8809059

P

RAPPORT

Dokumentation från TräteknikCentrums temadag

Trähusdag

1988-09-22

Trätek

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Dokumentation från TräteknikCentrums temadag

TRÄHUSDAG 88

1988-09-22

TräteknikCentrum, Rapport P 8809059

Nyckelord

energy consumption
insulation
moisture
mold
residential construction
single family houses
wood

Stockholm september 1988

FÖRORD

Rapporten innehåller dokumentation från Träteks temadag "Trähusdag 88" som hölls i Hultsfred den 22 september 1988.

Dokumentationen består av sådant material som användes under dagen, sammanfattning av föredrag, OH-bilder etc. Respektive föredragshållare svarar för de olika avsnittens innehåll och dokumentation.

PROGRAM

3

Trähusdag 88

TORSDAG 22/9 1988

08.30	Registrering och kaffe
09.00	**Trähusdagen öppnas** Erik Krönmark, landshövding
09.05	**Pågående Trätekprojekt inom området** 5 Sven Casselbrant, Trätek
09.20	**Kommande verksamhet inom Träteks styrgrupp trähus** Åke Ericsson, ordf i Träteks styrgrupp trähus
09.30	**Plan- och bostadsverkets roll i framtiden** Gösta Blücher, Plan- och bostadsverket. Sep. trycksak
10.00	Kaffe
10.20	**Energi** Energiförbrukning för olika systemlösningar. Beräknade och uppmätta värden - Bo 85 och Hjältevadshus 11 Stig Jahnsson, Energidoktorn Konsult AB - Bo 86 och Bo 87. Resurssnåla småhus i Malmö och Umeå Jan-Åke Jonsson, Norrlands Byggtjänst 19
11.10	**Överslagsmetod för bestämning av effekt- och energiuttag med hänsyn till tids- och slumpmässiga variationer** 39 Christer Harrysson, Bygg- och Energiteknik
11.35	**Instörtande träkonstruktioner under den gångna vintern** Synpunkter på arbetsutförandet. Exempel på konstruktioner och felaktigheter Lennart Boström, Umeå kommun 59
12.00	Lunch i fabriken **Trähusbranchen, historisk återblick och framtidsmöjligheter** Sten Thunell, Svenska Trähusfabrikanters Riksförbund **Presentation av Hultsfreds-Hus, visning av tillverkningen**
14.30	**Fukt** Fukt och värmetekniska egenskaper hos högisolerade konstruktioner - Finska erfarenheter Erkki Kokko, Statens Tekniska Forskningscentral (VTT) 67 - Erfarenheter från Trätekprojekt Ulf Bergström, LB-Hus
15.20	Kaffe
15.40	**Trä, fukt och mögel. Sammanställning av några intressanta pågående och avslutade projekt. Framkomliga vägar** 91 Johnny Bjurman, Sveriges Lantbruksuniversitet
16.00	**Träfasader, problem och möjligheter** Lars-Olof Nilsson och Stefan Hjort, Chalmers Tekniska Högskola 99
16.20	**Summering av dagen** Åke Ericsson
16.30	Trähusdagen slut

PÅGÅENDE TRÄTEKPROJEKT INOM OMRÅDET

Sven Casselbrant, Trätek

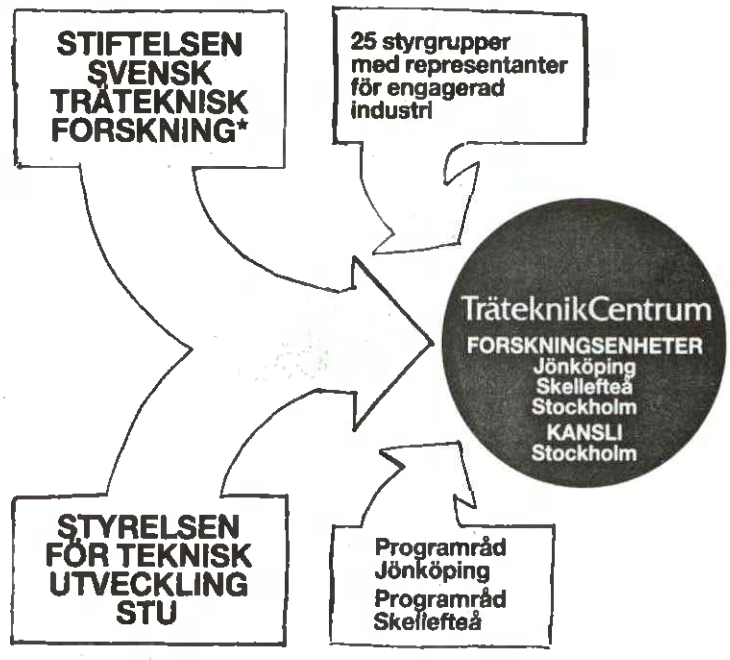
6

TräteknikCentrum
INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING
Swedish Institute for Wood Technology Research

1988-09-01 SC/YL

TRÄTEK - ORGANISATION OCH EXEMPEL PÅ PROJEKT INOM TRÄBYGGNADSOMRÅDET

Trätek är ett FoU-institut, som drivs i samarbete mellan industrin och staten.



Stiftelsen svensk träteknisk forskning har följande huvudmän:

Svenska Sågverks- och Trävaruexportföreningen, Svenska Plywoodföreningen, Svenska Spånskiveföreningen, Svenska Wallboardföreningen samt Stiftelsen för Trämanufakturteknisk Forskning (huvudmän från möbel-, snickeri, trähus- och övrig träbearbetande industri).

Industrin har ett avgörande inflytande på verksamheten, dels genom styrelsen och dels genom de många styrgrupper, som finns för olika områden. En av dessa är "Styrgrupp Trähus", som står bakom dessa årligen återkommande trähusdagar.

TräteknikCentrum
INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING
Swedish Institute for Wood Technology Research

Trätek omsätter drygt 50 milj. kr. per år. Ca 60 % kommer från ramprogrammet, som baseras på avtalet mellan Stiftelsen och STU (53 respektive 47 %), 10 % från uppdrag och försäljning av rapporter samt resterande 30 % från projektanslag från exempelvis STU, SIND, BFR.

Trätek har 62 personer anställda i Stockholm, 15 i Skellefteå och 7 i Jönköping.

Verksamheten är indelad i tre sektorer:

- Sektor Material, som arbetar med hur trä skall vara för att användningen och produkterna skall bli bra. Hur träets egenskaper kan förändras på kemisk väg för att ännu bättre svara mot kraven. Ofta kan arbetet gälla motståndskraften mot fukt, röta, insekter och brand, eller val av ytbehandling, fuktavvisning, impregnering eller lim.

- Sektor Produktion. Inom denna forskningssektor produceras teknisk-ekonomisk kunskap för all träbearbetande industri från avverkning, sågverksdrift och skivtillverkning till framställning av färdiga produkter. Arbetsmiljön är likaså ett huvudområde för verksamheten. I ett sågverk t ex, är råvarukostnaden 60-70 % av totalen. Därför är forskning kring effektiva produktionsmetoder som på bästa sätt utnyttjar råvaran viktig.

- Sektor Produkt. Arbete bedrivs här inom fem områden: Trä som handelsvara, d v s kvalitetsfrågor och standardiseringsfrågor. Skivmaterial. Trä i förpackningssammanhang. Träanvändning inom byggandet; bärande konstruktioner, förband, fuktfrågor och energifrågor. Trä och brand.

TräteknikCentrum
INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING
Swedish Institute for Wood Technology Research

Exempel på projekt inom träbyggnadsområdet

Bygga torrt

I detta projekt redovisas vilken fuktbelastning man kan räkna med i olika byggdelar under olika betingelser. Mot detta ställs de krav som gäller för det färdiga huset. Därefter behandlas problem och lösningar i samband med materialleveranser samt hantering och lagring av material. Vidare ges en rad tips om hur man skall bygga för att snabbast möjligt komma under tak, t ex genom att välja prefab-leverans. Slutligen behandlas ett föga uppmärksammat ämne, uttorkningen.

Europastandard - Eurocode 5

Det pågår ett intensivt arbete inom EG och EFTA för att till 1992 skapa en öppen marknad för bl a byggprodukter. En väsentlig del i detta ligger i ett uppdrag till CEN att utarbeta Europastandards inom byggområdet. Trätek är djupt involverade i att tillvarataga svenska träprodukters intressen i dessa sammanhang. Bl a är det fråga om att hållfasthetssorterat virke från Sverige (t ex takstolar i en husleverans för export) tillerkänns hållfasthetsvärden, som ger full rättvisa åt materialet. Vi är där med i ett forskningsprojekt inom EG:s trä-FoU-program där virke och sorteringsmetoder från olika länder jämförs.

Man räknar vidare med att Eurocode 5 (EG:s blivande träbyggnorm) kommer in i CEN-arbetet och det gäller då att vi kan analysera vilka effekter det skulle få för Sverige och skaffa fram underlag för att påverka dess utformning så att det främjar träanvändning i allmänhet och svenska träprodukter i synnerhet.

TräteknikCentrum
INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING
Swedish Institute for Wood Technology Research

Brand

Numera krävs att väggar i småhus dimensioneras så att den bärande funktionen upprätthålls viss tid under brandbelastning. Därvid antas både vertikal och horisontell last på väggen. Till en början uppfattades de nya reglerna som diskriminerande för trähus. Trätek har studerat verkningssättet hos belastade reglar vid ensidig brandbelastning. Dels kunde det ledas i bevis att det under brandförloppet skedde en omfördelning av lasten i regeln och att bärförmågan var betydligt högre än vad tidigare provningar visat. En beräkningsmodell har utvecklats, med vars hjälp man utifrån separat axial- respektive transversalprovning kan dimensionera regeln med hänsyn till laster, upplagsförhållanden och byggnormens krav på brandmotståndstid.

ENERGI
- BO 85 VISION OCH VERKLIGHET

Stig Jahnsson, Energidoktorn Konsult AB

BO 85 - VISION OCH VERKLIGHET

Bostadsdepartementet gav i juni 1983 Byggforskningsrådet i uppdrag att samordna småhusen i 1985 års bostadsmässa. Syftet var att visa tillämpning av byggforskningsresultat inom småhusbyggandet. Ett flertal artiklar inom fackpressen - exvis Byggindustrin och VVS & Energi - väckte stora förväntningar och i Bfr:s egen tidskrift nr 3/1985 sammanfattades intentionerna på följande sätt: "En investering med denna inriktning och hög kvalitet i framtidens bostäder kommer att ge en god bostad till låga kostnader för energi, drift och underhåll. På bostadsmässan Bo 85 presenteras i en utställning olika lösningar på framtidens bostäder. I småhusområdet som Bfr haft ansvar för visas praktisk utformning av hus med låg energiförbrukning, yttre miljö, energisnål teknik och nya material".

Det var således med stora förväntningar jag på invigningsdagens morgon steg av pendeltåget och promenerade ut till småhusområdet i Runby backar. Jag kunde genast konstatera att den yttre miljön var minst sagt excellent, nästan som den doft ifrån den fina världen: Husen var påkostade, nymålade i smakfulla färger, gräsmattorna nyutrullade och rutorna till alla de inglasade uteplatserna var nyputsade. Doften från den fina världen förstärktes ytterligare i entren till husen där ett uppbåd av välkammade och moderiktigt klädda hussäljare likt inkastare på Kiviks marknad motade in besökarna för att dessa handgripligt skulle få uppleva de berömda känslorna! Vid en mera närgången granskning av husen kunde jag kock inte finna några tecken på "kvalificerad projektering, professionellt arbetsutförande, väl utförd kontroll och besiktning" som enligt Bfr 3/1985 utgör förutsättningarna för kvalitetssäkra småhus.

Min dystra bedömning av småhusen i Runby backar sammanfattade jag i Byggnadstidningen 20/1985 på följande sätt:

"Trots att den inre miljön var minst lika excellent som den yttre är jag efter besöket på Bo 85 mycket fundersam på framtiden: Hur länge skall påkletad kosmetika - såväl yttre som inre - tillåtas skyla över och dölja så grova tekniska fadäser?"

När väl siste mässbesökaren lämnade Bo 85 och de intet ont anande husköparna med stora förväntningar flyttade in i småhusen upphörde intresset helt för "framtidshusen". Några ansatser till utvärdering eller uppföljning har ej gjorts. Jag har dessvärre fått ett alldeles bestämt intryck av att sådana försök på allt sätt motarbetats av ansvariga för bostadsmässan 85.

Ett blygsamt anslag från TTC styrgrupp trähus har gett mig möjlighet att under en vecka i början på juni granska hus och installationer samt jämföra verklig energiförbrukning med den utlovade. Genom stort tillmötesgående av byggnadsinspektören i Upplands Väsby, Lennart Ridderstråle, kunde jag snabbt få tillgång till för granskningen matnyttiga uppgifter.

Redan vid denna handlingsgranskning framkom graverande fakta:

- Redovisningen av installationer och hur de kunde tänkas fungera var synnerligen mager. Däremot uppgick den sammanlagda vikten av konstruktionsberäkningar till flera kilo.
- Trots upprepade påstötningar från byggnadsnämnden hade injusteringsprotokoll för luftbehandlingsinstallation enligt SBN 39:43 endast inlämnats för tre (3) av de 21 husen. Av

de inlämnade var minst ett förfalskat eftersom uppmätta luftflöden för samtliga don på tiondels liter överensstämde med projekterade.

- Trots upprepade påstötningar hade flertalet hustillverkare inte ens försökt åtgärda de brister som redovisats i SP-rapporterna nr 8511.184 och 85 E7.6104. Ur den sistnämnda rapporten är sammanfattningen värd att citera:
  "Av mätresultaten framgår att ett flertal hus är behäftade med allvarliga täthetsbrister vilket orsakar höga uppvärmningskostnader, samt att det i några hus vid hög fuktbelastning inomhus föreligger risk för fukt- och mögelskador i konstruktionen.
  Efter det att åtgärder gjorts bör uppföljande mätningar utföras för att kontrollera huruvida tätningsåtgärderna lyckats."
- Mest graverande är dock att AB Bostadsgaranti som i samband med att ett av husföretagen gjorde konkurs fick överta entreprenadansvaret för två av husen, nr 6 och 7, skött sitt åtagande minst lika illa som övriga hustillverkare: Inga injusteringsprotokoll har inlämnats till byggnadsnämnden och inga ansträngningar för att rätta till otätheter och övriga brister har gjorts. Om inte AB Bostadsgaranti skall bli ytterligare en byråkratisk institution vars nytta starkt kan ifrågasättas krävs omgående skärpning av såväl kontroll som besiktning.

Energibalansberäkning enligt ENORM har utförts för samtliga hus av Karl Munther Energiforskning AB. Genom Lennart Ridderstråles medverkan har jag fått kopior på energileverantörens registerkort till samtliga 21 hus. Elmätarna har för de flesta husen lästs av 851201 och 871124 dvs så när som 6 dagar en tvåårsperiod. För att kunna göra en så rättvisande jämförelse som möjligt har jag räknat om Munthers energibalanser med varje månads av SMHI uppmätta medeltemperatur för den aktuella tidsperioden.
Resultatet redovisas i följande sammanställning. Enhet:kWh

Hus nr		ENORM	VERKL	DIFF
1		29401	45195	15794
2		26121	32715	6594
3		31103	33964	2861
4		28155	38501	10346
5	anm 1.	14892	16260	1368
6		27622	40002	12380
7		34605	57741	23136
8	anm 2.	53605	82905	29300
10		-	Uppg.saknas	-
11		30101	52109	22008
12	anm 3.	26000	30924	4924
13		37536	38876	1340
14		28341	49622	21281
15	typ 1.	-	Uppg.saknas	-
15	" 2.	27715	34903	7188
16		36920	55839	18919
17		-	Uppg.saknas	-
18	lgh1 anm4	17174	41953	24779
18	" 2 "	17174	48552	31378
19		31253	39687	8434
20		Uppg.saknas	-	-
21	anm 5	17572	23762	6190
Summa		515290	763510	248220

Anm 1. Avläsningsperioden omfattar endast 861217-871124

Anm 2. Två lägenheter.

Anm 3. Korrigerat ENORM m.h.t. att uppvärmd area är 103 m^2 dvs 10 m^3 mindre än i Munthers beräkning.

Anm 4. Korrigering av ENORM m.h.t. verklig månadsmedeltemp ej utförd.

Anm 5. Avläsningsperioden omfattar endast 861214-871124.

I genomsnitt skulle varje familj enligt den klimatkorrigerade ENORM-beräkningen förbruka ca 14300 kWh/år men har i verkligheten förbrukat ca 21200 kWh/år. Differensen uppgår till ca 6900 kWh/år eller ca 48 %.

Dessa siffror talar sitt tydliga språk:

- De "optimala framtidshusen" i Runby backar har en värmekostnad som med minst en tiopotens överskrider den i Bfr 3/1985 utlovade värmekostnaden på 250 kr.
- Förbrukningsvärden från udda provhus, exvis småhusen i Skultorp eller småhuset i Täby - beskrivna i SP-rapporterna 1985:42 resp 1986:30 - ger en falsk bild av den bistra verkligheten: Med stora insatser av mätutrustning - och personal - har man lyckats att justera in systemen. I illa projekterade slarvigt byggda småhus med undermåliga och ej injusterade installationer blir energiförbrukningen högre än för exvis Modulenthus byggda i början på sjuttiotalet.
- Jag har den alldeles bestämda uppfattningen att småhusen ute i Runby backar har många "optimala kompisar" ute i landet, dvs de är varken bättre eller sämre än de småhus som i dag produceras.

Sanningen kommer förr eller senare fram, om inte förr så när vi skrotar ett par kärnkraftsreaktorer och finner att elströmmen börjar sina.

I en artikel i VVS & Energi nr 10/86 redovisade jag en uppföljning av verklig energiförbrukning för 18 Hjältevadshus byggda i Västervik våren 1984. Vid ett besök i Västervik 880818 har jag återigen läst av samtliga elmätare och i följande sammanställning har jag jämfört beräknad och verklig årsförbrukning. Se bilaga 1. För en del hus där övervåningen inretts under fyraårsperioden har jag givetvis inget underlag för en rättvisande jämförelse. Ej heller är den beräknade förbrukningen klimatkorrigerad m.h.t. att ett par vintrar varit kallare än normalt. Slutligen vill jag också framhålla att det med min avsaknad av avancerad matematikutbildning ej varit möjligt att dela upp den från en elmätare avlästa bruttoförbrukningen i värme-, varmvatten- och hushållsel!

Resultaten från Västerviksgruppen styrker min åsikt att det inte räcker med kvalificerat skitsnack: För att åstadkomma kvalitetssäkra energisnåla småhus krävs att ord omsätts i handling: Kvalificerad projektering, professionellt utförande, väl utförd egenkontroll och besiktning ger god utdelning.

Eksjö 880820

Stig Jahnsson

Ps I den kommande TTC-rapporten kommer iakttagelser och mätresultat att redovisas för de hus som jag under juniveckan hann med att granska.

Smakprov:

Ett hus förbrukar 3 ggr för mycket energi för uppvärmning.

Två hus har nästan noll-ventilation i hygienrum.

En värmepump startade ej och har troligen stått "overksam" en längre tid.

Flera värmepumpar hade tvivelaktig funktion, freonläckage eller igensatta förångare.

Tejp och tegelstenar har använts för att "justera" luftflöden.

I ett hus uppmättes 0,5-0,7 m/s lufthastighet i vistelsezonen.

I ett hus var frånluftsflödena halverade p.g.a. igensatta filter

Ds.

Bilaga I

VÄSTERVIKSGRUPPEN 18 SMÅHUS PÅ SILURKROKEN 8-42 BYGGDA VÅREN 1984

Nr	Hus typ	Uppv area m^2	Infl 84	Ber årsf. kWh	Mätar avläs 880818	Korr kWh	Förbr 4 år kWh	Års förb kWh	Diff kWh
32	FH2	136	0501	13400	52656	2089	50567	12642	- 758
30	FH2	87/ 136	0501	11400	43712	2089	41623	10406	- 994
28	FH2	87/ 136	0615	11400/ 13400	43761	1216	42545	10636	-
26	FH2	136	0501	13400	66989	2089	64900	16225	+ 2825
24	FH2	136	0601	13400	48308	1501	46807	11702	- 1698
22	FH2	87/ 136	0601	11400/ 13400	47150	1501	45649	11412	-
20	FH5	107	0501	11900	47885	2089	45796	11449	- 451
18	FH2	136	0601	13400	66645	1501	65144	16286	+ 2886
16	FH2	136	0601	13400	53689	1501	52188	13047	- 353
14	FH2	136	0501	13400	49372	2089	47283	11821	- 1579
12	FH2	87/ 136	0501	11400/ 13400	46253	2089	44164	11041	-
10	FH2	87/ 136	0501	11400/ 13400	47899	2089	45810	11453	-
8	FH2	87/ 136	0501	11400/ 13400	44338	2089	42249	10562	-
34	FH2 S	87/ 174	0701	11400	44752	931	43821	10955	- 445
36	FH2 S	174	0701	14700	55130	931	54199	13550	- 1150
38	FH2 S	174	0701	14700	73066	931	72135	18034	+ 3334
40	FH7	87	0615	11100	45234	1216	44018	11005	- 95
42	FH7	87	0701	11100	46646	931	45715	11429	+ 329

RISKER MED LUFTVÄRMESYSTEM I SMÅHUS

Idén att låta luft transportera värme är inte ny fastän den nu lanseras som en epokgörande nyhet. Redan Glimmingehus - byggt i början på 1500-talet - värmdes med ett primitivt luftvärmesystem. Men till skillnad från dagens småhus var Glimmingehus byggt av mycket fuktokänsligt material, sandsten och gotlandskalksten.

De småhus vi bygger i dag innehåller betydligt fuktkänsligare material och är alltför otäta för att vi utan risk för fukt- och mögelskador kan installera frånlufts-tilluftsventilation eller luftvärmesystem. Om fuktig varm luft läcker in i ytterväggar och vindsbjälklag kyls luften och vatten faller ut (kondens) när daggpunkten nås. Sommarens dagg och vinterns rimfrost är välkända exempel på hur vattenånga i luft faller ut mot en kallare yta. Förutsatt att tryckskillnaden är tillräckligt stor - 1-3 Pa räcker - kan luft som läcker genom otätheter och springor transportera stora mängder fukt. Denna fukttransport kallas konvektion.

