett annat grundläggningsförslag. Utförandet bygger på tankegångarna redovisade i ett tidigare kapitel (Trägrunder). En luftspaltsbildande plastfolie dras utpå den impregnerade plywooden. Grunden kommer att isoleras till marknivån i kryprummet, men lämnas för övrigt oisolerad. På insidan av trägrunden finns en plastfolie och t ex en träfiberskiva.

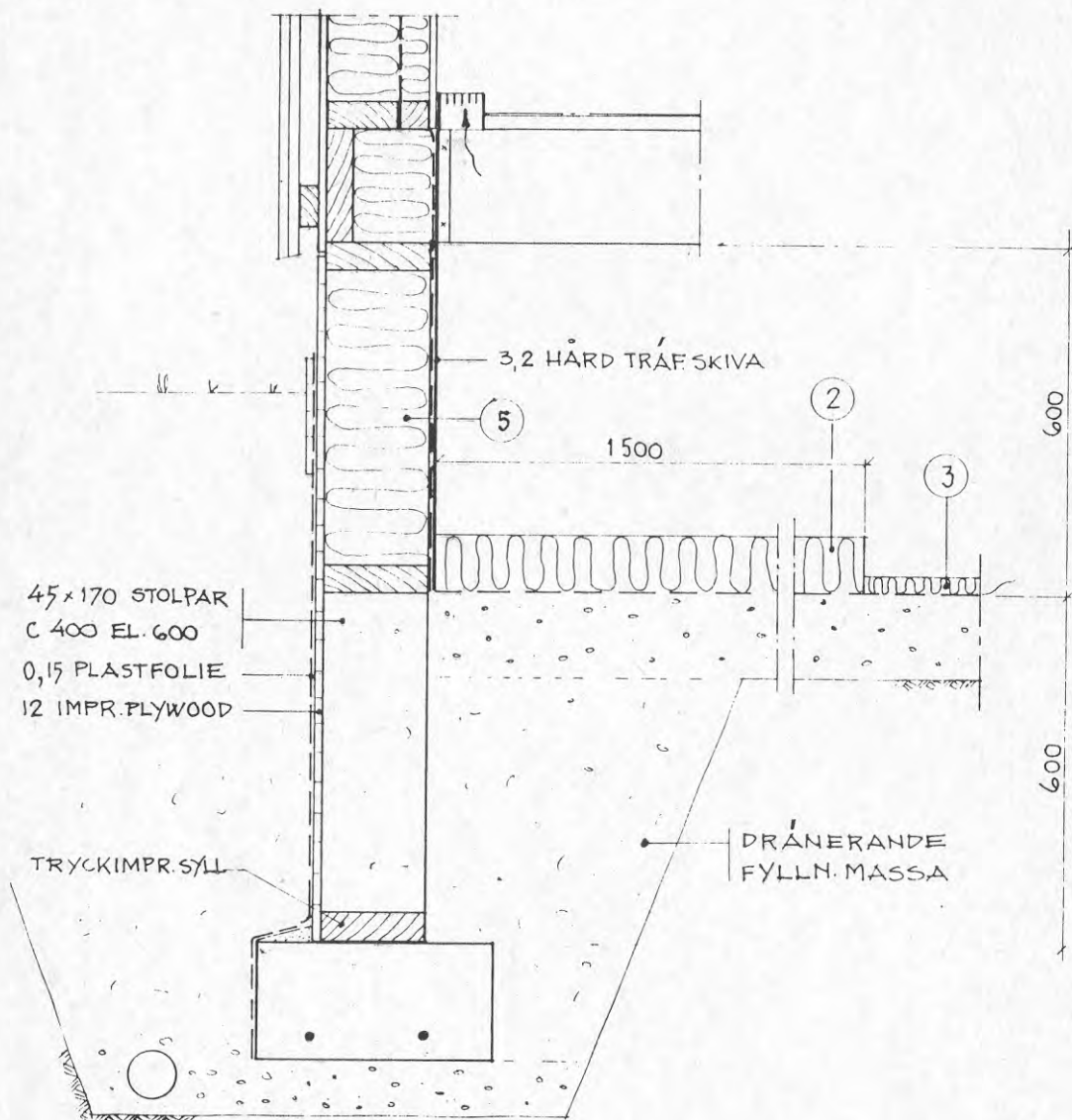


Fig 24 Trägrund

Det tredje alternativet är en betongelementgrund av s k EW-byggelement. Elementen består av ca 5 cm betong, med träreglar. I träreglarna har man slagit in