Citat:

"Alla hustyper kan drabbas av fuktskador. Det är inte någon särskild typ som drabbas oftare än andra. Fördelen med trähus i förhållande till betong- och lättbetonghus är att de har betydligt mindre byggfukt. Nackdelen med trähus är att de ibland är otäta och vid otätheterna kan man få problem med konvektionsskador". Tekn.dr. Ingemar Samuelsson, Statens Provningsanstalt, Borås, ur föredrag 840829 vid TTC:s seminarium i träbyggnadsteknik.

Något myndighetskrav på att tätheten skall kontrolleras och dokumenteras finns ej och med några få undantag byggs dagens småhus så otäta att frånlufts-tilluftsventilation eller luftvärmesystem icke borde installeras med hänsyn till riskerna för framtida fukt- och mögelskador.

Jämfört med andra system är luftvärmesystem mycket svåra att injustera och flödena förändras med tiden p.g.a. nedsmutsade filter och kanaler.

Citat:

"Injusteringen av systemet har medfört problem. Projektet visar att luftvärmesystemet kräver en noggrann injustering vid idrifttagandet". Civ.ing. Åke Blomsterberg, Statens Provningsanstalts rapport 1986:30 sid 76.

Ett luftvärmesystem kan lätt råka i obalans om inte filter och kanaler rensas regelbundet. Att på egen hand "fingra" på ventiler är livsfarligt. Om huset genom tilluftsdonen tillförs mer luft än vad som sugs ut genom frånluftsdonen letar sig varm fuktig luft ut genom otätheter = konvektion. Dagg/rimfrost faller ut på "insidan av utsidan".
Statens Provningsanstalt har vid undersökningar kunnat konstatera att obalans är snarare regel än undantag. Orsakerna är både felaktig injustering och bristande tillsyn.

Citat:

"Luftvärmen är svårt tekniskt, den är "omöjlig" att reglera". Projektledare Jan Åke Jonsson, Norrlands Byggtjänst, Umeå, i VVS & Energi nr 1/88.

Direktverkande elradiatorer och vattenburna värmesystem medger individuell rumsreglering av inomhustemperaturen, exvis ett par grader svalare i sovrum och kanske någon grad varmare i badrum än i vardagsrum. Luftvärmesystem medger ej individuell rumsreglering av temperaturen men ger i värsta fall stora skillnader i samma rum.

Citat:

"Den jämna lufttemperatur som man hade utlovat höll inte i praktiken. Fall med 27 grader vid taket och 16 vid golvet har förekommit" Jan Åke Jonsson i VVS & Energi nr 1/88.

Vanlig inomhusluft innehåller stora mängder partiklar av varierande storlek och i ett TV-program visades bilder på luftkanaler med tjocka dammlager. Dammet är en utomordentligt god grogrund för bakterier, mögelsporer, virus och kvalster som sprids via luftvärmesystemet till alla rum. På senare tid har vi fått alltmer bekymmer med "sjuka hus" dvs hus där människor får hälsoproblem som tros hänga samman med byggnaden.

Citat:

"Vi kommer aldrig att kunna bygga sunda hus så länge kunskapen om hälsoriskerna saknas hos projektörer, byggare och de som skriver bestämmelser". Vilhelm Tell, före detta byråchef på Planverket är kritisk till utvecklingen på byggsidan. Han ser ingen märkbar ljusning i framtiden:
"I dag ökar antalet sjuka hus. Frågan är om vi överhuvudtaget kan stoppa denna utveckling".
Ur VVS & Energi nr 12/87.

Ett första steg till att stoppa den oroväckande utvecklingen är att sluta upp med att installera frånlufts-tilluftsventilation eller luftvärmesystem i småhus med stomme av trä.

ENERGI

- BO 86 OCH BO 87. RESURSSNÅLA SMÅHUS I UMEÅ OCH MALMÖ

Jan-Åke Jonsson, Norrlands Byggtjänst

NORRLANDS BYGGTJÄNST
Jan-Åke Jonson

RESURSSNÅLA SMÅHUS I UMEÅ OCH MALMÖ

Vid BO 86 och BO 87 visades och presenterades de resurssnåla småhusen "Wattstugan", "Kuben", "Megaron" och "Träkronor". Hustyperna kom fram i en tävling "Det resurssnåla trähuset" som Träinformation anordnade 1982. Alla husen har planutformning och volym som beskrivs som resurs- och energisnål. De är välisolerade och täta. Genomgående har de också relativt enkel teknik för uppvärmning och ventilation utan några överdrivna tekniska finesser. Fig 1-4.

De fyra hustyperna ingår i ett Byggforskningsprojekt "Resurssnåla småhus i Umeå och Malmö". Projektet skapades för att utgöra utgångspunkten för bostadsmässor i de två städerna. Både mässan i Malmö - BO 86 - och mässan i Umeå - BO 87 - växte senare ut och kom att omfatta många delprojekt.

Grunden för projektet är att tre hus av vardera hustypen har byggts i både Umeå och Malmö. I Umeå finns provhusen i Ersboda och de var inflyttningsklara hösten 1986. Till BO 87 i Umeå byggdes fyra visningshus som har samma utformning som provhusen. I Malmö byggdes och visades provhusen i Segevång i samband med bostadsmässan 1986.

I projektet ingår uppföljning med ett mätprogram för att kunna utvärdera husens funktion som resurssnåla i driftskedet och jämföra hur likadana hus fungerar i två klimatmässigt mycket olika delar av Sverige. Mätningarna påbörjades i samband med inflyttningen, och omfattar olika energiförbrukning och klimat. Husen har provtryckts och värmekamera har utnyttjats. De kontinuerliga mätningarna avslutas i mitten av september 1988.

För att också få en bild av hur de olika husen nyttjas har parallellt med mätprogrammet genomförts en intervjuundersökning - en enkel boendevaneundersökning.

Syftet har varit att få en god bild av resursförbrukningen i de olika husen, husgrupperna och samtidigt göra en objektiv jämförelse av förhållandena i två helt olika klimatzoner.

Stora kostnadsskillnader

Husen är genomgående relativt små. Det minsta 95 m^2, det största 122 m^2.

I Malmö varierade produktionskostnaden för de olika hustyperna mellan 550.000 kronor och 620.000 kronor. Motsvarande siffror i Umeå var 680.000 - 750.000 kronor. Husen hade 130.000 kronor högre produktionskostnad i Umeå än i Malmö. Orsaken var dels att markkostnaderna var betydligt högre i Umeå, Umeå-husen hade garage istället för car-port, och totala antalet hus som byggdes samtidigt var fler i Malmö, dels att en viss överhettning på marknaden troligen också påverkade kostnaderna i Umeå. Överkostnaderna i förhållande till godkänt pantvärde var av storleksordningen 10-12 %.

Båda områdena byggdes av ABV. Husens stommar tillverkades på fabrik.

Låg beräknad energiförbrukning

Den totala, köpta energin skall enligt de teoretiska beräkningarna (ENORM) under normalförhållandena vara:

Megaron	Malmö	11.500
	Umeå	14.100
Träkronor	Malmö	12.000
	Umeå	14.600
Wattstugan	Malmö	11.400
	Umeå	14.000
Kuben	Malmö	12.700
	Umeå	15.700

Normalvärdena innebär normala årstemperaturer, +20° innetemperatur och är exklusive uppvärmning av garage. Erfarenhetsmässigt skall förbrukningen första året bli något större.

Täta hus

Enligt den provtryckning och värmefotografering som gjorts är tätheten i husen och byggkvaliteten hög. Läckaget vid 50 Pa varierade mellan 0,5 - 1,6 oms/h.

Förbrukningen under två år

Den köpta energin under två eldningssäsonger för de olika husen och orterna visas i fig 5-8. I diagrammen gäller att de svarta staplarna är den graddagskorrigerade köpta energimängden för uppvärmning och för uppvärmningen tillförd energi från varmvatten (20 %) och hushåll (80 %). Skrafferade staplar är alltså förlusterna och sommarförbrukningarna för hushåll och varmvatten.

Det angivna beräknade värdet "ABV" är den teoretiska förbrukningen enligt ENORM.

Följande sammanfattning kan göras:

	Malmö		Umeå	
	Beräknat	Uppmätt	Beräknat	Uppmätt
Wattstugan	11.416	13.791 (+21%)	13.942	16.483 (+18%)
Träkronor	12.033	15.777 (+31%)	14.642	19.444 (+33%)
Megaron	11.555	12.907 (+12%)	14.097	15.835 (+12%)
Kuben	12.702	15.066 (+19%)	15.690	17.190 (+10%)

Man kan konstatera:

- Genomgående är den uppmätta medelförbrukningen större än den beräknade. Träkronor överskrider det beräknade värdet med mer än 30 % både i Malmö och i Umeå.

- Trots denna avvikelse från de teoretiska värdena kan man påstå att husen har förhållandevis låg energiförbrukning.

- Spridningen i förbrukning för respektive husgrupp kan anses ligga inom normala avvikelser med hänsyn till olika familjers sammansättning och vanor. I några fall kan dock extremt stor förbrukning förklaras med dåligt fungerande teknik (t ex hus W1 1986/87).

- I mer än hälften av husen var förbrukningen större andra än första eldningssäsongen, vilket kan bedömas som ovanligt. Även före graddagskorrigeringen var då andra årets förbrukning större i de flesta av fallen. Detta trots att första året var kallare än det andra. Ökningen kan tyda på att man tappat en del av intresset för resurssnålheten inför andra året och ändrat vanor.

- Jämför man medelvärdet av den graddagsberoende energiförbrukningen för samtliga hus i Umeå med samtliga hus i Malmö blir kvoten 12.766/8.554 = 1,49. Ett hus i Umeå drar c:a 50 % mer köpt energi för uppvärmning än ett i Malmö. Om man jämför den graddagsberoende förbrukningen med de aktuella graddagarna finner man att husen i Umeå med Malmö-förhållanden borde ha förbrukat 4 % mer energi. Det innebär att Malmöhusen per graddag drar något mer energi än Umeå-husen.

Husens tekniska funktion

Husens och enskilda anordningars funktion har registrerats kontinuerligt och detaljmätningar har gjorts under olika perioder. Dessa mätningar har i huvudsak skett med datalogger och med hög mätintensitet under begränsad tid. Ett relativt omfattande och innehållsrikt material har erhållits. Här redovisas några utvalda resultat, vilka till stora delar verifierar företeelser som registrerats och omdömen som erhållits vid de kontinuerliga registreringarna och vid samtalen med de boende (se bilaga).

Man kan konstatera:

- Systemfel förekom. T ex fluktuerande inblåsningstemperatur i luftuppvärmda hus, där temperaturen kraftigt påverkas om man öppnar en ytterdörr eller kör ett torkskåp. Svårighet att hålla jämn innetemperatur.

  Fig 9 visar uppmätta inblåsningstemperaturer som funktion av utetemperaturen. Hus W2 i Umeå.

  Fig 10 a visar ett mätexempel. Inblåsningstemperaturen stiger plötsligt mycket högt i två fall, samtidigt som utetemperaturen stiger. Avståndet 00-00 är 24 timmar (Hus T2 i Umeå).

  Fig 10 b visar samma hus sedan "felet åtgärdats" av leverantörens serviceföretag.

- I många fall har stor lufttemperaturskillnad uppmätts mellan golv och tak. Jämför fig 10.

- Låga golvytetemperaturer ner till 10-12° har uppmätts. Exempel i fig 11. I extrema fall har golvtemperaturer mot 0° uppmätts.

- Dåligt fungerande värmepumpar, men när de gått har vanligen värmefaktorn varit god (> 2,5).

- Det har varit svårt att få fel tillrättade.

- De i efterhand uppmätta ventilationsvärdena stämde dåligt med de värden som angavs vara uppmätta vid installationen av anläggningarna och som till stor del överensstämde med dimensionerade, beräknade värden.

- För Kuben, som saknade system med luftvärme och värmepump, finns inga registrerade funktionsstörningar eller negativa kommentarer. Jämför också energiförbrukningen.

- Solrummet i Träkronor i Umeå har inte i något fall fungerat enligt arkitektens intentioner. Även i Malmö är anordningen ur funktionssynpunkt tveksam.

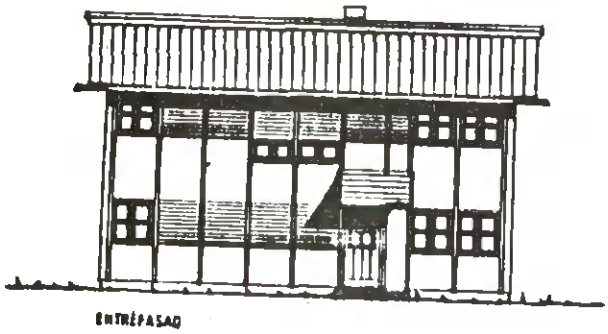
Slutord

Sammanställningen av resultaten och utvärderingen är ännu endast delvis genomförd. Tendensen är dock uppenbar och har varit skönjbar under hela undersökningsperioden. Väl byggda hus med begränsat, sofistikerad teknik fungerar bra och är hyggligt energisnåla. Samma konstaterande gjordes i ett projekt som kallades "Villa 80" och som genomfördes i Umeå 1977-78.

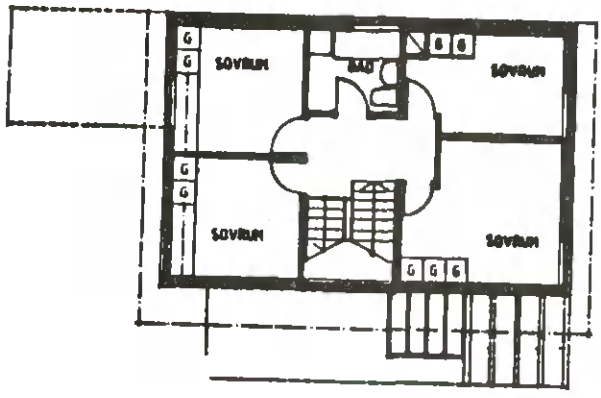
Utvecklingen som skett under de gångna tio åren är egentligen liten. Största skillnaden är de system med luftburen värme som nu används. De fanns inte utvecklade på 1970-talet. Det är system som gör att man slipper dyrbar installation av vattenburen värme i hus som kräver både ventilation och små energitillskott för uppvärmning. Tanken är enkel och perfekt. Men de ingående delarna måste fungera och det måste finnas system i byggprocessen som gör att dessa "prylar" justeras in och servas även sedan de kommit till byggplatsen. Här är situationen idag exakt samma som för tio år sedan. "Prylarna" fungerar inte alltid så bra och ingen tar ansvar.

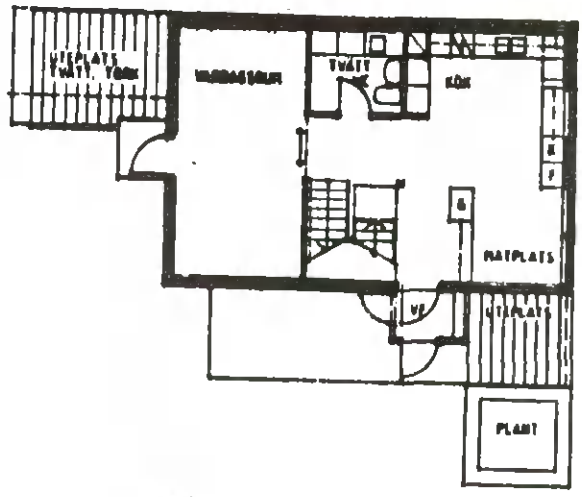
24

KUBEN



ENTRÉFASAD





ENTRÉPLAN

124 m²

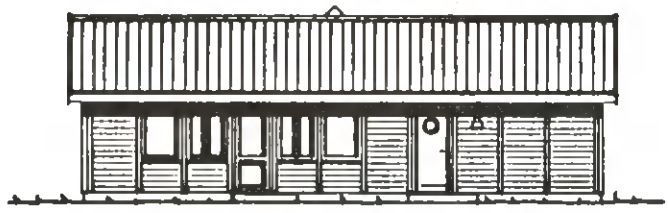
vägg : 245 mineralull

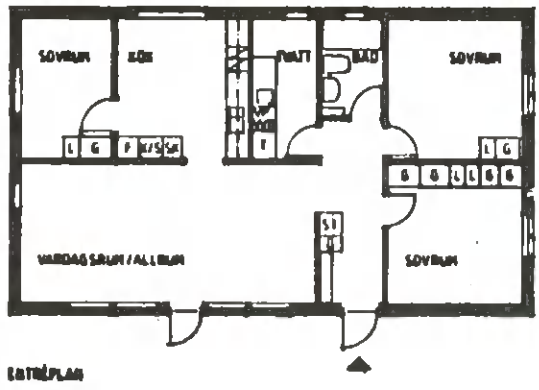
bjälk : 400 —"—

- direktverkande el
- FTX (Bahco Minimaster)

FIG 1

MEGARON





95 m²

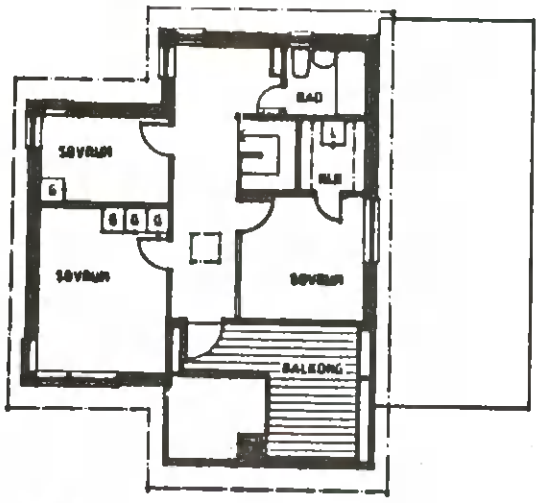
vägg : 245 mineralull

tjäl : 400 — " —

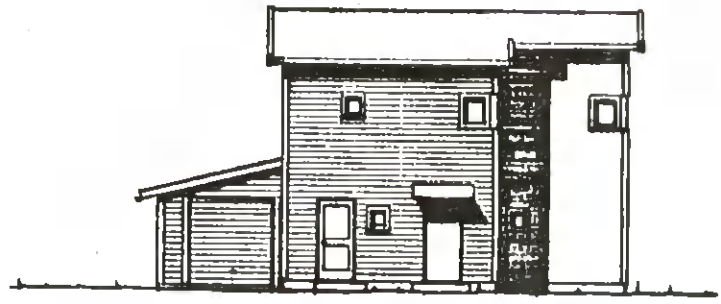
- direktverkande el + luftvärme
- frånluftvärmepump
  - varmvatten, luftvärmare, växlare

FIG 2

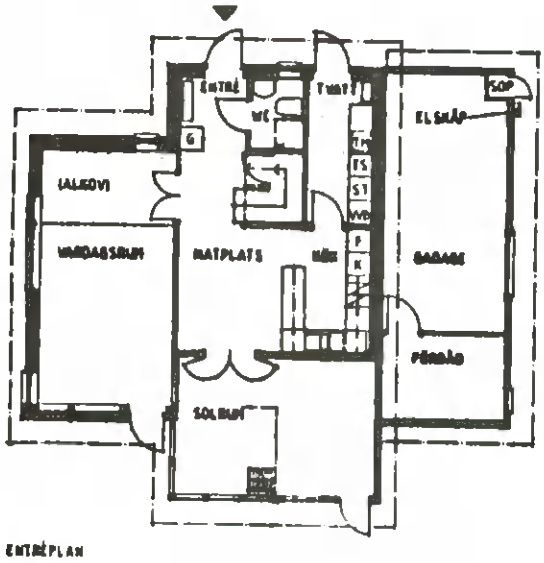
26 **TRÄ KRONOR**



PLAN 1 TR



ENTRÉFASAD



ENTRÉPLAN

117 m²

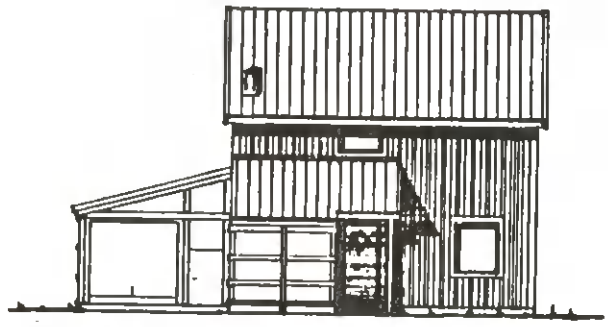
vägg : 245 mineralull

tjäl : 400 -"-

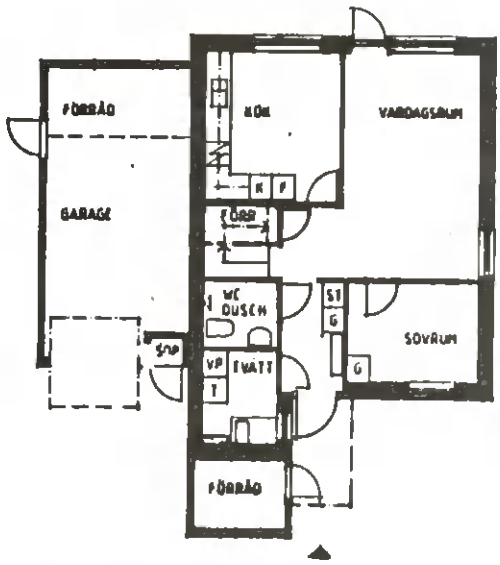
- luftvärme med
- FTX - system (Bahco luftvärme)

FIG 3

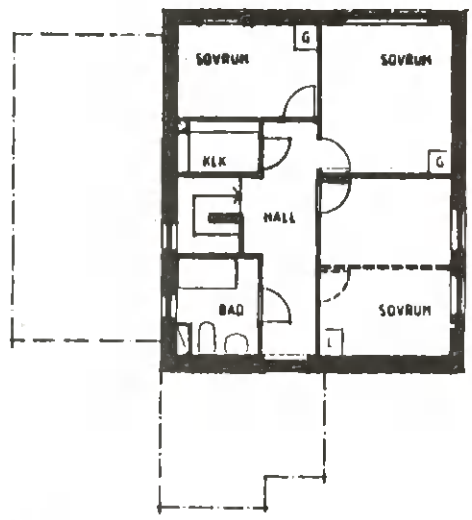
WATTSTUGAN



ENTRÉFASAD



ENTRÉPLAN



PLAN 1 TR

119 m²

vägg : 315 mineralull

tjäl : 450 -"-

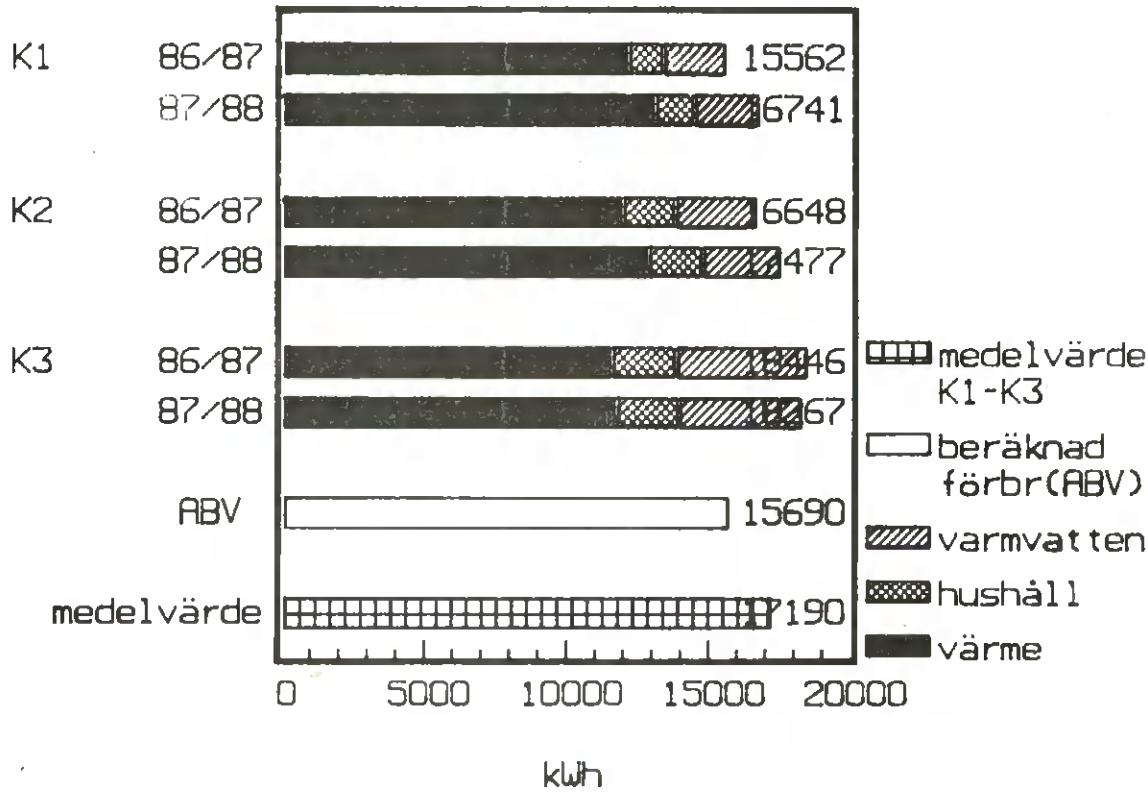
• direktverkande el + luftvärme

frånluftvärmepump

- varmvatten, luftvärmare, växlare

FIG 4

Kuben i Umeå 86/87 och 87/88
Förbrukning vid normalår med +20 grader inne.