kramlor som sedan gjutits in i betongen. Reglarna kan fås impregnerade. Alla vertikala laster tas ned på reglarna, utom eventuellt fasadtegel som läggs på betongen. Elementen ställs på en grundsula (c 4000). Isolering av elementen kan ske mellan stående reglarna. Elementen och dimensioneringsprinciperna är typgodkända. Bjälklaget kan också utföras med elementen

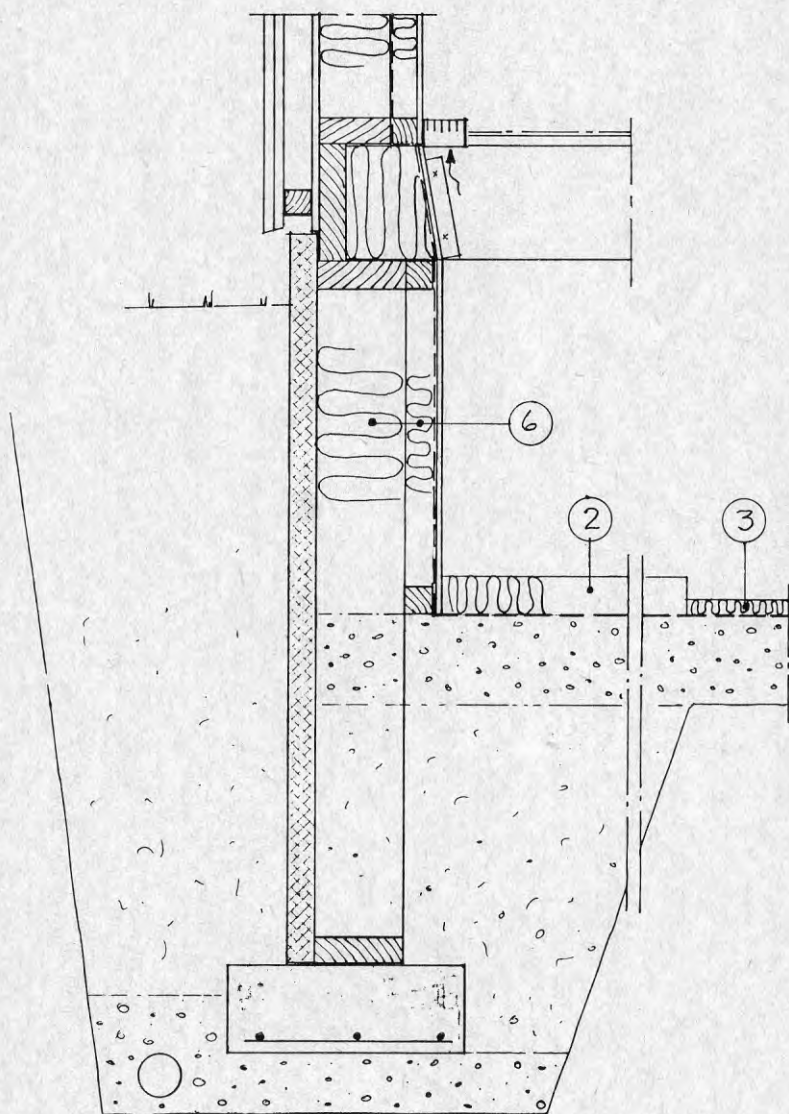


Fig 25 Betongelement för kryppgrund

Projektförslag

Det genomförda projektet visar att det kvarstår ett antal frågeställningar som är svåra att entydigt besvara.