Kuben i Malmö 86/87 och 87/88
Förbrukning vid normalår med +20 grader inne.

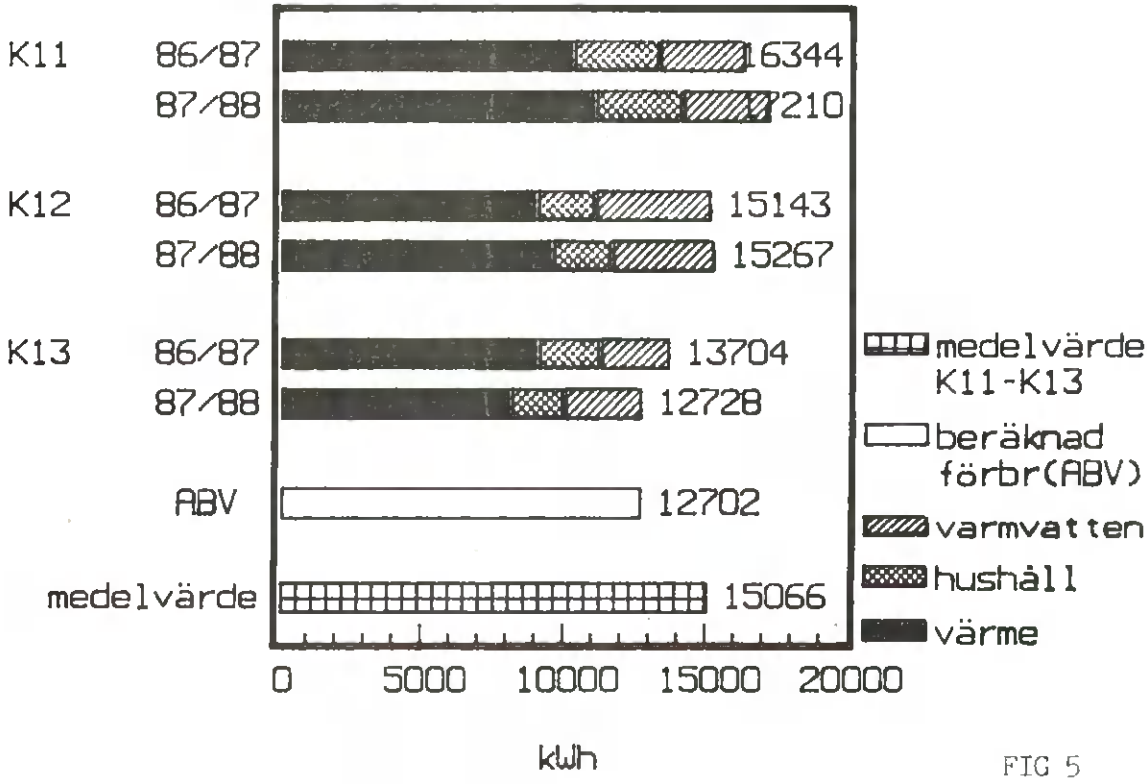
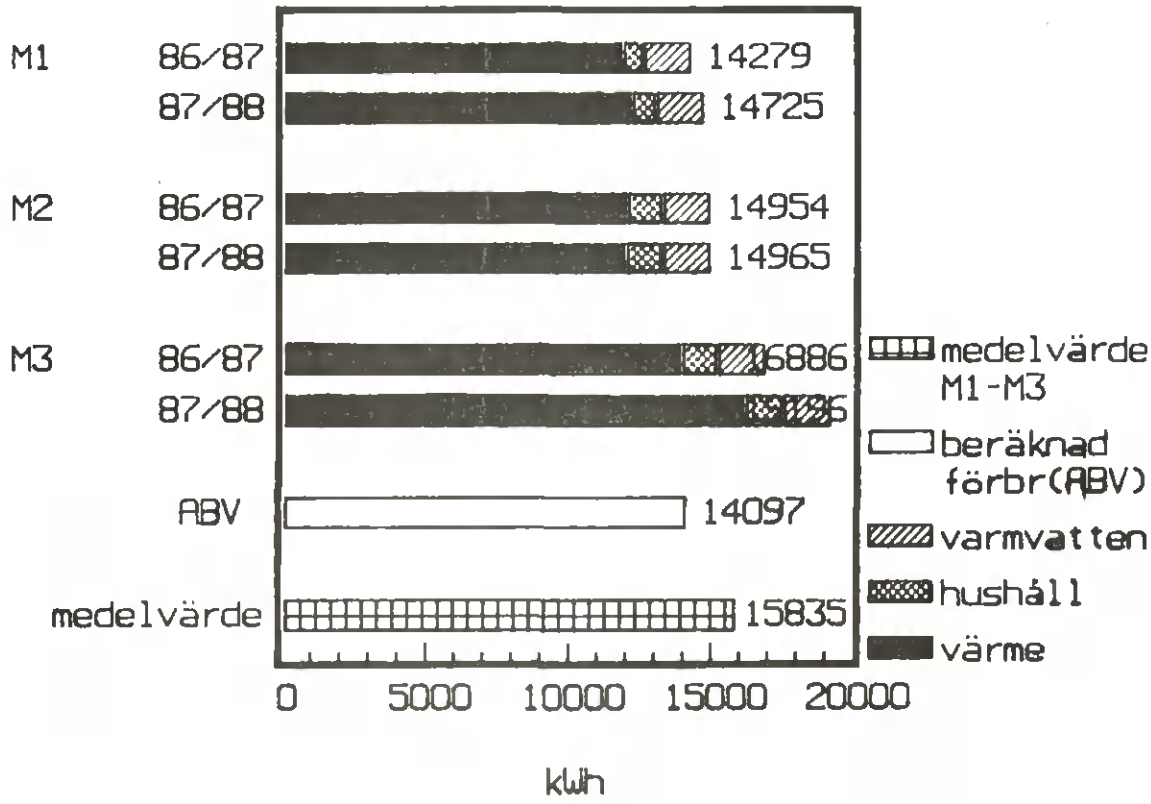


FIG 5

Megaron i Umeå 86/87och 87/88.
Förbrukning vid normalår med +20 grader inne.



Megaron i Malmö 86/87 och 87/88.
Förbrukning vid normalår med +20 grader inne.

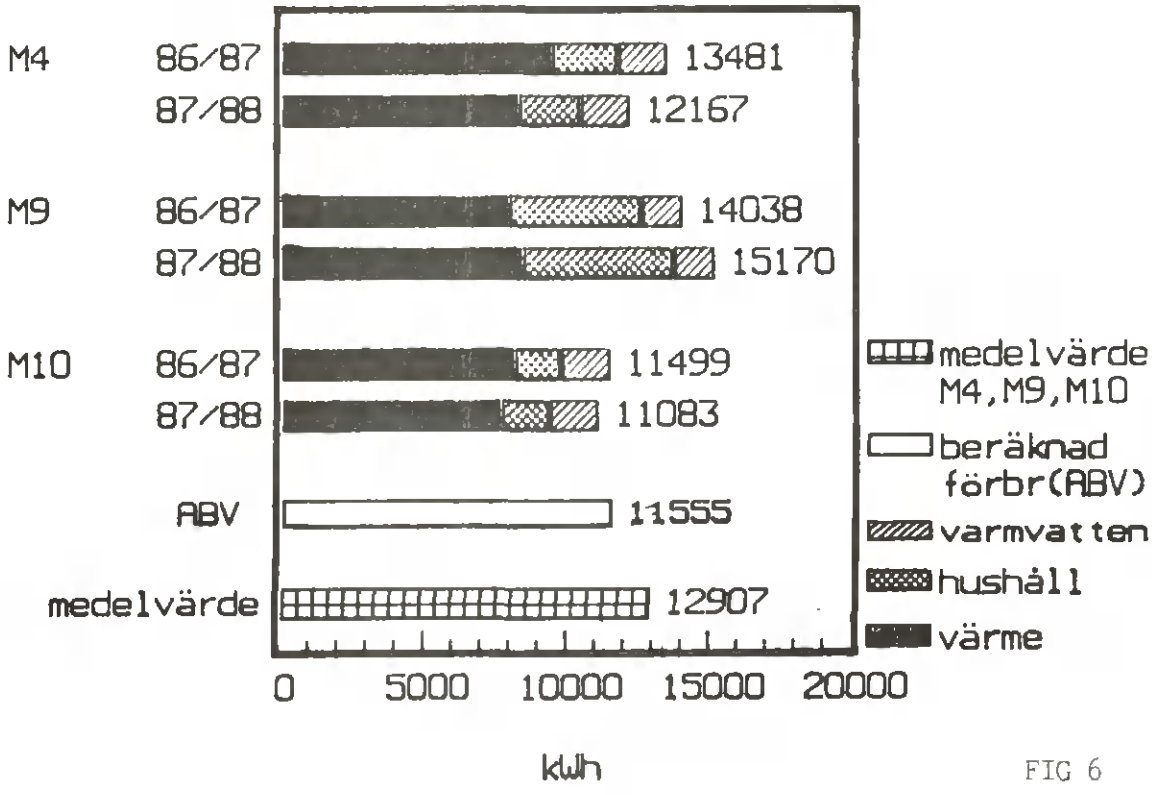
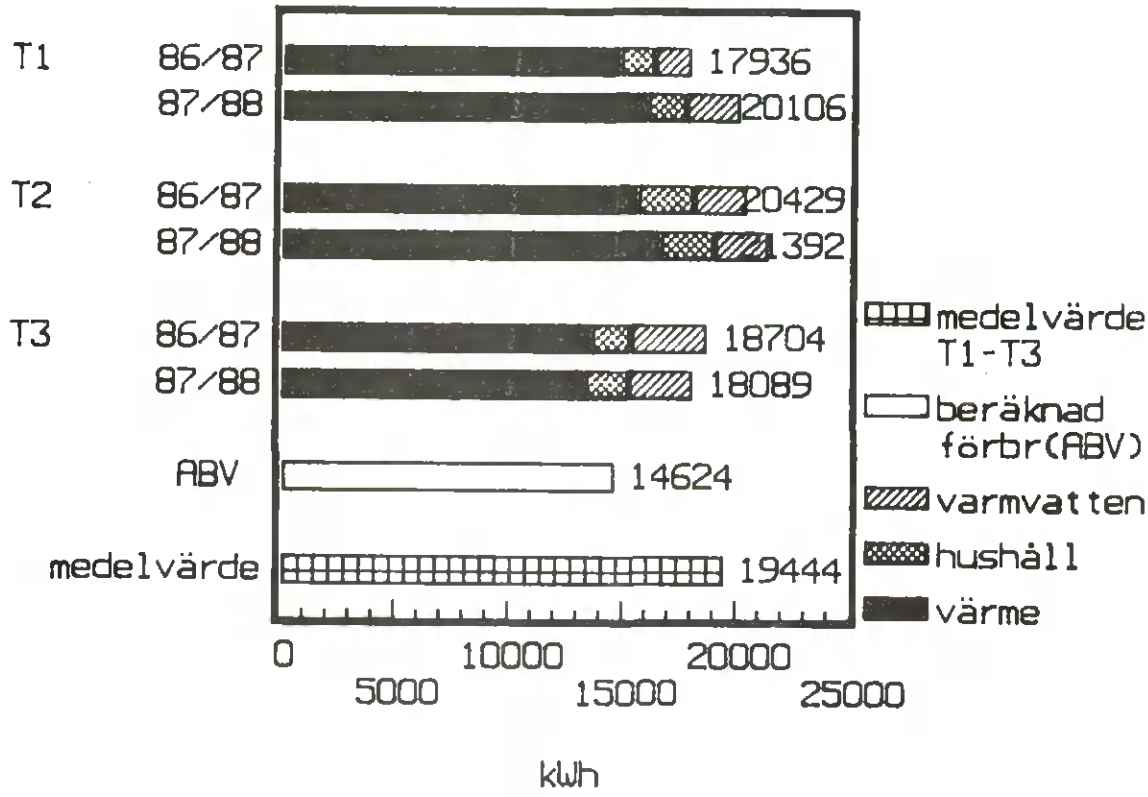


FIG 6

Träkronor i Umeå 86/87 och 87/88.
Förbrukning vid normalår med +20 grader inne.



Träkronor i Malmö 86/87 och 87/88.
Förbrukning vid normalår med +20 grader inne.

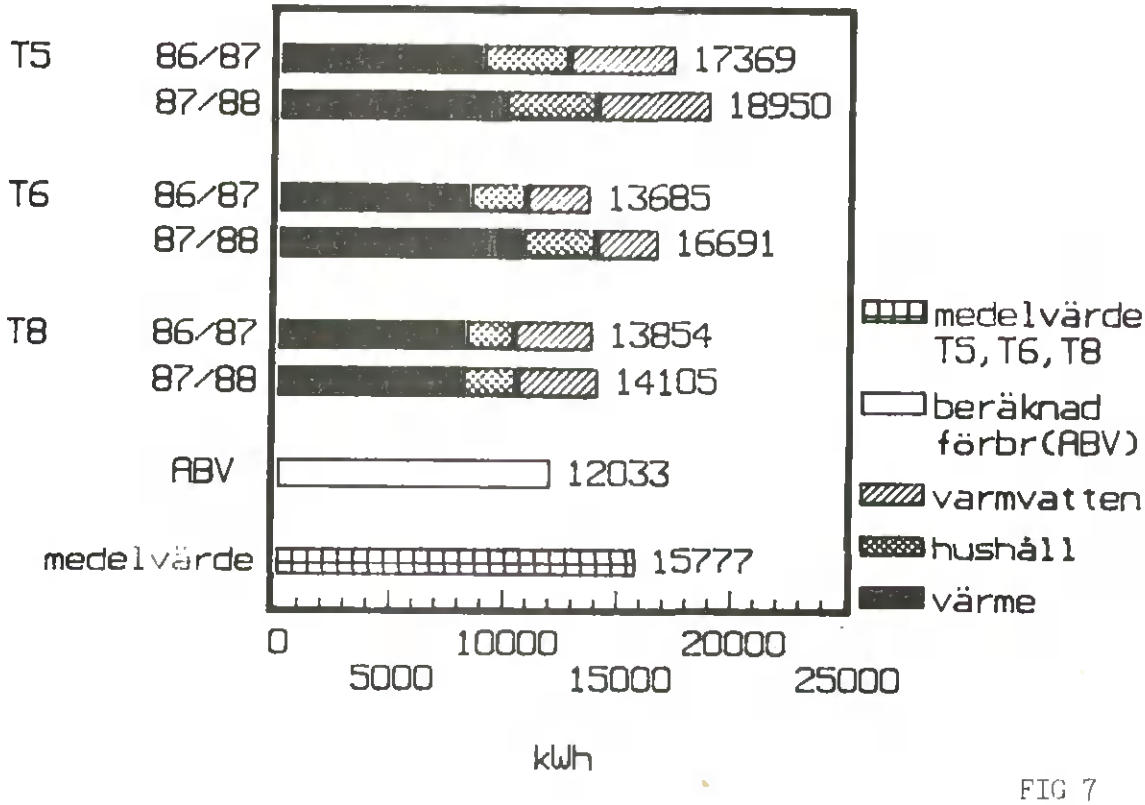
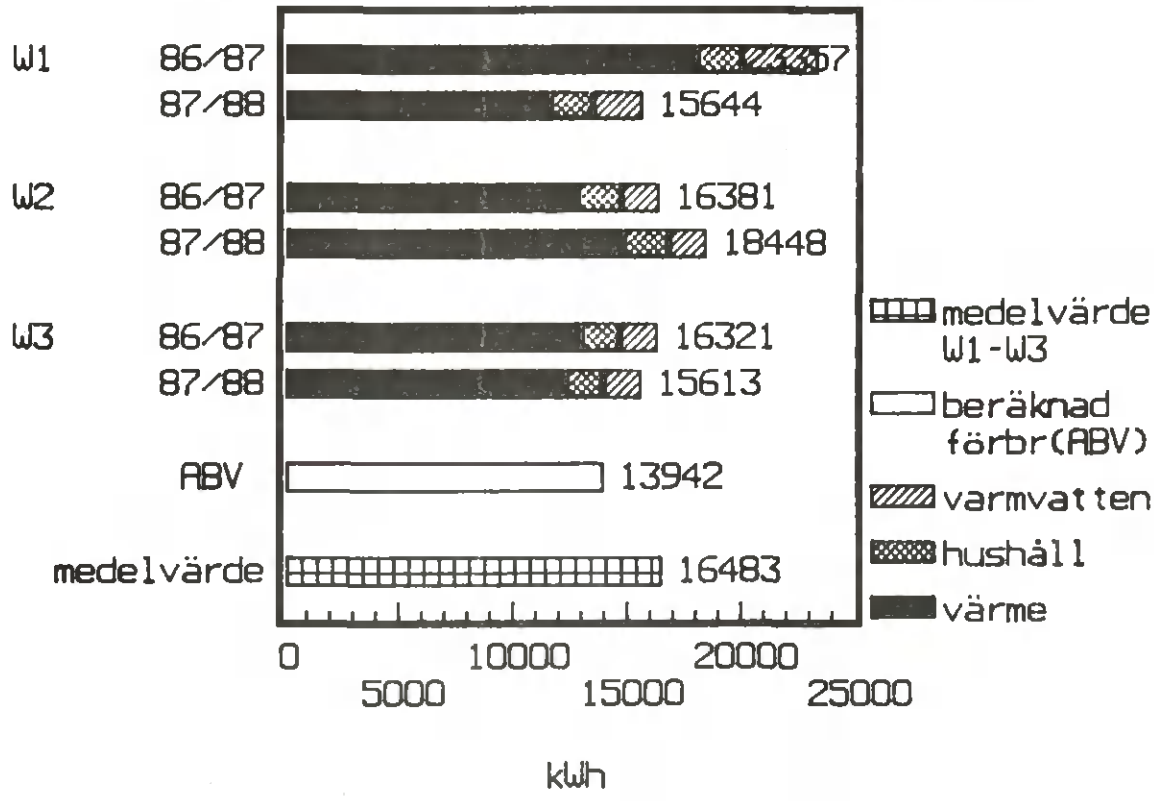


FIG 7

Wattstugan i Umeå 86/87 och 87/88.
Förbrukning vid normalår med +20 grader inne. Medelvärdet innehåller ej W1 86/87.



Wattstugan i Malmö 86/87 och 87/88.
Förbrukning vid normalår med +20 grader inne.

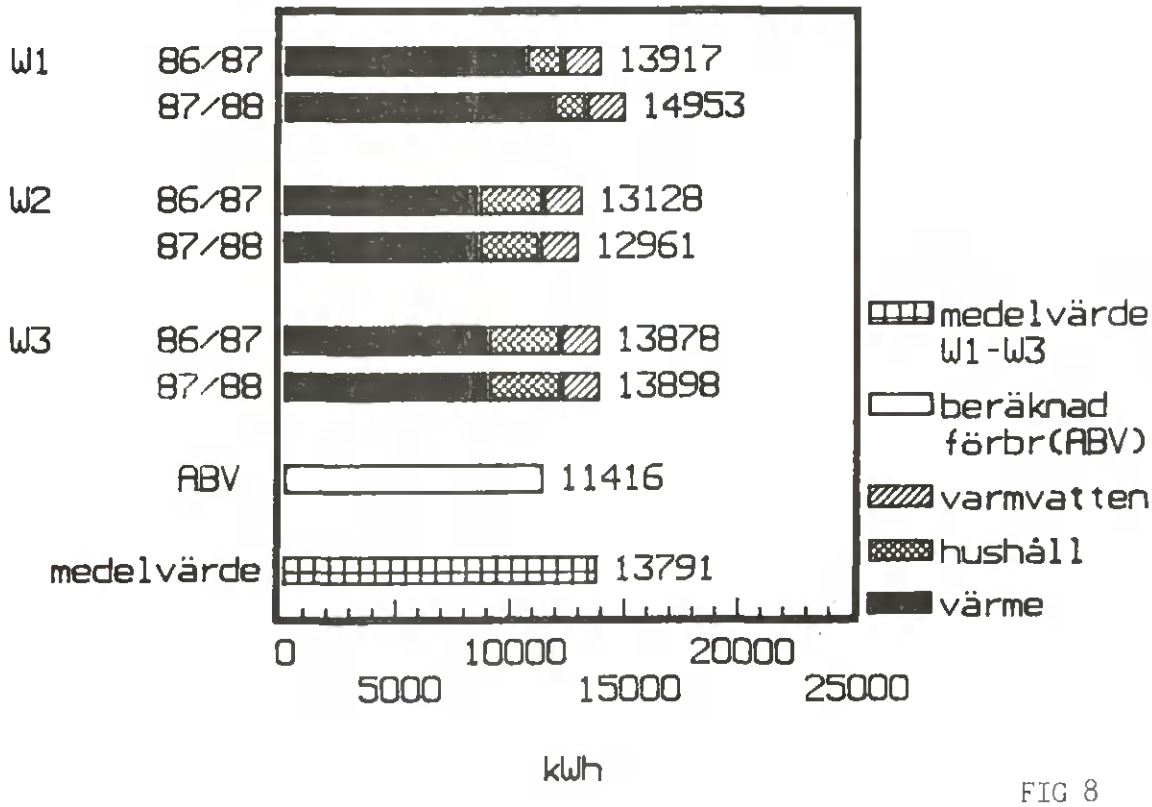
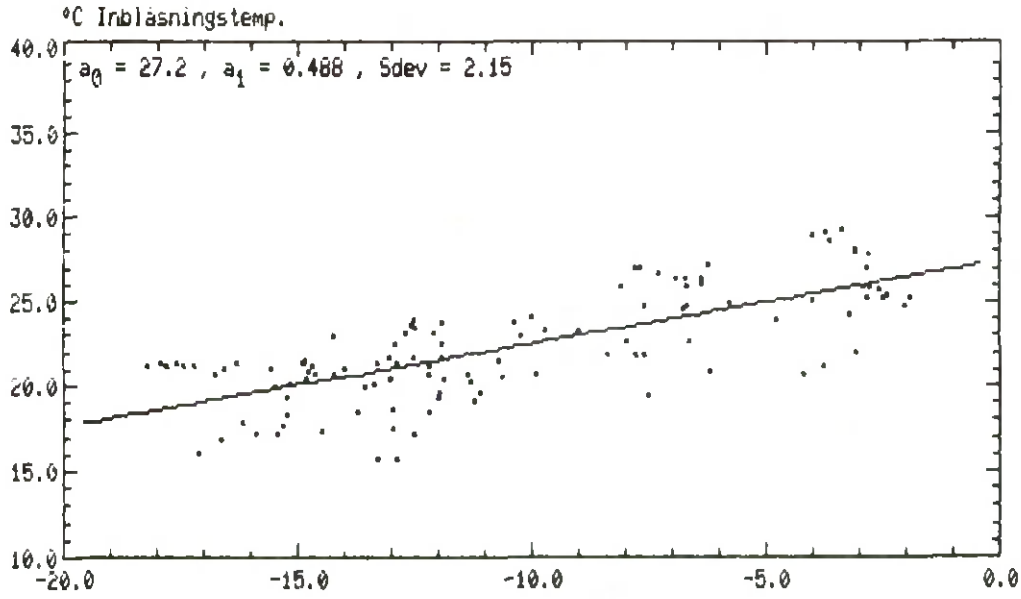
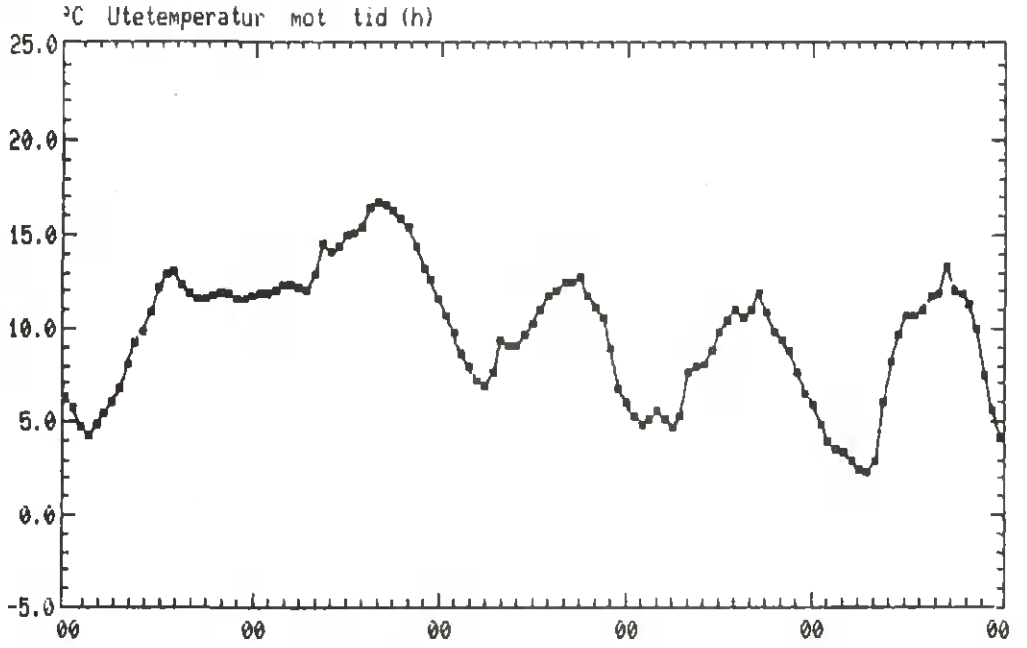
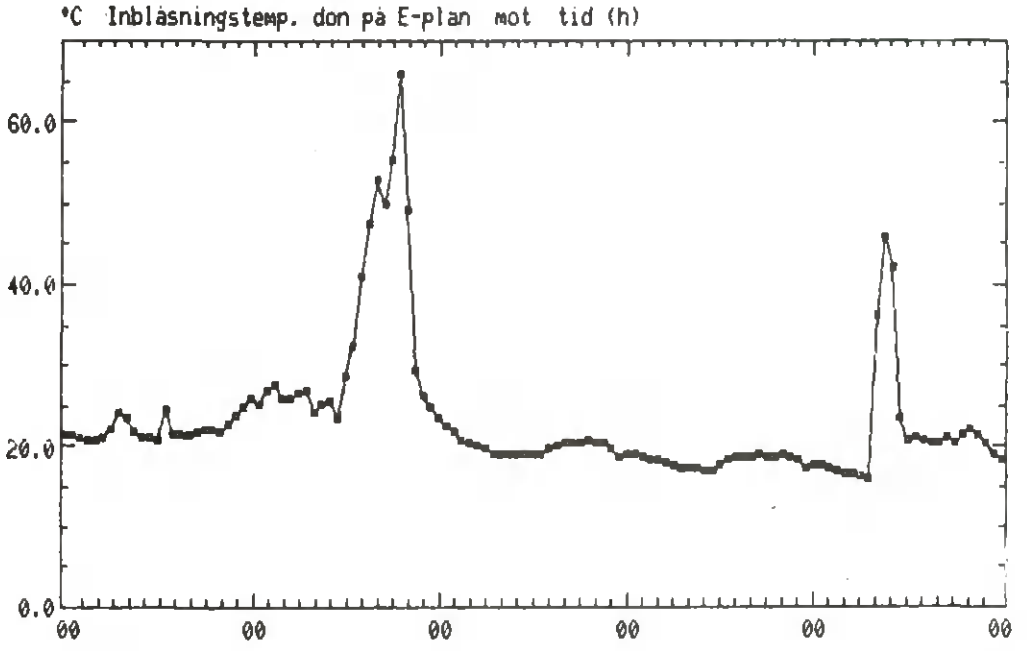


FIG 8



Hus W2. Inblåsningstemperatur i sovrum nere mot utetemperatur


°C Utetemperatur mot tid (h)
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
-5.0
00
00
00
00
00
00


°C Inblåsningstemp. don på E-plan mot tid (h)
60.0
40.0
20.0
0.0
00
00
00
00
00
00

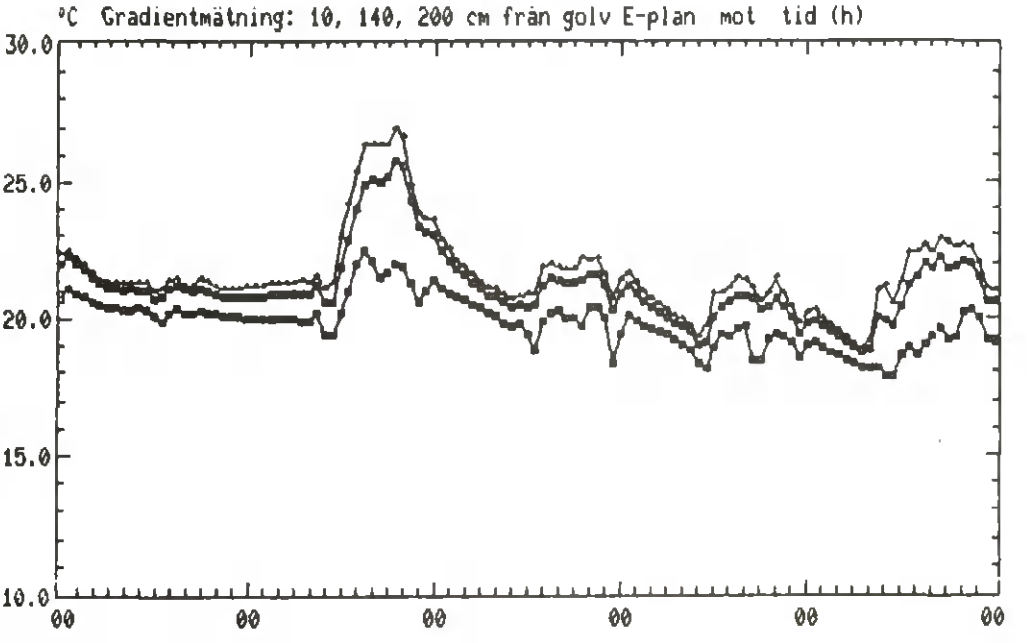
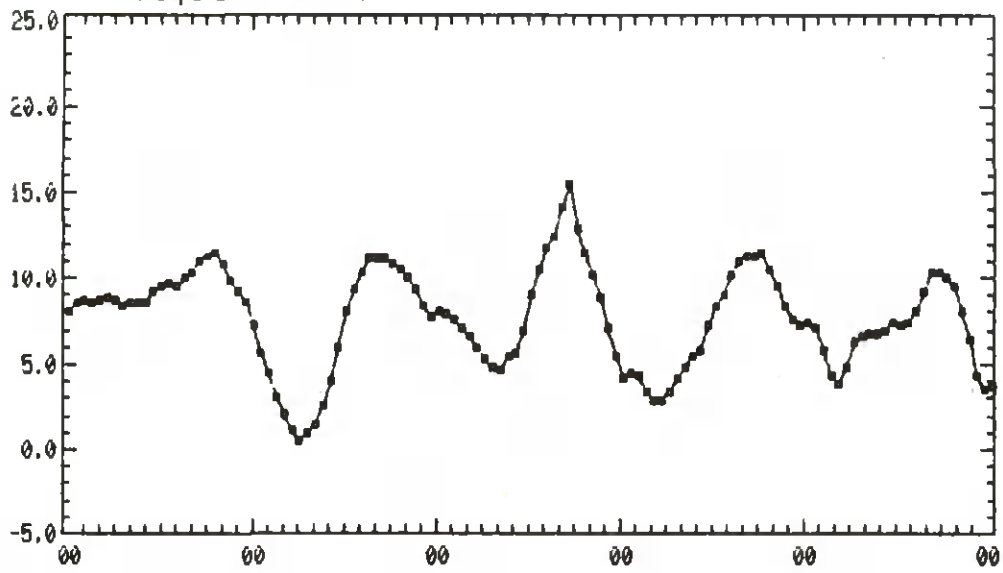
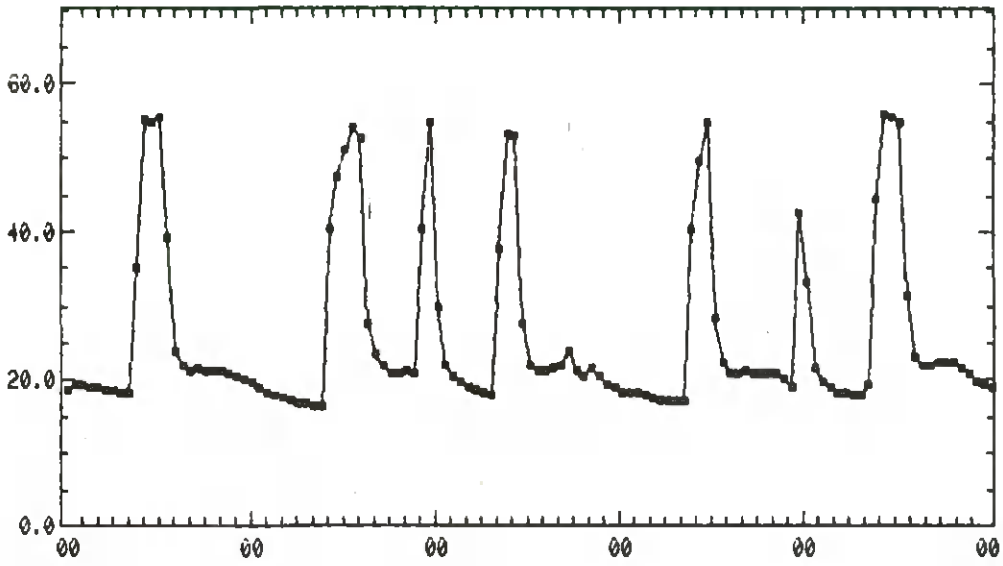

°C Gradientmätning: 10, 140, 200 cm från golv E-plan mot tid (h)
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
00
00
00
00
00
00

FIG 10a

°C Utetemperatur mot tid (h)



°C Inblåsningstemp. don på E-plan mot tid (h)



°C Gradientmätning: 10, 140, 200 cm från golv E-plan mot tid (h)

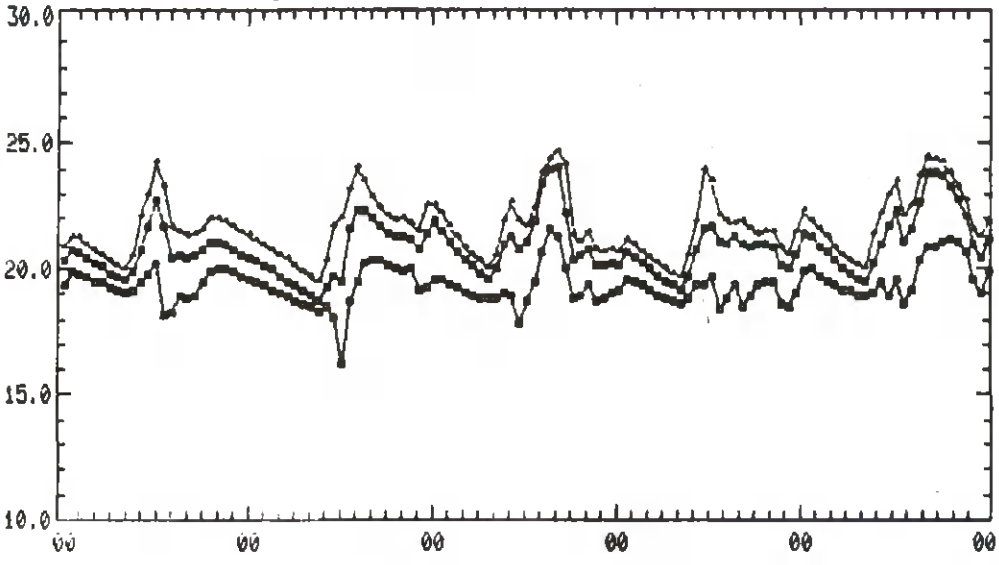
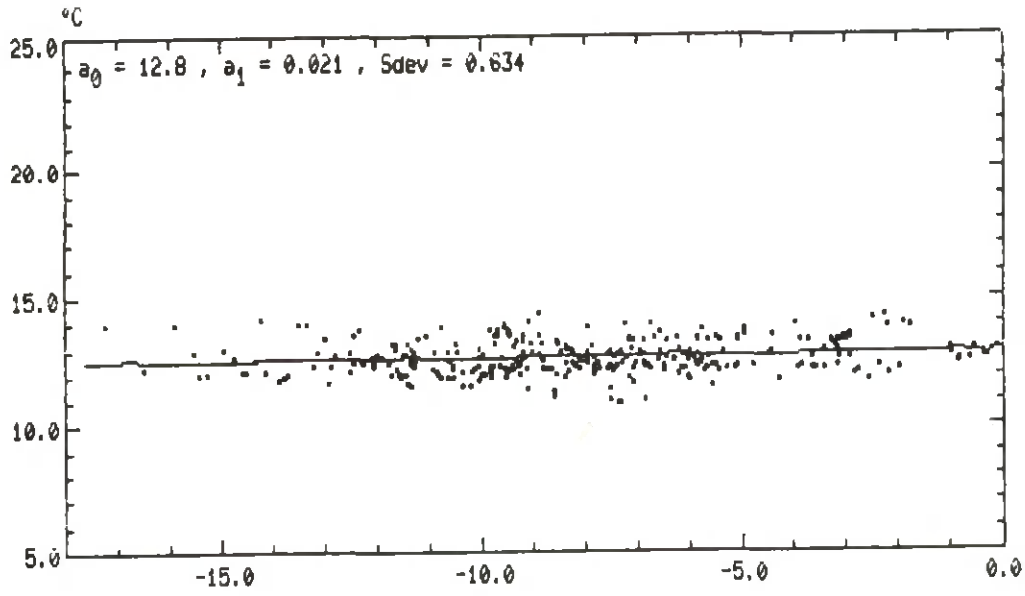
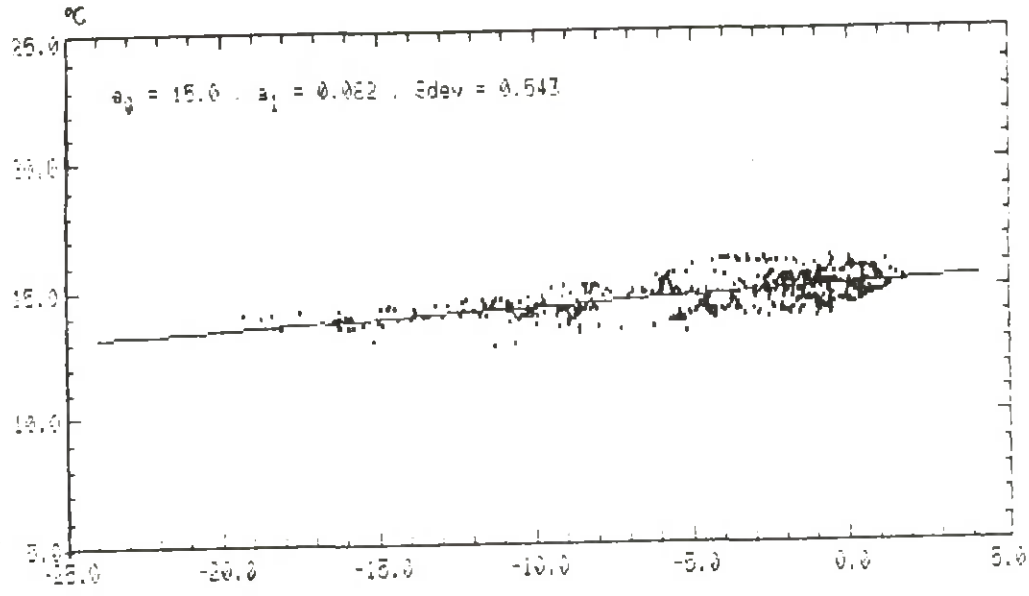


FIG 10b



Hus W2. Golvtemperatur i sovrum mot utetemperatur



Hus T2. Golvtemperatur nära dörr i tvättstuga mot utetemperatur

HUSENS OCH SYSTEMENS FUNKTION

Kommentarer

WATTSTUGAN, Umeå

W 1 VP ur funktion första året. Felet påtalades av våra siffror och senare detaljmätningar.

1986/87: Proppar går, kallt inne, dåligt varmvatten
Försöker spara genom att dra ned radiatorvärmen
Många tillsägelser om felet! Förlorade 6-7000 kWh

W 2 Ägarbyte år 2. Temperaturen höjdes 0,8°.
VP hade stannat vid ägarbytet - upptäcktes av oss vid senare detaljmätning.

W 3 VP reparerad i maj 1987.

WATTSTUGAN, Malmö

W 1 Ökad förbrukning år 2.

W 2 Rapporterar många fel: VP ur funktion en tid, kort för avfrostning utbytt, 3 st radiatorer reparerade, cirkulationspump till förvärmning fungerar ej, byttes i maj 1988.

W 3 Cirkulationspump till förvärmning ur funktion december 1987. Kompressor ur funktion november 1987.

TRÄKRONOR, Umeå

T 1 Fick barn år 2 - Temperaturen höjdes från 21.1 till 21.8. Hushåll och varmvatten ökade.

T 2 Konstiga "inblåsningstemperaturer" som sedan inte blev bättre av åtgärder. Klagat på ojämn temperatur.

T 3 Här sparas det inte. Hög innetemperatur, stor gradient och stor garageförbrukning.

TRÄKRONOR, Malmö

T 5 Dec 1986: Svårt att få lagom temperatur med termostat. Reparation efter 14 dagar. Hög vatten- och varmvattenförbrukning.

Mars 1987: El fläkt 4 tim/dag i 2 dagar för att få upp värmen (-3 och -5 ute).