Några exempel på utredningar som bör göras:

- Frostnedträngningen bör beräknas med hjälp av en modell för flerdimensionell strömning p s s nu är utfört för kallt kryprum och platta på mark. Därmed skapas ordentligt underlag för en riktig dimensionering av kryprummets isolering.
- Är det lämpligt att minska fuktavgivning från marken med hjälp av plastfolie? Man bör utreda om kapillärbrytande skikt är fullt tillräckligt.
- Man bör beräkna ventilationsbehovet i kryprummet ställt i relation till ventilationsbehovet i huset i övrigt. Från vilka utrymmen bör man ta ventilationsluft (bad, våtutrymmen etc) och från vilka utrymmen bör ventilationen ske direkt (kök etc) ?
Beräkningar bör genomföras som optimerar detta system.
- Byggnads- och montageteknik bör studeras närmare spec men hänsyn till eventuella svårigheter i samband med t ex installation, tätningar m m.
- Kostnadsfaktorer måste ytterligare belysas såväl under byggnadstid som under brukandet av huset.

En serie provhus skulle kunna ge underlag för en säkrare bedömning av ovanstående frågor. De ger möjlighet till uppföljning i byggstadiet och sedan under en försöksperiod på några år. Man har då möjlighet att klarlägga produktionskostnader och produktionsteknik samtidigt som man kan få en bild av teknisk funktion av de olika principerna för kryputrymmen samt av uppvärmningskostnader.

Två klart skilda principer för ventilation är intressanta att studera vidare.

- Kryprum som är ventilerat med innerluft ev med vissa arrangemang för värmeväxling.
- Kryprum använda som distributionskanal för uppvärmd luft.

Det vore önskvärt att man kunde bygga tre provhus där man hade möjlighet att jämföra olika principer för utformning av kryprum. Hus 1 borde ventileras med inluft utan tillskott av värme. Hus 2 borde ventileras med förvärmad luft och utrymmet borde då också fungera som distributionskanal för värme till olika delar av huset. Hus 3 borde byggas som ett referensobjekt och utföras med kallt kryputrymme konstruerat enligt sedvanliga konstruktionsprinciper. Husen bör i övrigt vara så lika som möjligt under försöksperioden och användas på ungefär samma sätt.

För att få tillräcklig information bör registrering av fukt och temperaturförhållanden i kryprummen genomföras mycket noggrant. Lämpligen bör registreringen ske automatiskt och anslutas till datasystem som finns på de tekniska högskolorna. Det bör också finnas möjlighet att noggrant reglera den ventilation och värme som släpps ned och tas ut ur kryprummen samt att göra förändringar i luftfördelning i såväl kryprum som i lägenheter.

För att provhusprojekt skall kunna ge så stor praktisk information som möjligt bör det bedrivas i nära samarbete med producenter. Småhusindustrin har visat stort intresse att driva projekt vidare och därmed kan husen få den tekniska utformning som överensstämmer med fabrikanternas produktionsteknik. Samtidigt kan provhusprojektet komma att ge sådan information att grundsystemet kan utvecklas så att det blir enklare och billigare. I de förslag som nu ges måste hänsyn tas till osäkra faktorer. Möjlighet bör finnas att minska grundläggningsgjup och kryprumshöjd, förenkla vägg och bjälklagskonstruktion, samt utarbeta lämpliga installationssystem. Samtidigt bör man kunna utveckla metoder för förenklad bygg- och montageteknik samt arbetsmetoder för att underlätta installationsarbeten.

LITTERATUR

Adamson, B, Claesson, J och Eftring, B, 1971,
Kryprum. Grundläggningsdjup, värmeisolering och fuktförhållanden.
(Statens institut för byggnadsforskning)
Rapport R29:1971. Stockholm

Adamson, B, Claesson, J och Eftring, B, 1973 a
Bjälklag på jord - grundläggningsdjup
(Statens Råd för Byggnadsforskning)
Rapport R40:1973

Adamson, B, Claesson, 1973 b
Bjälklag på jord - värmeisolering och golvtemperaturer
(Statens Råd för Byggnadsforskning)
Rapport R41:1973

Strokirk, E, 1961, Källarlösa hus - några erfarenheter.
Byggmästaren, nr 3, Stockholm

Elmroth, A, 1975, Kryprumsgrundläggning. (Statens Råd för Byggnads-
forskning) Rapport R12:1975, Stockholm

Tellstedt, R, 1973, Fukt- och temperaturförhållanden i uppvärmd kryp-
grund. Slutrapport (Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm)

Bjerking, S-E, 1975, Småhusgrundläggning. (Statens Råd för Byggnads-
forskning) Rapport R39:1975, Stockholm

Höglund, I och Ottosson, G, 1961, Tre typer av kryputrymmen.
Byggmästaren, nr 3, Stockholm

Munther, K E, 1977, Tre energiprovhus i Östersund. (Statens Råd för
Byggnadsforskning) Rapport R56:1977, Stockholm

Elmroth, A och Höglund, I, 1973, Småhusgrundläggning med kryprum.
(Statens institut för byggnadsforskning) Byggnadsforskningens informations-
blad B13:1972, Stockholm

Svensson; U, 1966, Ventilerade kryprum. Lättbetong nr 4, Stockholm

Värmegrund- och solfångarprojektet i Forserum. BPA, Jönköping

Skogsberg, L, 1976, Här sparar husägarna pengar, Byggnadsarbetaren 28/1976

Brosenius, H, 1957, En förenklad grundläggningsmetod för källarlösa hus. Byggmästaren nr 3, Stockholm

Bodén, O, 1974, Projektering och utformning av en modern industribyggnad. Stålbyggnadsdagen 1974. Stålbyggnadsinstitutet, publikation nr 48, Stockholm

Bjerking, S-E, 1958, Kan vi bygga billigare tvåvåningshus? Väg- och vattenbyggaren nr 8, Stockholm

Rörarbete under källarlösa byggnader. (Arbetskyddsstyrelsen) Meddelande 1973:5, Stockholm 1973

SBN 1975, 1977, Småhus
Statens Planverk, Stockholm 1977

National Forest Products Assoc. 1976, Art Weather Wood Foundation System Design Fabrication Installation Manual, Washington DC

W.S Dept of Agr, 1976, Standard Modular Foundation Panels for Houses of all Skopes. Tech Bull no 1541, Washington DC

Canadian Wood Council, 1976, Preserved Wood Foundations. Ottawa.

Elmroth, A, 1974, Tre i fundamentering. Föredrag vid Nordiskt Tresymposium, Oslo.

Nilcon - värme, ventilations- och kylsystem 1976.
Rapport 44;76

Selvaag, N, 1972, Tre i småhusfundamenten
(Norsk Treteknisk institutt) Utredning nr 40, Oslo

American Society of Civil Engineers, 1975
Wood Structures. A design guide and commentary. New York

Englund, B, Granström, T, 1974. Utveckling av lätta grundläggningsmetoder - probleminventering och program. (Svenska Träforskningsinstitutet, Stockholm