Maj 1987: Måste öppna fönster för värmen?

T 8 Isbildning insidan av fönster i sovrummet dec/jan 1987/88. Ventilationssystemet fungerade ej tillfredsställande (fläkt stannar tidvis).

MEGARON, Umeå

M 1 Golvkallt

M 2 Golvkallt! Dåligt varmvatten vid kyla.
Dålig VP-funktion.
Ny ägare år 2 som är mycket borta.

M 3 Golvkallt och dåligt varmvatten. Kallt inne.
Stor förbrukning i likhet med W 1.
VP ej riktigt i funktion i detta hus.

MEGARON, Malmö

M 4 El-radiatorer går endast på full effekt, inte annars.

M 9 Hög hushållsförbrukning år 2 (7400 jmf med 4200 år 1)
VV-temp stämmer ej med termostat. Har nerdragen värme i sovrum (15°) och tvättrum.
Saknar information om hur värmeanläggningen fungerar och hur den bör skötas.
Värmeväxlaren läckte ut c:a 1 m^3 vatten 3 jan 1987.
Vid reparation konstaterades att cirkulationspumpen aldrig gått.

M 10 Inga anmärkningar.

KUBEN, Umeå

K 1 Ingen anmärkning

K 2 Ingen anmärkning

K 3 Ingen anmärkning

KUBEN, Malmö

K 11 Ingen anmärkning

K 12 Ingen anmärkning

K 13 Ingen anmärkning

ÖVERSLAGSMETOD FÖR BESTÄMNING AV EFFEKT- OCH ENERGIUTTAG MED HÄNSYN TILL TIDS- OCH SLUMPMÄSSIGA VARIATIONER

Christer Harrysson, Bygg- och energiteknik

ÖVERSLAGSMETOD FÖR BESTÄMNING AV EFFEKT- OCH ENERGIUTTAG MED SÄRSKILD HÄNSYN TILL TIDS- OCH SLUMPMÄSSIGA VARIATIONER

av

Christer Harrysson
Bygg- och Energiteknik, Falkenberg

Stort behov av förenklade metoder som beaktar inverkande faktorers variationer och beroende

Avsevärda skillnader förekommer i totala tillsatser av effekt och energi såväl mellan olika hus som mellan nominellt lika hus. Energiberäkningar ger därför ingen noggrann överensstämmelse med verkligheten, särskilt inte för enstaka hus. Inom en grupp nominellt lika hus är variationer av storleksordningen 10 000 kWh/år vanliga, Figur 1. Variationerna beror grovt sett till ca 2/3 på skillnader i brukarvanor och till ca 1/3 på skillnader i produktionsförhållanden. Övriga huvudgrupper av variationsorsaker, Figur 2, är av mindre betydelse. Kraftigt höjda energipriser har lett till skärpta värmehushållningskrav och allt energisnålare småhus varvid nämnda skillnader relativt sett ökar. I regel diskuteras en inverkande faktor eller energisparåtgärd utan att den betraktas i sitt totala sammanhang, Figur 3, dvs småhuset som energisystem. Inverkan av olika energisparåtgärder har ofta överskattats framförallt beroende på en bristfällig helhetssyn på problemet.

Stundtals görs påståenden om att total tillsatsenergi kan beräknas exakt eller med mycket hög noggrannhet. Alla beräknade energiuppgifter är emellertid mer eller mindre osäkra. Den allmänna uppfattningen om energibalansmodeller är att man kan nå en noggrannhet av ca ±10% med normal kvalitet på indata,Figur 4. Avvikelserna mellan traditionellt beräknade och uppmätta tillsatser av effekt och energi tenderar till att öka

för nya småhus, vilka har helt andra värmetekniska egenskaper än de hus för vilka gängse beräknings-metoder togs fram. Beroende på valda indata kan avsevärda avvikelser uppstå. För tillsatsenergin via värmesystemet finns exempel då felet uppgår till flera hundra procent. Använda beräkningsmetoder måste i ökad utsträckning kalibreras mot verkligheten.

Behovet av metoder som möjliggör noggrannare bestämning av totala tillsatser av effekt och energi har vidare accentuerats genom tillkomsten av allt energisnålare småhus med större risker för övertemperaturer, genom krav på lågtemperatursystem, ökat intresse för värmelagring, ökad andel elvärme hårt belastade elnät, introduktion av tidsdifferentierade eltaxor samt större intresse för effektkänsliga apparater och värmesystem t ex luftvärmesystem. Studier av ovannämnda faktorer leder vanligtvis till instationära värmeströmningsproblem, där periodlängden dygn har särskilt stor betydelse.

Eftersom småhusets energibalans och ingående delposter företer stora variationer, Figur 5,är det mer intressant att genomföra flera beräkningsfall med en enkel metod än ett fåtal med en metod som mer detaljerat beskriver det fysikaliska förloppet och därmed är betydligt mer arbetskrävande. Deterministiskt baserade metoder gör att ökningar och minskningar av delposterna kan ta ut varandra och ge grova fel i slutresultatet.

Behovet är därför stort av förenklade metoder som med realistisk överblick av problemet kan användas för känslighetsanalys och som möjliggör hänsynstagande till inverkande faktorers variationer och beroende.

TS- förfarandets uppbyggnad

TS- förfarandet baseras på en systematisk genomgång av inverkande faktorer och delposter vilket ger ökade kunskaper om vilka storheter som är att betrakta som primära och sekundära för olika problemtyper. I detta

sammanhang är deras variationer och beroende av särskild betydelse. Som underlag för beräkningar med TS- förfarandet ges för olika faktorer och delposter uppgifter om

- medelvärde
- standardavvikelse
- korrelationskoefficienter
- amplitud
- fasförskjutning

Analytiska uttryck för att beskriva tids- och slumpmässiga variationer hos olika delposter ges i Figurerna 6 - 8.

TS- förfarandets uppbyggnad medför också att man med fördel kan genomföra parameterstudier av intressanta faktorer och poster för ökade kunskaper om något delproblem. Detta är inte möjligt med metoder som mer detaljerat beskriver det fysikaliska förloppet utan betydande arbetsinsatser.

Med inriktning på bibehållen helhetssyn och överblickbarhet har TS- förfarandet utvecklats för studier av småhusets energibalans med särskild hänsyn till tids- och slumpmässiga variationer. Förfarandet är speciellt lämpat för lösningar av delproblem t ex hur olika konstruktioners värmelagringegenskaper påverkar tillsatseffekter via värmesystemet. TS- förfarandet kan bidra till att underlätta förståelsen för och lösandet av instationära problem,Figurerna 9 och 10. Genom harmonisk analys kan problem med godtycklig periodlängd studeras. Med TS- förfarandet kan även en plattform skapas för statistiska metoder inom energiområdet och grunden läggas för en probabilistisk dimensionering.

Resultat

Med TS- förfarandet kan tidsmässiga variationer studeras med godtycklig periodlängd genom harmonisk analys. Insvängningsförlopp kan analyseras genom skattning av övre och undre gränser eller genom att flera termer medtas. Antalet termer väljs med hänsyn till probemtyp

och önskad beräkningsnoggrannhet. För periodlängden dygn har samtliga delposter modellerats som en konstant term och en cosinusterm med tillhörande fasförskjutning. Resultaten visar rimlig överensstämmelse med en noggrannare metod, DEROB.

Rapporten innehåller vidare ett praktikfall som belyser hur innetemperaturen påverkas då tillsatseffekten via värmesystemet reduceras under höglasttid, Figurerna 11 och 12. Om tillsatseffekten via värmesystemet höglasttid reduceras till mellan 50 och 75% av behovet vid konstant innetemperatur med oförändrad tillsatsenergi under dygnet erhålls innetemperaturamplituden till mellan 2 och 4°C beroende på klimatet ute. Utetemperaturens dygnsmedelvärde ligger mellan -9 och -15°C. Reduktionen av tillsatseffekt motsvarar ca 1 500-3 000 W och för tidsperioden nov - mars att ca 3 000 - 6 000 kWh kan flyttas från hög- till låglasttid. Detta kan med dagens energitaxor (1988) för husägaren medföra ca 800-1 600 kr lägre energikostnader. Marginalkostnaden för el uppgår till ca 50-60 öre/kWh. Produktionsresurserna kostar ca 10 000 kr/kW att bygga ut.

<u>Slumpmässiga (eller statistiska) variationer</u> orsakas av skillnader i brukarvanor, produktionsförhållanden och mikroklimat och kan studeras med TS- förfarandet. I rapporten exemplifieras detta på studier i spridningen i total tillsatsenergi för grupper av nominellt lika hus efter det att principiellt olika energisparåtgärder införts. Med hänsyn till samhällets energiproduktionssystem och det totala småhusbeståndets tillsatsenergi är det väsentligt att satsningarna på att spara energi sker till lägsta årskostnad och inriktas på åtgärder, Figur 13, som gör det möjligt att

- sänka den totala tillsatsenergins medelvärde
- minska spridningen, vilket möjliggör lägre årskostnader genom användning av noggrannare dimensioneringsmetoder och mindre säkerhetsmarginaler
- minska människans inverkan under byggnadstiden och som brukare genom valet av lämpliga apparater och konstruktioner samt tillverkningskontroll

- minska total tillsatseffekt särskilt under tidsperioder med stor belastning på energiproduktionssystemen
- göra högförbrukare uppmärksamma på sin situation och informera dem om hur besparingar enklast nås samt genom taxeändringar öka högförbrukarnas motivation för energibesparingar

Rapporten innefattar också skattning av intervall inom vilket årlig tillsatsenergi för hushållsel(variationskoefficient ca 30%),varmvatten(variationskoefficient ca 40%)och värmesystem(variationskoefficient ca 50%) kan förväntas variera med viss sannolikhet. Årlig total tillsatsenergi för grupper av nominellt lika hus visar för medelvärde och spridning (variationskoefficient ca 7-12%) god överensstämmelse med uppmätta värden, Figur 14. Sättet för beräkning av de slumpmässiga variationerna medför att tillförlitliga energiuppgifter kan erhållas med måttliga arbetsinsatser.

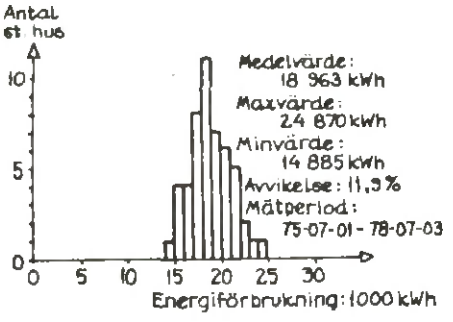
Framtida FoU- insatser

Närmare studier av värmeövergångskoefficienternas storlek inomhus är angelägna liksom att närmare utreda hur transmitterad solinstrålning genom glasytor fördelas på omslutande innerytor respektive direkt överförs till rumsluften.

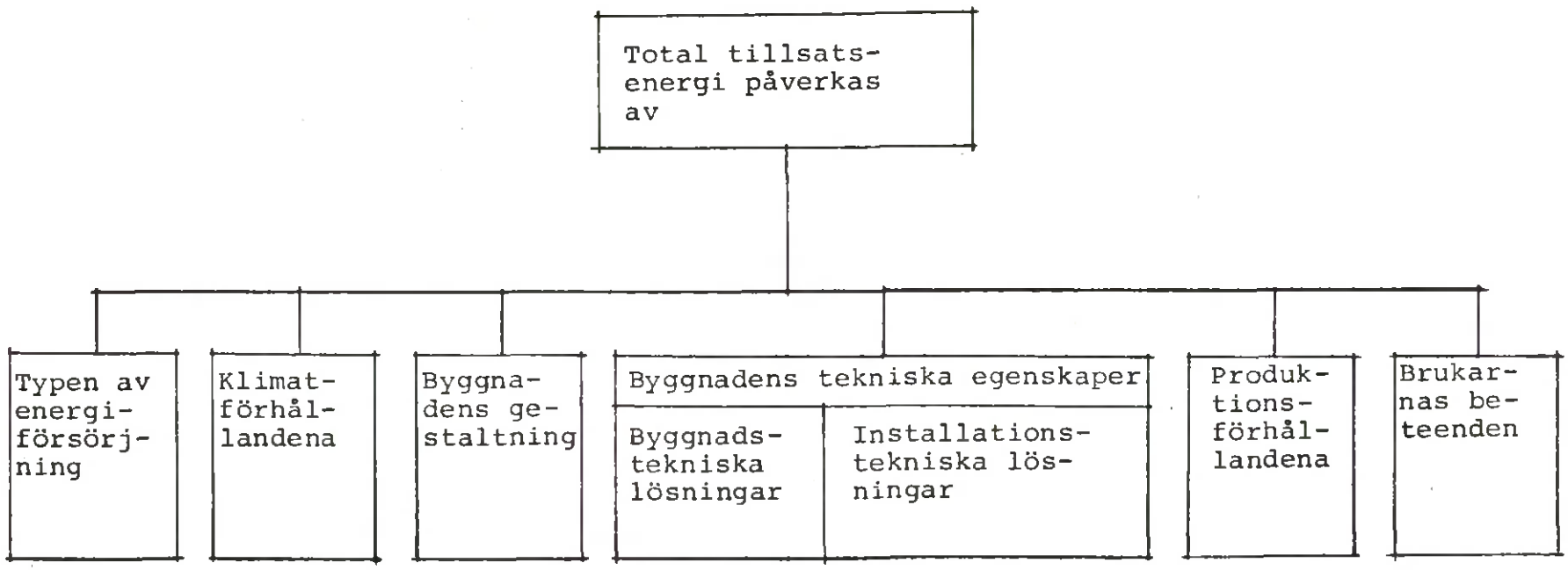
Kunskaperna om inverkande faktorers och delposters storlek och (sam-) variation bör utökas. Tillämpningsområdet för de förenklade varianterna av TS- förfarandet bör klarläggas närmare liksom den skisserade lösningen för hus med flera rumsenheter.

Referens

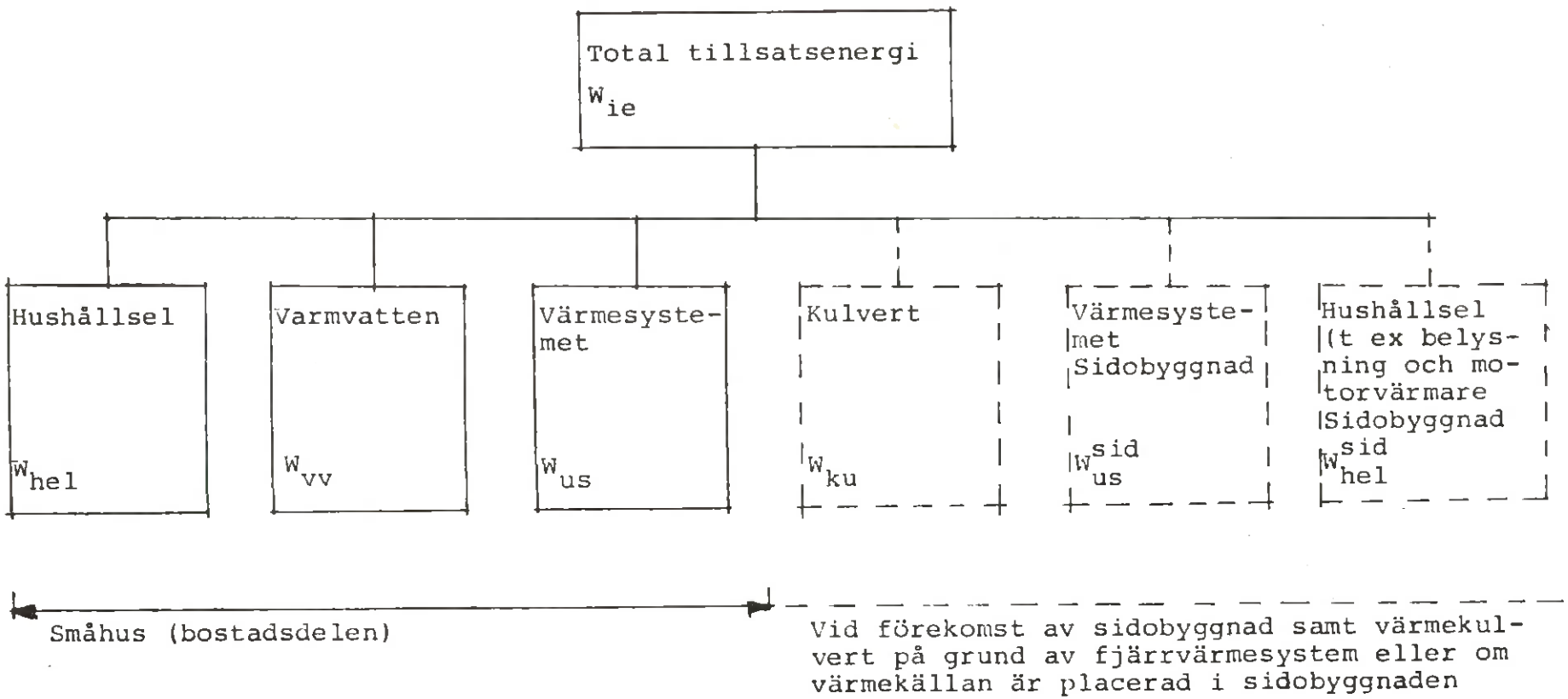
Harrysson, C, (1988), Småhusets energiomsättning. Analys med särskild hänsyn till ingående delposters variationer. CTH, Avd för byggnadskonstruktion,Publ 88:2, Göteborg.



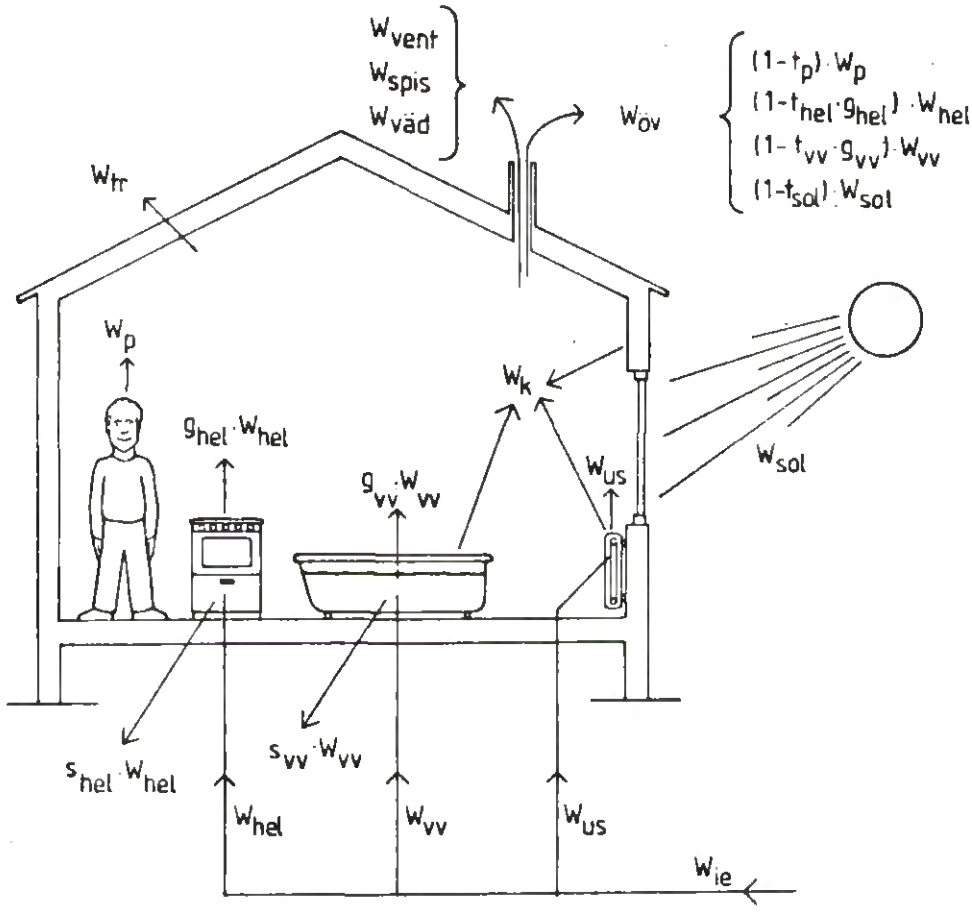
Figur 1. Variationer i energiförbrukning beroende på skillnader i arbetsutförande och levnadsvanor.



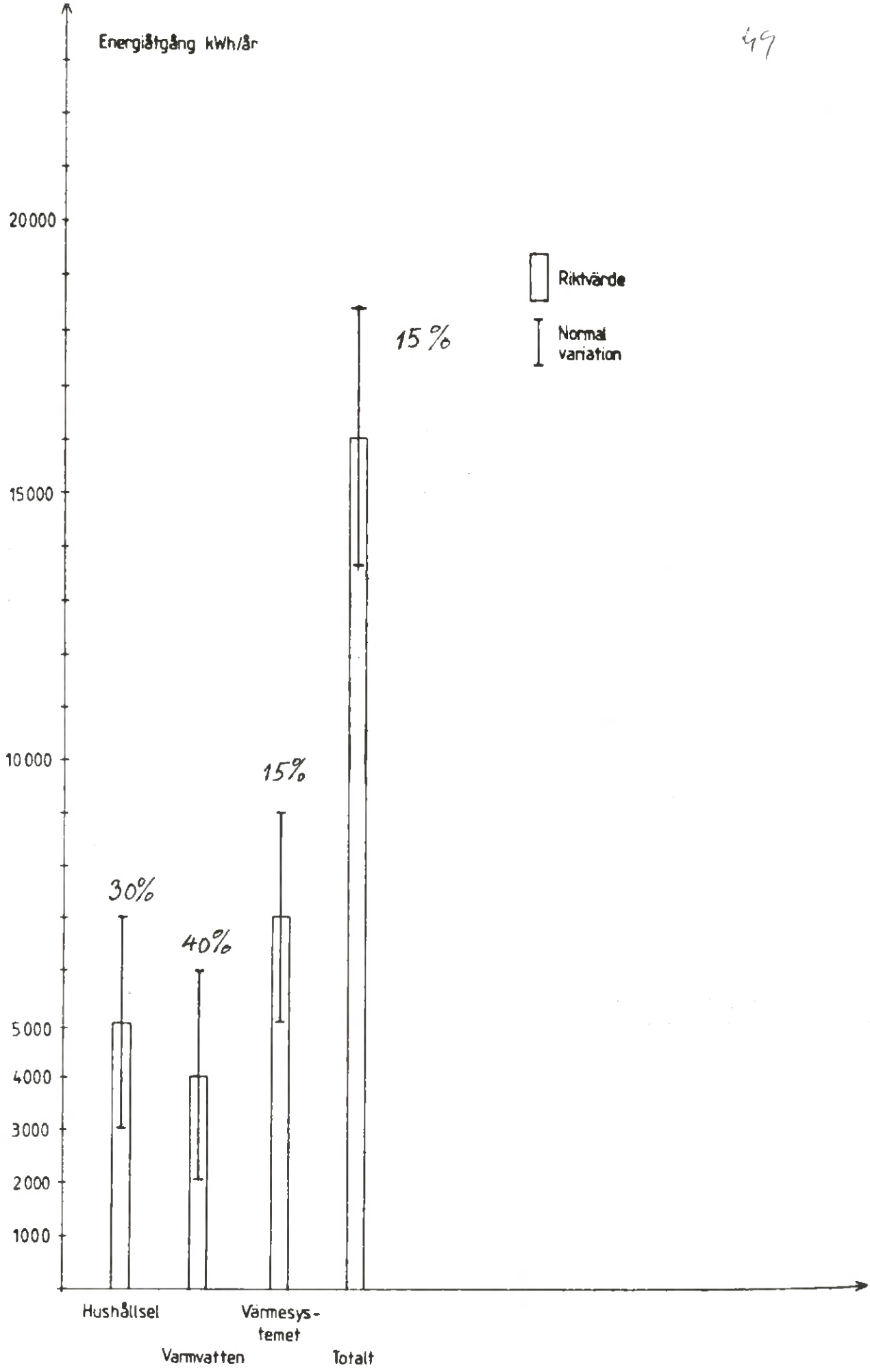
Figur 2. Huvudgrupper av förhållanden som inverkar på total tillsatsenergi.