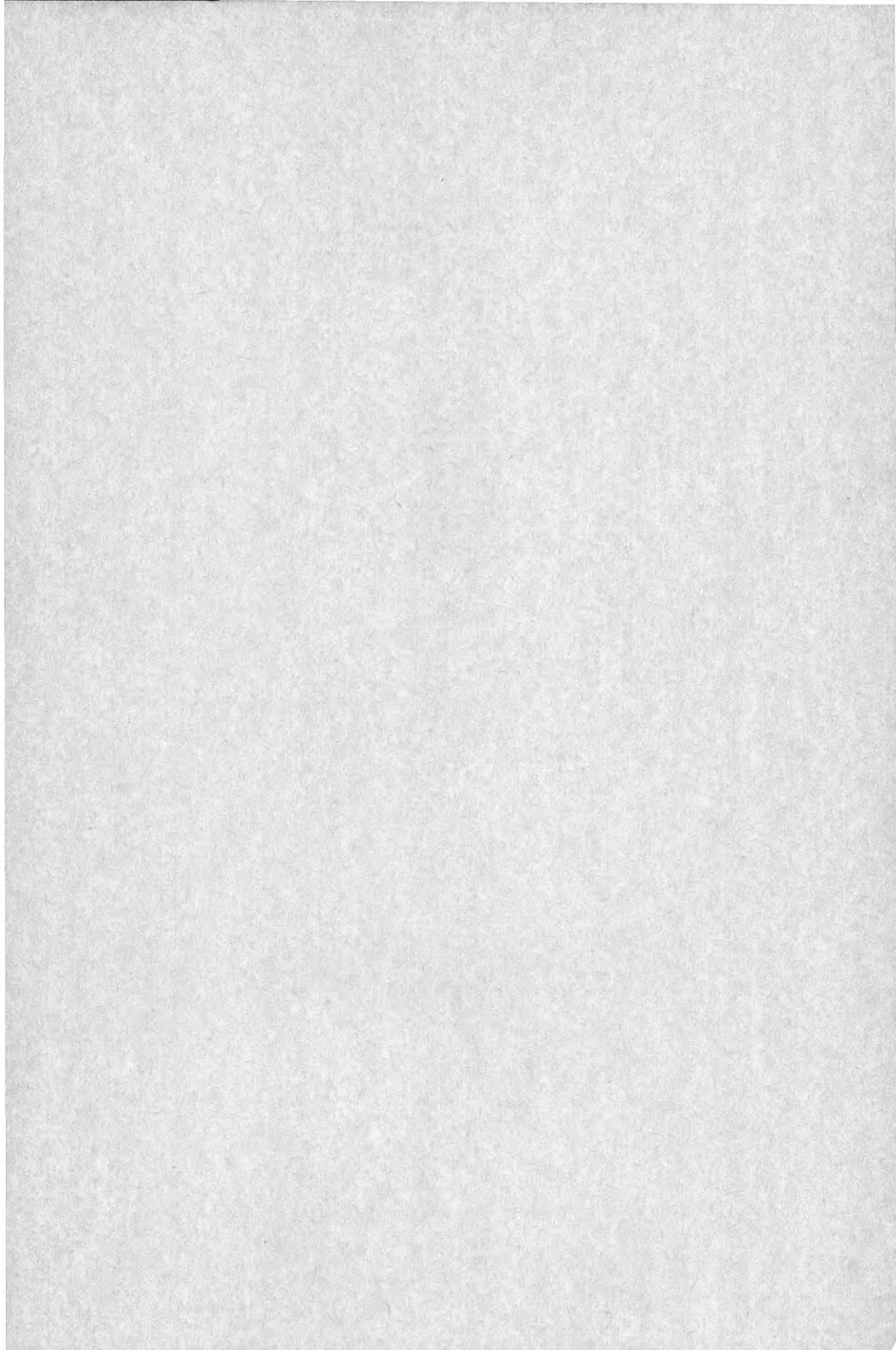
Modern Byggteknik Team nr 7-8, 1973
Källarväggar och -golv av trä ger lägre bygg- och värmekostnader

Strindehag, O, Olsson, R, 1974, Varmluftsuppvärmning av bostäder anslutna till fjärrvärmenät. Väg- och vattenbyggaren 10/1974. Stockholm

ÖVRIGA REFERENSER

Följande personer har intervjuats i samband med projektet.

Arne Elmroth	Kungl tekn Högskolan
Tore Falkenhaus	Hultfredshus AB
Bertil Dättermarck	Östgötabyggen AB
Sture Öst	Gullringenhus AB
Kjell Berger	Elementhus
Uno Svensson	Fagersta Bruk
Bertil Mattson	Arbetarskyddsstyrelsen
Sven Nilsson	Nilcon
Bengt Almstedt	ABV
Gösta Holmberg	BPA
Christer Andersson	Svenska Fläkt
Ingvar Eriksson	Svenska Fläkt
Rolf Tellstedt	Rolf Tellstedt AB
Nils Mattson	Byggnadsnämnden, Uppsala
Lundmark	Länsbostadsnämnden i Uppsala län
S Peterzén	Forss & Son AB
J Claesson	Lunds tekn Högskola



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
771071-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Bjerking Ingenjörbyrå AB, Uppsala.**

R1:1979

**ISBN 91-540-2952-X
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

Art.nr: 6600901

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirkapris: 20 kr exkl moms