Figur 3. Olika energiandelar för småhus, sidobyggnad och värmekulvert m m.



Figur 4. Småhusets energibalans vid stationära förhållanden.



Figur 5 Energiuppgifter för normala småhus på ELAK's kravnivå. Riktvärde och normal variation ges för total energiåtgång, energi för hushållsel, varmvatten och till värmesystemet.

$$X(t) = X_o + \sum_{n=1}^{N} X_n \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{t_o/n} + \varphi_{X_n}\right)$$

där $X(t)$ = delpostens X funktionsvärde vid tiden t
X_o = medelvärdet för X under periodlängden t_o
X_n = amplitudvärdet för term n
t_o/n = periodlängden för term n
φ_{X_n} = fasförskjutningen för term n
N = antalet medtagna termer, som kan vara olika för olika faktorer

Termerna i uttrycket bestäms genom fourieranalys.

Fourierkoefficienterna X_o, X_n^c och X_n^s kan enligt Petersson (1979) skrivas som

$$X_o = \frac{1}{t_o} \int_o^{t_o} X(t)dt$$

$$X_n^c = \frac{2}{t_o} \int_o^{t_o} X(t) \cdot \cos\frac{2\pi t}{t_o/n} dt$$

$$X_n^s = \frac{2}{t_o} \int_o^{t_o} X(t) \cdot \sin\frac{2\pi t}{t_o/n} dt$$

Effektbalansen

Byggnadens effektbalans kan nu tecknas som

$$S_F^{(1-\psi)} + G + P_{us} - P_{vent} - Q = 0$$

Ekvationen löses i två etapper. Lösningsförfarandet sker på olika sätt beroende på om den delpost som skall bestämmas innehåller innetemperaturen eller ej.

Först bestäms delpostens konstanta term ur sambandet

$$S_{Fo} + G_o + P_{uso} - P_{vent,o} - Q_o = 0$$

Därefter bestäms delpostens periodiskt varierande termer. Dessa erhålls genom att summan av effektbalansens termer för vardera av de N frekvenserna är lika med noll. För termer med index n erhålls sambandet

$$(1-\psi_n) \cdot \tilde{S}_{Fn} + \tilde{G}_n + \tilde{P}_{usn} - \tilde{P}_{vent,n} - \tilde{Q}_n = 0$$

Figur 6. Analytiska uttryck för tidsmässiga variationer jämte effektbalansekvation för periodiska förlopp.

Total tillsatsenergi W_{ie} kan generellt uttryckas som summan av j delposter enligt

$$W_{ie} = \sum_j W_j$$

Total tillsatsenergi W_{ie} uttrycks som

$$W_{ie} = W_{us} + W_{vv} + W_{hel}$$

$$W_{us} = W_{tr} + W_{vent} + W_{väd} - t_{sol} \cdot W_{sol} - t_p \cdot W_p - t_{vv} \cdot g_{vv} \cdot W_{vv} -$$

$$- t_{hel} \cdot g_{hel} \cdot W_{hel}$$

$$E(W_{ie}) = \sum_j E(W_j) = \mu$$

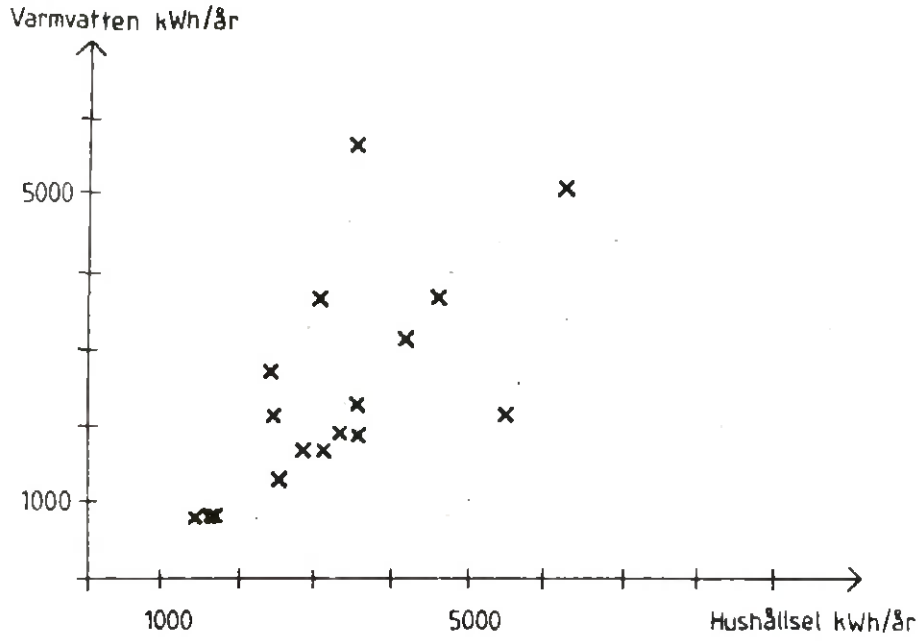
$$\sigma^2 = \sum_j \sigma_j^2 + 2\sum_j \sum_{h=j+1} \rho_{jh} \cdot \sigma_j \cdot \sigma_h$$

där $E(W_{ie})$ = väntevärdet för $W_{ie} = \mu$
$E(W_j)$ = väntevärdet för delpost $W_j = \mu_j$
σ^2 = summans W_{ie} varians
σ_j^2 = varians för delpost W_j
ρ_{jh} = korrelationskoefficient för delposterna W_j och W_h
j = delpostens ordningstal

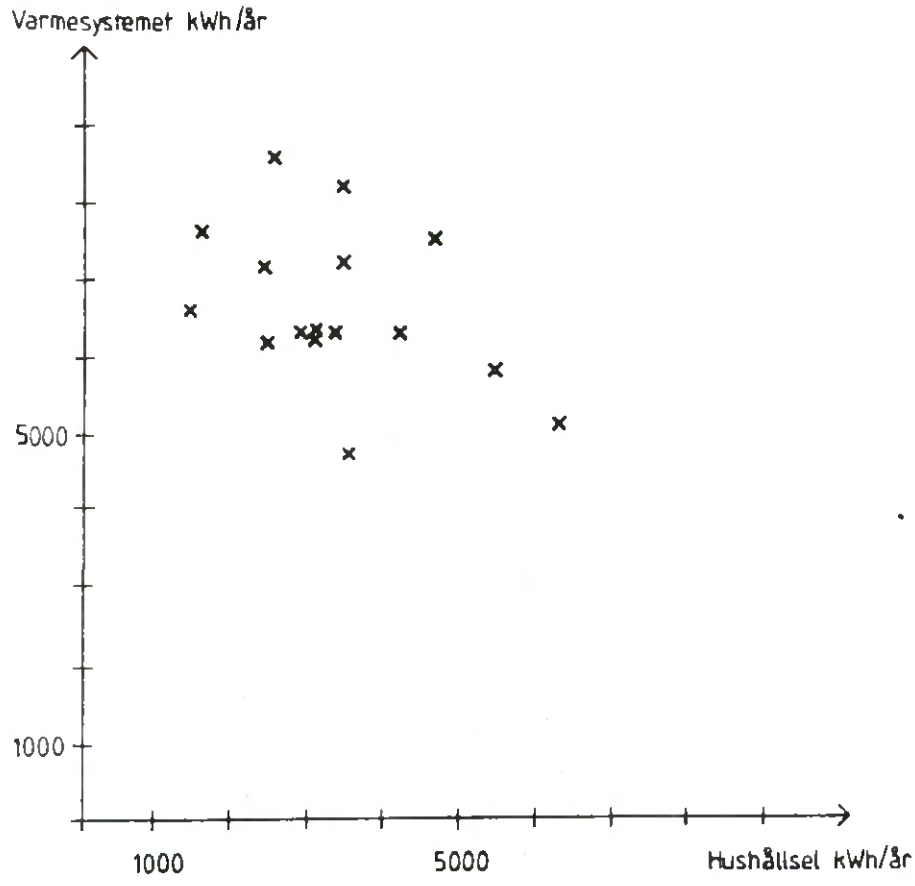
Beroendets art	Korrelationskoefficient
Fullständigt, positivt	1
Fullständigt, negativt	-1
Svagt positivt	0,5
Svagt negativt	-0,5
Obefintligt	0

Figur 7. Analytiska uttryck för slumpmässiga variationer.

a



b



Figur 8. Samband mellan årlig tillsatsenergi för
a. varmvatten och hushållsel
b. värmesystemet och hushållsel
Uppgifterna avser projektet Lättbygg 85 och 16 hus.

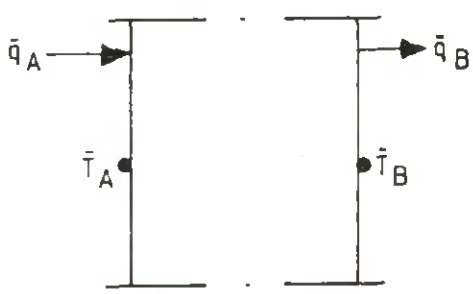
$$\begin{bmatrix} \tilde{T}_B \\ \tilde{q}_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E & F \\ G & H \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{T}_A \\ \tilde{q}_A \end{bmatrix}$$

där $E = \cosh(\beta d(1+i))$ $\qquad F = -\dfrac{\sinh(\beta d(1+i))}{\lambda\beta(1+i)}$

$G = -\lambda\beta(1+i)\sinh(\beta d(1+i))$ $\qquad H = \cosh(\beta d(1+i))$

$\sim$ = avser harmonisk svängning och komplex funktion av typen $C \cdot e^{i\omega t}$

$\beta = \sqrt{\dfrac{\pi}{t_o \cdot \kappa}}$ (m^{-1})



Homogent skikt med harmoniskt varierande randvillkor.

$$\begin{bmatrix} \tilde{q}_B \\ \tilde{q}_A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I & J \\ K & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{T}_B \\ \tilde{T}_A \end{bmatrix} =$$

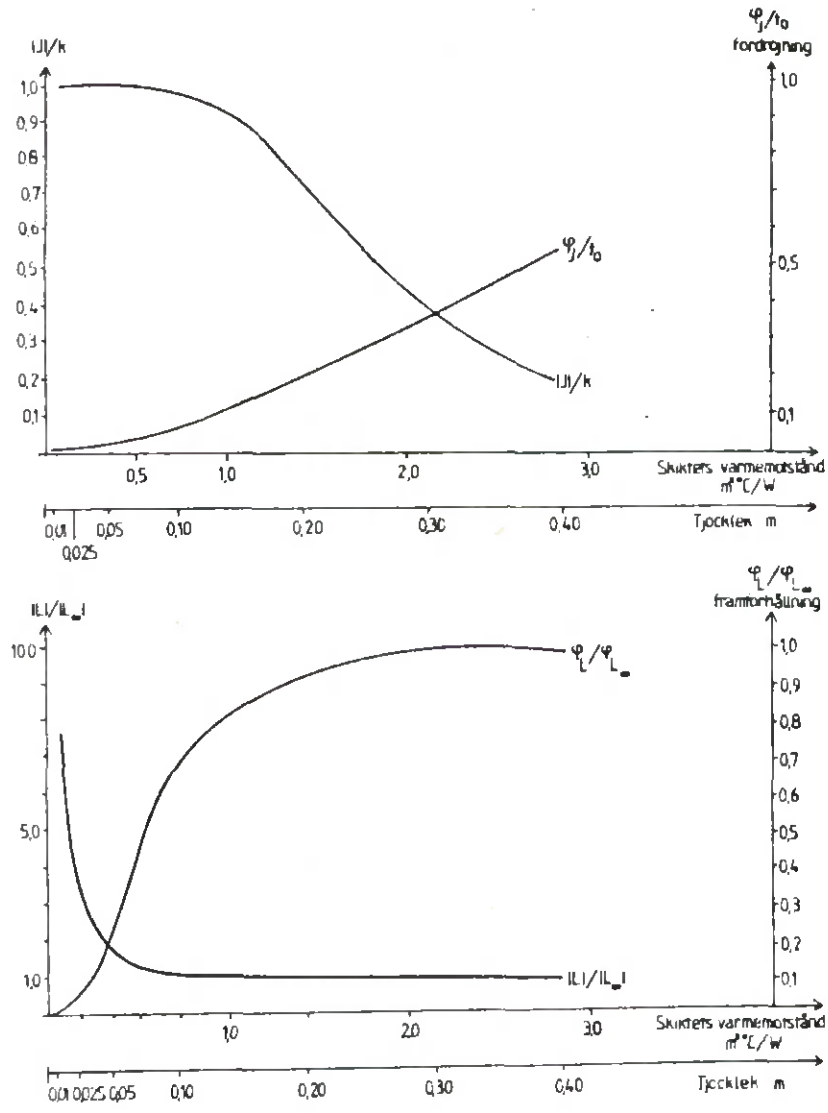
där $I = H/F$

$J = G-HE/F$

$K = 1/F$

$L = -E/F$

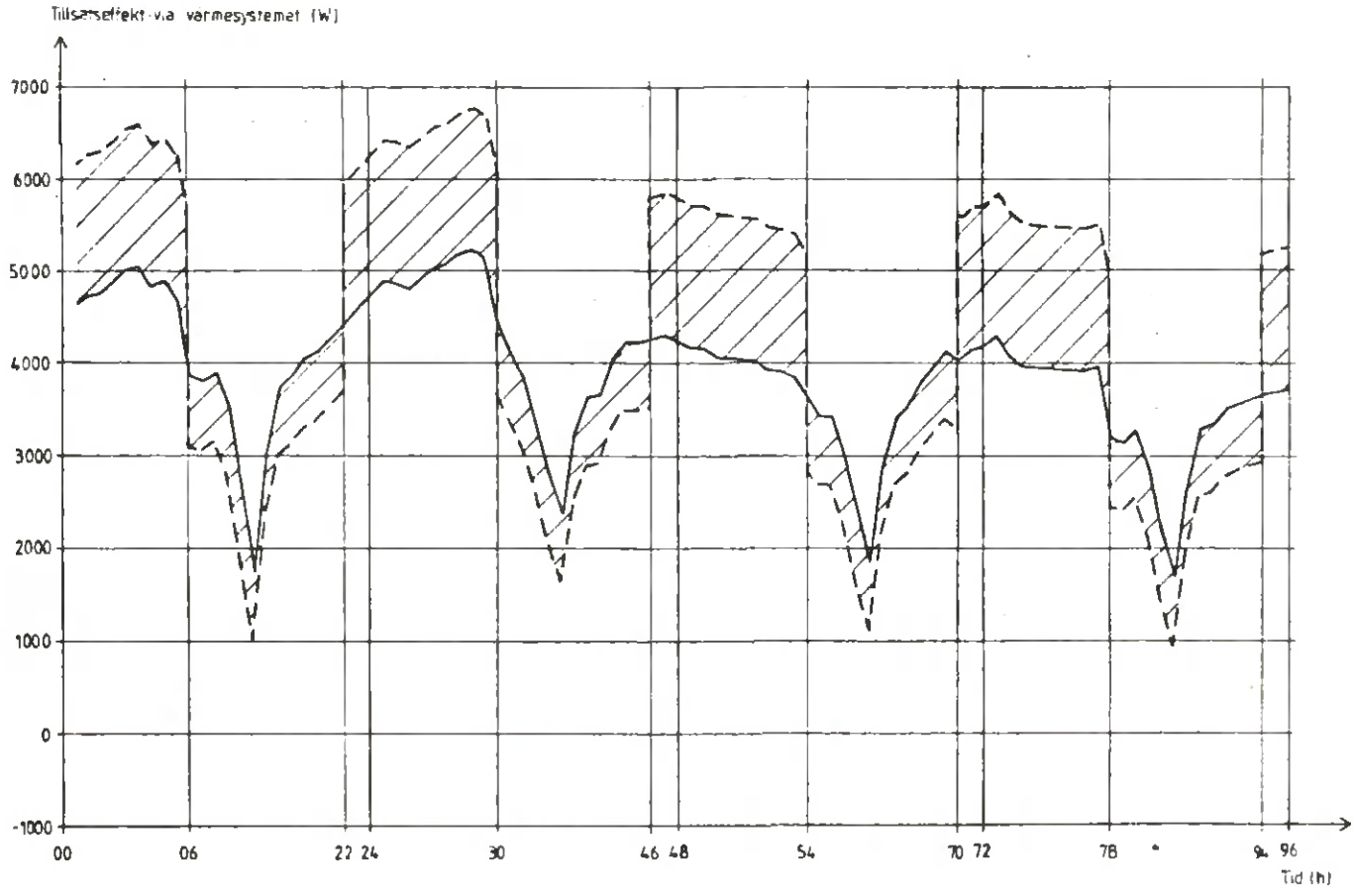
Figur 9. Analytiska uttryck för beräkning av värmeflöden vid periodisk temperaturpåverkan.



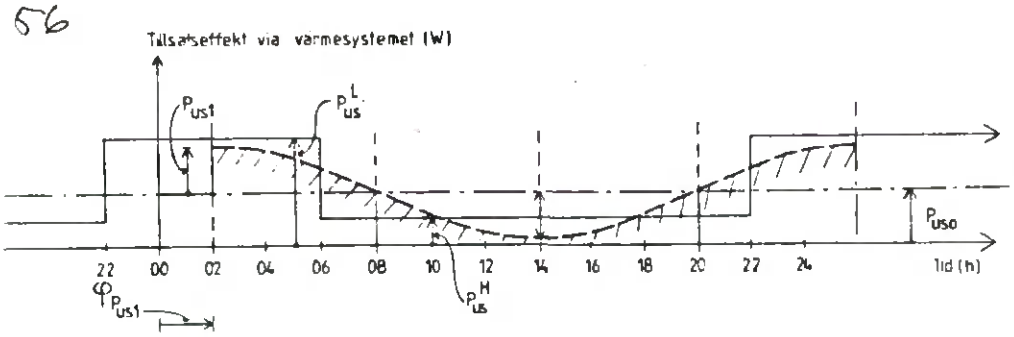
Figur 10. Värmekapacitetsuppgifter för lättbetong vid olika tjocklek och periodlängden 1 dygn.
λ = 0,14 W/m°C, ρ = 500 kg/m^3 och c = 840 J/kg°C

a. Relativ genomgångsfaktor $|J|/k$ och fasförskjutning φ_J/t_o. Värmeövergångskoefficienterna har här försummats.

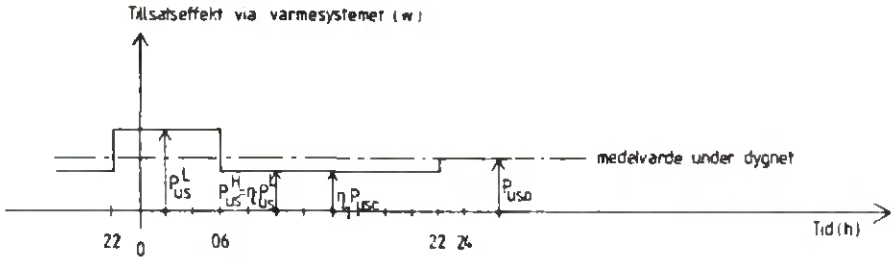
b. Relativ lagringsfaktor $|L|/|L_\infty|$ och fasförskjutning φ_L/t_o.



Figur 11. Tillsatseffekt via värmesystemet för det studerade 1½-planshuset i Malmöklimat under tiden 1-4 jan 1971. Heldragen linje avser tillsatseffekt vid konstant innetemperatur +20°C. Streckad linje betecknar tänkt effektförflyttning vid reducerad tillsatseffekt med 1 kW under kl 06-22 och en ökad tillsatseffekt med 2 kW under kl 22-06, varvid innetemperaturen skall bestämmas.



Modellering av tillsatseffekt via värmesystemet för TS-förfarandet med en konstant term P_{uso} samt en cosinusterm med amplituden P_{us1} och tillhörande fasförskjutning $\varphi_{P_{us1}}$.



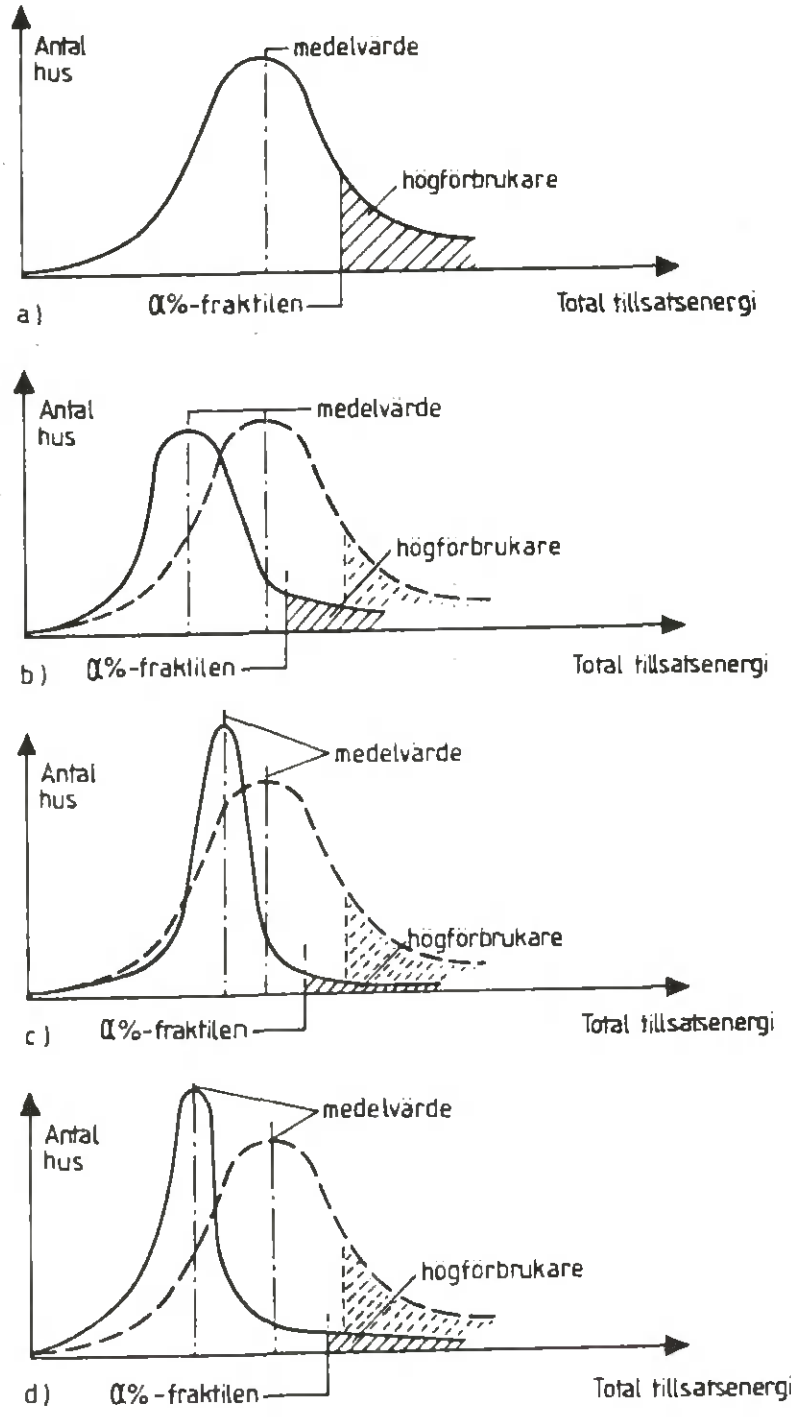
Använda beteckningar vid effektförflyttning under dygnet.

Beräknad innetemperatur enligt TS-förfarandet.

		T_{uo} °C				
		-15		±0		
η_1 %	η %	T_{i1} °C	$\varphi_{T_{i1}}$ rad	T_{i1} °C	$\varphi_{T_{i1}}$ rad	Anm.
0	0	8,40	1,02	4,34	1,02	
25	10	6,31	1,02	3,26	1,02	
50	25	4,21	1,02	2,17	1,02	
75	50	2,10	1,02	1,09	1,02	
0	0	7,46	1,00	3,85	1,00	lättbetong

1,02 rad motsvarar kl 04.

Figur 12. Principer för modellering med TS- förfarandet samt beräkningsresultat för det genomförda exemplet.



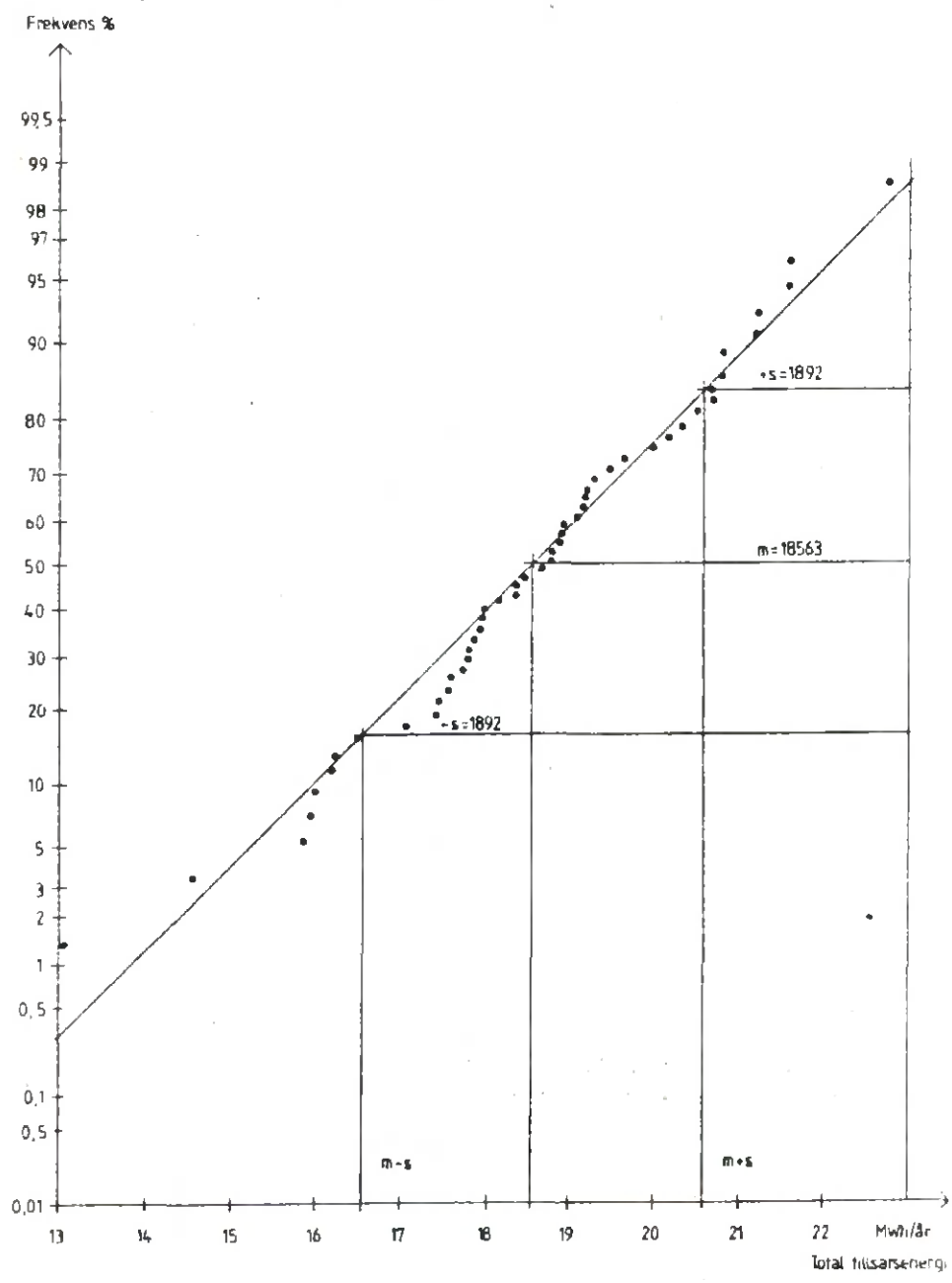
Figur 13. Principiell skiss av den totala tillsatsenergins variation i ett antal nominellt lika hus före och efter några artskilda energisparåtgärder vidtagits

a) Ursprunglig fördelning

b) Huvudsakligen sänkt medelvärde och något minskad spridning

c) Huvudsakligen minskad spridning och något sänkt medelvärde

d) Såväl sänkt medelvärde som minskad spridning



Figur 14. Objekt Kållered. Uppmätt total tillsatsenergi för 50 nominellt lika hus inlagda på normalfördelningspapper.

INSTORTANDE TRÄKONSTRUKTIONER UNDER DEN GÅNGNA VINTERN

Lennart Boström, Umeå kommun

TTC-föredrag - Trähusdagen 88 - 22 september Hultsfred

Instörtade träkonstruktioner m m under den gångna vintern

1:e byggnadsinspektör Lennart Boström, Umeå

Vintern 1987-88 då fick yttertakskonstruktionerna i Umeå-området verkligen "bekänna färg".
Då var snölasterna på taken av sådan storlek att fel- resp. underdimensioneringar samt material- och utförandefel verkligen avslöjades.

Under tiden 3 februari - 18 mars 1988 rasade eller förstördes av snölaster ett 100-tal större eller mindre byggnader. Av dessa var ett 10-tal av storleken större och där totalraseringen av Hagaskolans gymnastikbyggnad, 800 m^2, i Umeå centrum var det mest uppmärksammade raset. Ytterligare många hundra yttertak bedöms ha fått större eller mindre skador på taktäckningen, plåtgarneringar, uppstigningsanordningar, snöräcken etc.

Jag ska här närmare redovisa några intressanta och "typiska" rasfall samt förslag att beakta vid framtida takbyggnationer.

Stora snömängder redan i mitten av januari innebar att många fastighetsägare redan då börjat skotta sina tak.
Den 27 januari började dock allvaret - då ramlade en snöskottare ner genom en röklucka och skadade sig så allvarligt att han blev förlamad och sannolikt rullstolsbunden för resten av sitt liv.

Den 3 februari kom det första sk. takraset - då yttertakskonstruktionen till Röbäcks skola delvis "rasade in". Taket var utfört med fackverkstakstolar av trä och pressade spikplåtar som förbindare.

Fakta: Byggnaden var uppförd hösten 1985 och byggherre var Umeå Kommun. Byggentreprenör med konstruktionsansvar var Skanska.
Fackverkstakstolarna var dimensionerade för snölast 180 kg/m^2.
Takstolarna var tillverkade vid fabrik utan officiell tillverkningskontroll.
Konstruktionshandlingar hade ej inlämnats till Byggnadsnämnden och vare sig stom- eller slutbesiktning hade anmälts till Byggnadsnämnden.
Särskild dagkontrollant fanns tillsatt för projektet.

Vid besiktning efter raset kunde konstateras att:

- snölasten vid rastillfället var ~180 kg/m^2.
- takstolarnas utförande kraftigt avvek från upprättade konstruktionshandlingar beträffande spikplåtarnas dimensioner och placering.
- "infästningsarearna" var hälften av vad som angivits i beräkningar och på ritningar.
- avskjuvade spikplåtständer satt kvar i virket.
- den ansvarige arbetsledaren hade ej utfört erf byggkontroll.

Slutsatser:

Takras borde ej ha inträffat då aktuell snölast var dim snölast och säkerhetsfaktorn mot brott teoretiskt är ~2,25 - 2,5.

I första hand har den felaktiga placeringen av spikplåtarna orsakat takraset.

Den 5 februari, sent på kvällen, totalraserades matsalsbyggnaden vid Ålömaskiner i Brännland när yttertakskonstruktionen rasade in. Taket var utfört med fackverkstakstolar av trä och pressade spikplåtar som förbindare.

Fakta: Byggnaden var uppförd år 1983 och hade ytan ~ 220 m^2. Byggherre var Ålömaskiner och totalentreprenör med konstruktionsansvar var Diös AB.

Fackverkstakstolarna var dimensionerade för snölast 150 kg/m^2 + egen tyngd 75 kg/m^2.

Takstolarna var tillverkade vid fabrik utan officiell tillverkningskontroll.

Spikplåtar typ Hydro-Nail hade använts.

Vid besiktning efter raset kunde konstateras att:

- snölasten vid rastillfället var ~ 280 kg/m^2 (250-310).
- inga avvikelser fanns beträffande virkeskval och virkesdimensioner.
- spikplåtarnas placering hade på vissa ställen smärre avvikelser.
- tillvaratagna spikplåtar hade mycket sköra "spikar" och det fanns rost vid "spikroten". Obetydlig "vickning", innebar att spikarna direkt ramlade loss!
- tester vid Statens Provningsanstalt antyder att tillverkningsfel hos spikplåtarna kan föreligga.

Slutsatser:

Taket borde ha hållit eftersom utnyttjad säkerhetsfaktor ~1,7 dvs < 2,25 - 2,5.

Det är dock osäkert vad som kan ha orsakat takraset. Dock ställer jag mig personligen mycket tveksam till spikplåtarnas kvalitet bl a med hänvisning till utförda tester samt den ytterst påtagliga skörheten och rosten vid brottytorna.

Möjligheten finns givetvis också att den praktiska säkerhetsfaktorn mot brott är betydligt lägre än den teoretiska för denna konstruktionstyp.

■ Den 13 februari kl 08.00 totalraserades Hagaskolans gymnastiksal när takkonstruktionen rasade in. Taket var utfört med armerade limträbalkar.

Fakta: Byggnaden var uppförd år 1964 och hade en yta av ~ 750 m^2. Byggherre var Umeå Kommun och byggentreprenör var Olaus Forsberg. Byggnadskonstruktör var Jacobsson o Widmark. Takstolarna var sadelformade och armerade limträbalkar. - IAS-balkar med spännvidd = 20,5 m. Takstolarna var dimensionerade för snölast 200 kg/m^2 och tillverkade vid fabrik i Eslöv - med verksamhet under åren 1961 - 65. Tilläggsisolering av taket ~ 15 kg/m^2 var utfört ~ år 1982.

Vid besiktning efter raset konstaterades att:

- snölasten vid rastillfället var ~120 - 200 kg/m^2.
- spiklimning av trälameller hade utförts.
- syrahärdande fenollim hade använts (se expertutr).
- lamellskarvarna var utförda som skäftfogar med mycket stark lutning 1:2,5 (< 1:8 lämpligt) och dessa var även olämpligt koncentrerade till vissa snitt.
- flänsarna var spiklimmande mot livet.
- plattstålen, 5 x 25 mm, som var inlagda och limmade i urfrästa spår hade dragits loss.
- mycket tydliga bristfälligheter kunde konstateras i limfogar trä-trä resp stål-trä.

Slutsatser:

Ras har skett trots att aktuell snölast var klart mindre än dimensionerande snölast. Orsakerna till raset bedöms i första hand ha varit bristfälligheter i limningen samt skäftfogarnas olämpliga utförande och förläggning. Enligt uppgift från Statens Planverk finns denna takkonstruktion utförd på minst 120 st byggnader i Sverige.

■ Den 29 februari observerades stora nedböjningar i takkonstruktionen vid Mariehemsskolans gymnastiksal. Taket var utfört med limträbalkar.

Fakta: Byggnaden var uppförd år 1967 och har en yta av ~ 400 m^2.
Byggherre var Umeå Kommun och byggentreprenör Umeå Byggnads AB. Byggnadskonstruktör var Jacobsson o Widmark.
Takstolarna var pulpetformade limträbalkar tillverkade av Martinssons Trävaru AB samt dimensionerade för snölast = 200 kg/m^2.
Taket är av typen "parallelltak" med tilläggsisolering utförd ~ år 1984.
Officiell tillverkningskontroll av limträkonstruktioner fanns ej år 1967.

Vid besiktning konstaterades att:

- bomställningar "körde fast".
- aktuell snölast < 200 kg/m^2 - snöskottning var utförd i omgångar.
- limfogsläppor i stor omfattning - största sprickan i fältmitt 12 mm.
- spiklimning av lameller med 3" spik ~c/c 20-30 cm i balkarnas undre del.
- dålig limning i vissa fogar klart synligt.
- kaseinlim har använts (se expertutredn).
- vissa balkar ≈ som en "trave bräder på varandra".

Slutsatser:

Limningen har ej varit tillfyllest såväl beträffande utförande som kvalitet.
"Konstruktionens miljö" med varierande temperatur och fuktighet har inneburit att limningen ej stoppat.
Sannolikt torde många takkonstruktioner av denna typ ha eller kommer att få liknande problem.

Tro nu bara inte att det enbart var träkonstruktioner som hade problem denna vinter!
Även yttertakskonstruktioner av diverse plåtsystem, bärande takplåt etc är mycket känsliga konstruktioner.

Den 10 februari var det kris vid det stora OBS-Varuhuset i Umeå. Byggnaden har en totalyta av ~10 000 m^2.

Fakta: Primärbalkar och pelare av betong.
Bärande profilerad takplåt Do-Tp 115 med mineralull och papp.
Yttertaket är av läglutande typ med invändiga stuprör och taksargar runt om i fasaderna.
Yttertakskonstruktionen var dimensionerad för snölast 150/210 kg/m^2 i nockar och 210/270 kg/m^2 i ränndalar.

Vid besiktningen den 10 februari konstaterades att snölasten på taket varierade mellan 140-200 kg/m^2 i nock och 206-295 kg/m^2 i ränndalar. Lätta inneväggar hade börjat spricka och vissa dörrar gick ej längre att stänga.
Betongbalkarna hade på vissa ställen böjt ner ~ 5 cm och takplåten hade i fältmitt böjt ner ~ 4,5 cm och över vissa stöd deformerats, tryckts ihop, 2-3 cm.
Under beaktande av att det ännu bara var i mitten av snövintern var fastighetschefens dilemma uppenbar. I samråd med byggnadsinspektionen vidtogs avstängning av vissa lokaler och stämpningsåtgärder i andra parallellt med 14 dagars intensiv snöskottning med 20-40 man + kranar m m som undanröjde risken för takras. Under denna tid var nederbörden i form av snö ~ 25 cm (80 cm — 105 cm).
Kostnaden för denna snöskottning blev dock ~400 000 kr samt därutöver tillkommer kostnader för reparationsåtgärder.

Erfarenheter att beakta inför framtiden

Utgående ifrån den senaste vintern och de erfarenheter som vi då fick vid byggnadsinspektionen i Umeå anser jag att:

- brister i arbetsutförandena har i alldeles för många fall varit direkt avgörande för inträffade skador.
- vid dimensionering och materialval i samband med yttertak beakta behov, kostnad och risker med snöskottning. Tänk på att snöskottare vid kristillfällen ofta är en bristvara!
- ökade snölaster p g a takräcken etc måste bättre beaktas vid takdimensioneringar.
- sätt ej alltför stark tro till uppreklamerade och oprövade Superkonstruktioner. Teoretiskt väl fungerande materialkombinationer fungerar inte alltid i praktiken!
- lätta konstruktioner av plåt eller spikplåtstakstolar av trä synes ha alltför små säkerhetsmarginaler.
- platsgjutna och prefabricerade betongkonstruktioner synes klara betydande överlaster utan påtagliga problem. Ex. finns på P-däck där snölast på ~ 1 300 kg/m^2 ej inneburit problem trots dimensionering för enbart 300 kg/m^2.
- arbetsledarfunktionen på byggena såväl som kontrollen på fabriker där konstruktionsdelar tillverkas måste klart skärpas upp!
- arkivhandlingar för bärande konstruktioner som yttertak måste finnas aktuella och tillgängliga för tillfällen som denna vinter.
- större och komplicerade byggnadskomplex bör ha särskilt upprättade snöskottningsplaner för yttertaken. Även snöskottningsinstruktioner bör finnas klara.
- tänk på att låglutande motfallstak eller tak med sargar och invändiga avlopp ofta får dåliga avvattningsförhållanden på vintern med snö o issörja närmast takytan och därigenom extra taklast.

FUKT

FUKT- OCH VÄRMETEKNISKA EGENSKAPER HOS HÖGISOLERADE KONSTRUKTIONER

- FINSKA ERFARENHETER

Erkki Kokko, Statens Tekniska Forskningscentral (VTT)

FUKT- OCH VÄRMETEKNISKA EGENSKAPER HOS HÖGISOLERADE KONSTRUKTIONER - FINSKA ERFARENHETER

Erkki Kokko Tuomo Ojanen

Statens tekniska forskningscentral (VTT)
VVS-tekniska laboratoriet
SF-02150 ESBO, Finland

1. INLEDNING

På denna årstionde har man hos VTT utfört eller det finns pågående forskningar på området "Samtidig värme-, fukt- och luftrörelse i värmeisolerade konstruktioner". Man har också närmat sig litet frågan, hurudan betydelse de förenämnda fenomen har på byggnadens värmeförluster och luftomsättning.

För att kunna analysera principer på konstruktionernas funktion och de olika parameternas betydelse har det varit nödvändigt att utveckla matematiska modeller och lösningsmetoder för olika problemer. Å andra hand de beräknade resultaten ger information bara om funktion av idealiska konstruktioner enligt antagandena. När praktiska konstruktioner avviker sig mera eller mindre från de idealiska, skall man vara försiktig vid tillämpningen av resultaten. Avvikelserna yttrar sig ofta vid provningsmässiga forskningar.

I det följande betraktas kortfattat några erhållna beräknings- och provningsresultat, vilka kan anses att ha allmän betydelse. Teorin och detalderad information ges i referenspublikationer. Man konsentrerar sig med mineralullisolerade väggkonstruktioner.

2. LUFTSTRÖMMAR I MINERALULLISOLERINGAR

Luftströmmar i mineralullisoleringar och deras värmetekniska effekter har forskats tämligen grundligt bl.a. i Sverige och resultaten känns allmänt. I det följande betraktas några finska resultat, vilka kan komplettera helheten.

Naturlig konvektion i väggisoleringen med luftgenomsläpplig kall yta

I figur 1 presenteras Nusselts nummer (Nu) som funktion av modiferad Rayleighs nummer (Ra*) och isolerhöjden/-tjockleken (h/d) åt helt skyddad konstruktion (sluten konstruktion) och konstruktion utan tät ytskikt på isoleringens kalla yta (halvöppen konstruktion). Man antar att isolermaterialens permeabilitet i vertikal riktning B_{oy} är större än i horisontal ritkning B_{ox}.

$$B_{oy} = 1,85 \times B_{ox} \quad \text{(grundar sig på mätresultaten).}$$

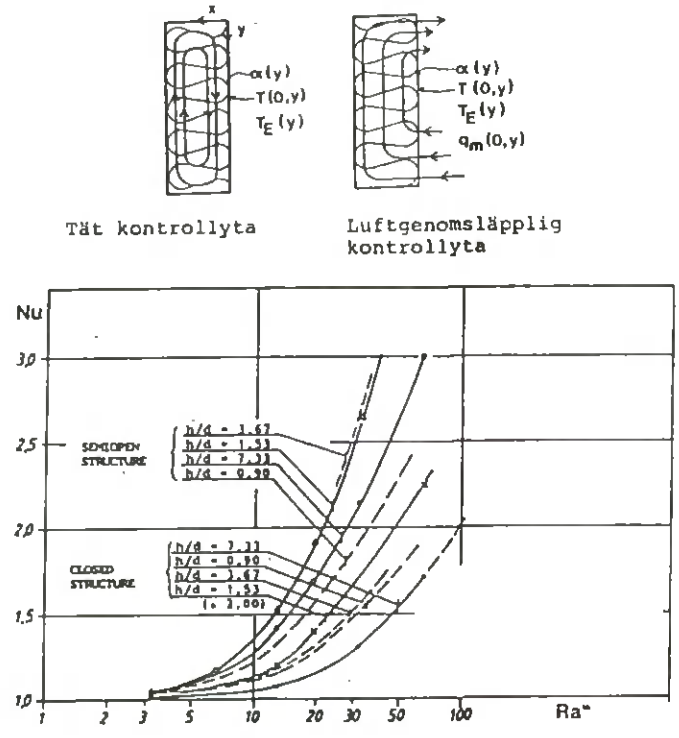


Fig. 1. Nu-nummer som funktion av Ra* och h/d i en sluten och i en av sin kalla yta öppen vertikal kavitet under naturlig konvektion.

På grund av figur 1 kan konstateras:

a) Vindskyddskivan har en viktig uppgift som dämpare av isoleringens naturliga konvektion. Den erforderliga tätheten har inte analyserats med beräkningar, men en grov uppfattning är, att permeanssen B_x skall vara lägre än 1 10^{-9} m. Detta nås inte med sedvanliga mineralullskivor, som har använts som vindskyddsmaterial.

b) Nu-numret har ett max-värde då h/d ligger mellan 1,5-2,0. Orsaken till att maximum inte nås vid värdet h/d = 1, är skillnaden mellan mineralullens horisontala och vertikala permeabilitet.

I figur 2 ges värmeflödets beräknade täthetsfördelning genom inre yta i en sluten och halvöppen konstruktion. Isolering är av lätt glasull (19 kg/m³), tjockleken 300 mm och temperatur skillnaden 40 K.

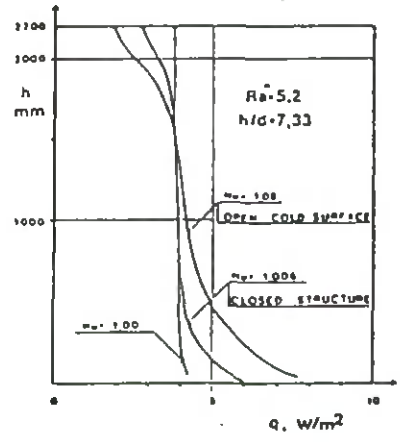


Fig. 2. Beräknade värmeflödets tätheter genom den varma isolerytan som funktion av isolerhöjden åt en sluten och en halvöppen konstruktion, Ra* = 5,2 och h/d = 7,33.

I figur 2 märker man, att det finns en naturlig konvektion både i sluten och i halvöppen konstruktion. I sluten konstruktion effekten på det genomsnittliga värmeflödet är betydelselös. Men de lokala effekterna på värmeflödet samt även på temperaturfördelningen är tämligen stora.

Temperatur av en ångspärr inne i värmeisoleringen

Här betraktas en med lätt glasull isolerad sluten väggkonstruktion, där isolertjockleken är 200 mm och ångspärr i isoleringen 50 mm avstånd från den varma isolerytan. För att undvika köldbryggaeffekten, var reglerna av styv polystyrencellplast. I figur 3 ges den i ett laboratorieförsök uppmättade temperaturfördelningen i den vertikala sektionen i mitten av isoleruttrymmet.

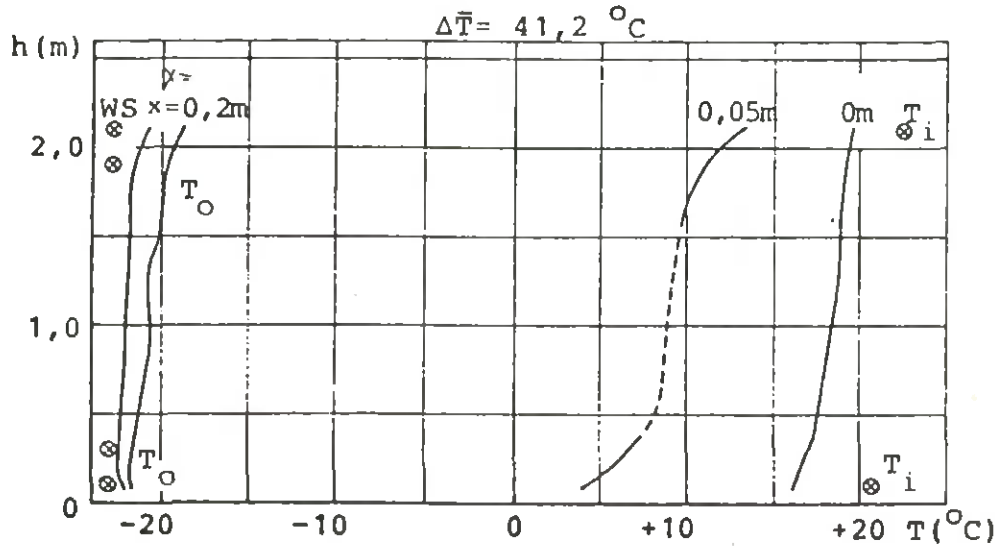


Fig. 3. Provningsmässiga temperaturer i den vertikala sektionen av en sluten väggkonstruktion under naturlig konvektion i laboratorieförhållandena.
Ångspärren 50 mm från den varma isolerytan.
Glasullisoleringen 19 kg/m, d = 200 mm.

På grund av den naturliga konvektionen sjunker ångspärrens temperatur vid nedre kanten av provväggen till ca. +4 °C, då inne-/uteluftens temperaturer var ca. +21 °C/-23 °C. Man märker, att inneluftens relativa fuktighet, som motsvarar kondensgränsen i +4 °C, är ca. 30 % RH.

I praktiska konstruktioner kan läget vara värre på grund av många orsaker; isolerfelen på den kalla sidan av ångspärr, köldbryggorna, vinden och den påtvingade konvektionen, osv.

Påtvingad konvektion i väggisoleringen

Den påtvingade anblåsningen orsakad av tryckgradient i ventilerande luftspalter och dess värmetekniska effekter känns väl på grund av tidigare forskningar. Om de luftgenomsläppliga värmeisoleringar i olika väggar och i vindsbjälklag är i direkta kontakter med varandra (kontinuerlig isolering), kan det framträda anblåsning från en byggnadsdel till en annan. Då anblåsningen kan vara en följelse av skillnader i trycknivåerna mellan olika ventilerade luftspalter. En skadlig konvektion är möjlig fastän själva tryckgradienten i varje luftspalt är liten. I figur 4 visas riktningar av den påtvingade anblåsningen, som noteras vid mätningarna i ett provhus under vindförhållandena. Den kontinuerliga isoleringens tjocklek var 190 mm och på dess kalla yta var 50 mm vindskyddskiva av tung mineralull.

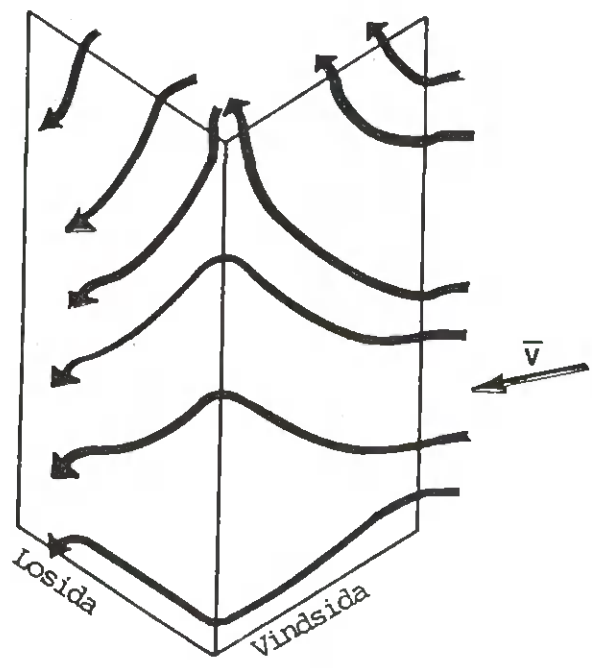


Fig. 4. Riktningarna av den påtvingade anblåsningen i VTTs provhus med en kontinuerlig mineralullisolering och luftgenomsläppliga vindskyddskivor.

I figur 5 presenteras både de provningsmässiga och simuleringsresultaten åt termiska effekter av en påtvingad anblåsning vid vägghörnet. Vid simuleringen har anblåsningen antagits vara 2-dimensionell och dess riktning horisontal. Tryckskillnaderna mellan luftspalterna på båda sidor av hörnet motsvarar medelvärdet av olika mätperioder i provhuset. Man har också simulerat fallet utan den vertikala träregeln i vägghörnet.

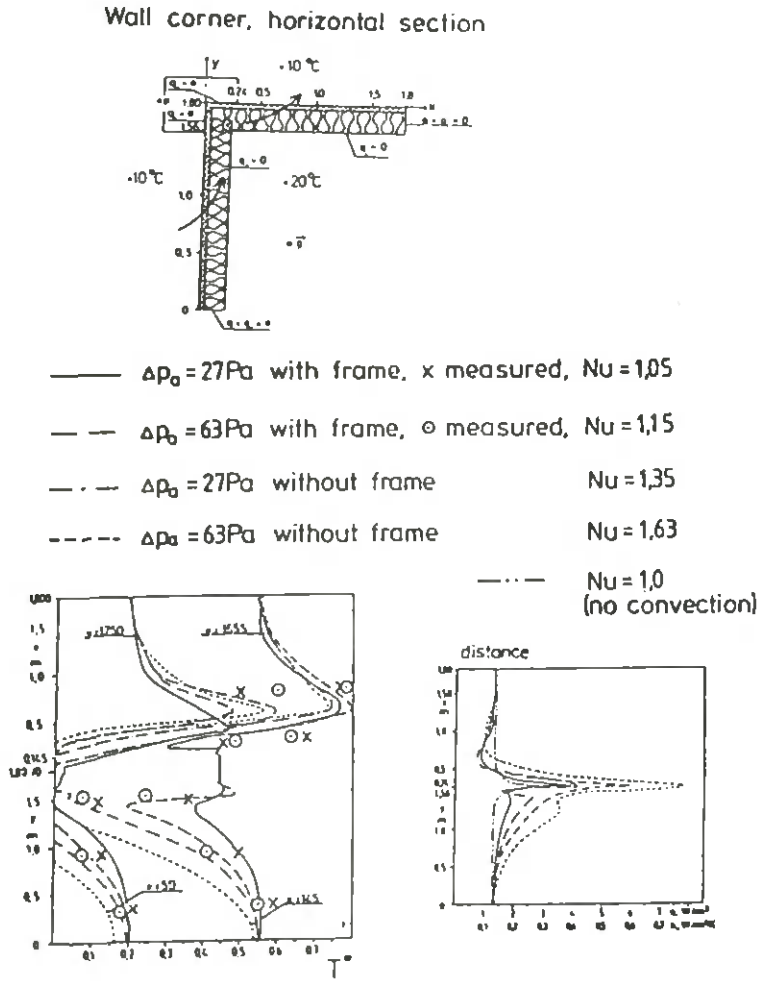


Fig. 5. Beräknade och experimentella temperaturer samt beräknade värmeflödets tätheter genom inre ytan av en vägghörnskonstruktion med en kontinuerlig isolering och luftgenomsläppliga vindskyddskivor. Temperaturer har givits at 50 mm och 145 mm avstånd från vindskyddskivans kalla yta. (Totaltjocklek med vindskyddskivan 50 mm + 190 mm).

Av figur 5 märkes att

- på övertrycksidan (vindsidan) i väggen sjunker temperaturen och värmeflödets täthet ökar sig, då man närmar sig hörnet,
- på undertrycksidan (losidan) ökar sig temperaturen och värmeflödets täthet blir mindre på grund av anblåsningen,
- träregeln har en märkvärdig styrande effekt på anblåsningen och både på temperaturerna och värmeflödet.

Allmänt kan konstateras att då en anblåsning (naturlig eller påtvingad) strömmar från en byggnadsdel till en annan, har man ett beroende förhållande mellan olika byggnadsdelars värmetekniska funktioner. Då t.ex. provningen av k-värdet av en byggnadsdel kan ge ett felaktigt resultat.

Av genomblåsningens effekter

Mellan konstruktionen och den genomblåsande luftströmmen finns det alltid en termisk växelverkan. Konstruktionen avkylas och luften uppvärmas eller tvärtom beroende på luftströmmens riktning. Konstruktionen fungerar som en värmeväxlare så, att summan av konstruktinens ledningsförluster och genomblåsningens värmeförluster är mindre än beräknad på det traditinella sättet (utan den termiska växelverkan). I figur 6 ges simuleringsresultaten åt genomblåsningen via en springa mellan vägg- och grundlagskonstruktioner.

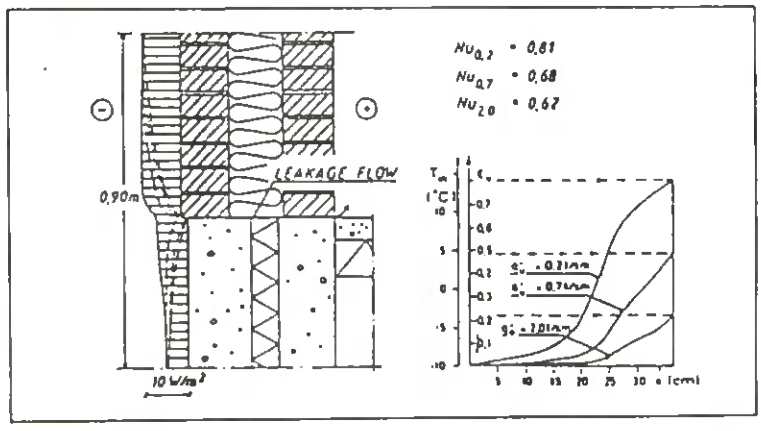


Fig. 6. Beräknade termiska effekter av genomblåsande luftströmmar i en springa mellan vägg- och grundkonstruktion. $Nu_{0,2}$...$Nu_{2,0}$ betyder Nusselt's nummer motsvarande luftströmmarna 0,2...2,0 dm^3/s m.

Man märker av figur 6 att

- uppvärmingen av strömmande luft i springan är dess högre ju långsammare strömmen är,
- värmeflödets täthet genom ytre ytan av konstruktionen (kontrollytan) och Nu-numret blir mindre, då luftströmmen blir högre.

Om genomblåsningen utnyttjas som tilluft i byggnadens luftomsättning (t.ex. maskinellt frånluftssystem, tilluft genom byggnadsmanteln), har den termiska växelverkan en stor betydelse på byggnadens totala värmeförlusteffekt. I figur 7 ges simuleringsresultaten för småhusbyggnader med olika antagna strömningspringor i manteln. Man har använt två olika lösningsmetoder ("finite difference method" och med "response factors") och beräkningarna har gjorts för en 2-veckorsperiod med varierande uteluftens temperatur.

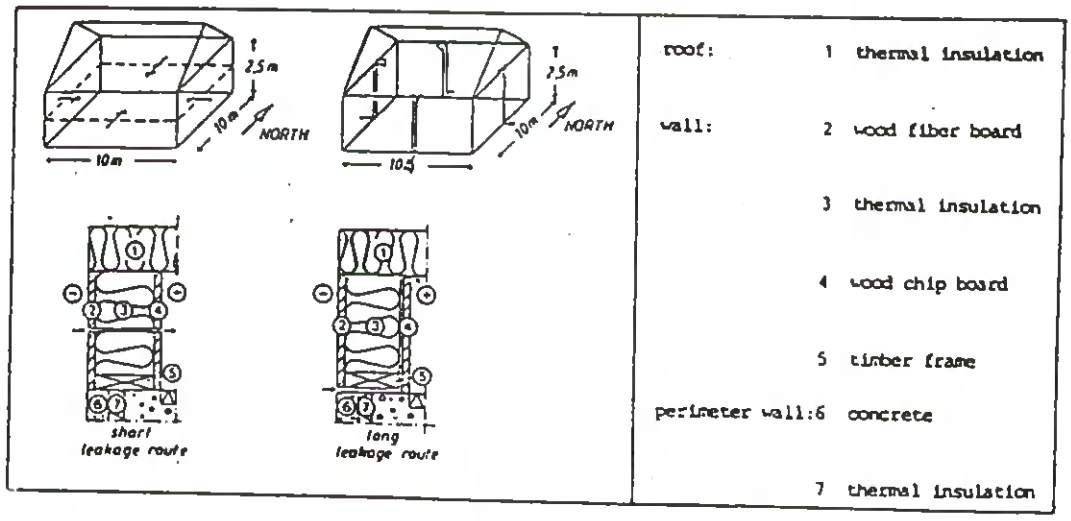


Fig. 7a. Vägar för genomgående luftströmmar i exempelbyggnadens mantel.

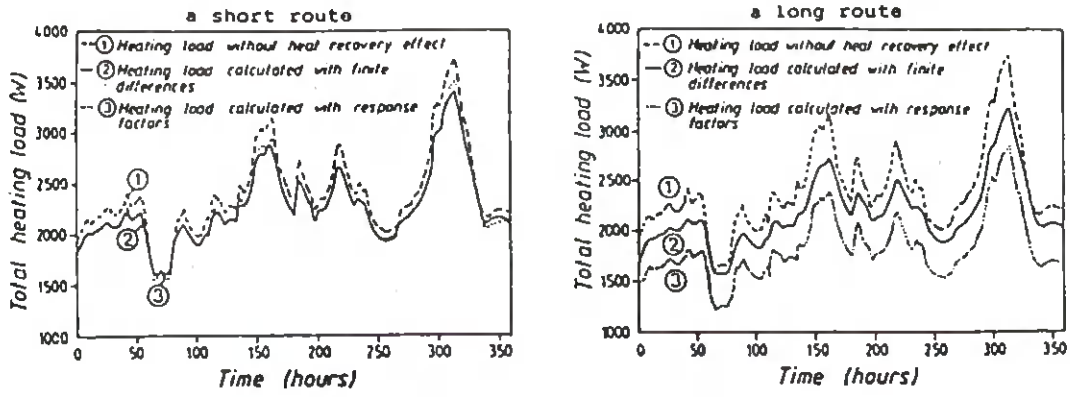


Fig. 7b. Exempelbyggnadens totala värmeförlusteffekt ($\Phi_{ledning} + \Phi_{vent.}$) med eller utan iaktagande av värmeåtertvinningseffekten i en 2-veckorsperiod.

I fallet av den korta springan är det genomsnittliga Nu-numret oberoende av method Nu = 0,73 och ändring av den totala värmeförlust för perioden -12,3 % från det traditionellt beräknade värdet. I fallet av den långa springan skiljer resultaten sig från varandra beroende på metoder.

Finite difference	Response factors
Nu ≈ 0,65	Nu ≈ 0,4
▲energiförlust = -15,2 %	▲energiförlust =-27,4 %

Resultaten berättar att den traditionella beräkningsmetoden kan väsentligen övervärdera genomblåsningens energiförlusteffekter.

3. FUKTVANDRINGEN I MINERALULLSIOLERADE KONSTRUKTIONER

Av beräkningsmetod

Den numeriska beräkningsmetoden TCCC 2D (Transient Coupled Convection and Conduction in 2-Dimensions) har utvecklats för analys av värme- och fuktteknska effekter av konstruktioners påtvingade och naturliga konvektion. Metoden löser konstruktionens tryck- och luftströmningsfältet, temperaturfältet och fuktfältet. Som varianter används totaltryck, temperatur och vattenångans partialtryck.

Som randvillkor för tryck- och luftflödefältet kan användas antingen konstant tryck eller konstant flöde. Att sätta konstant tryck som ett randvillkor, är det möjligt att lösa konstruktioner med luftgenomsläppliga ytor. Som randvillkor vid lösningen av temperaturfältet och fuktfältet kan man använda också det såkallade "konvektionsrandvillkor" där man ger temperaturen och vattenångans partialtryck för ute- och inneluft.

PRESSURE, TEMPERATURE AND MOISTURE FIELD CONNECTIONS (TCCC2D)

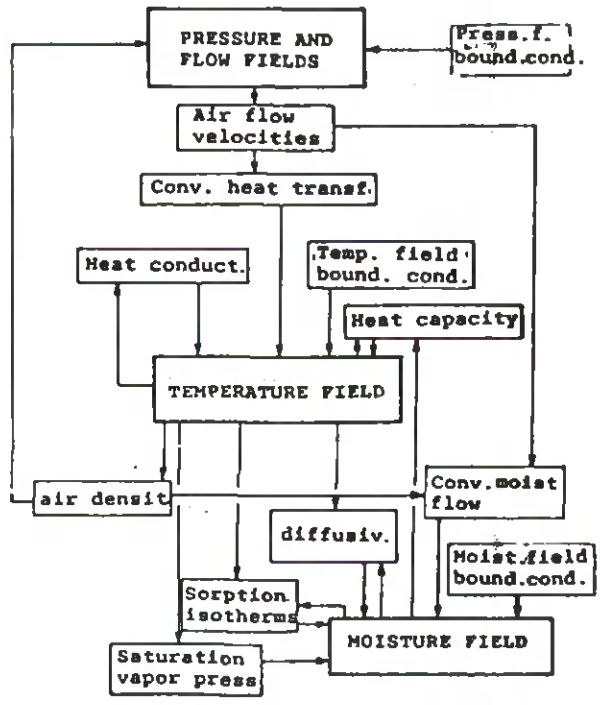


Fig. 8. Kontakterna mellan tryck-, temperatur- och fuktfäten i datorprogrammen TCCC2D.

Tillämpningar

Tillsvidare har metoden tillämpats bara för några konstruktioner. I figur 9 presenteras en i laboratorieförsöket forskad och simulerad mineralullvägg.

I figur 10 ges sorptionskurvor av olika materialier.

Klimatförhållandena i 28 dygns laboratorieförsök och i simuleringen ges i figur 11.

Provningsmässiga och simuleringsresultaten ges i tabellen 1.

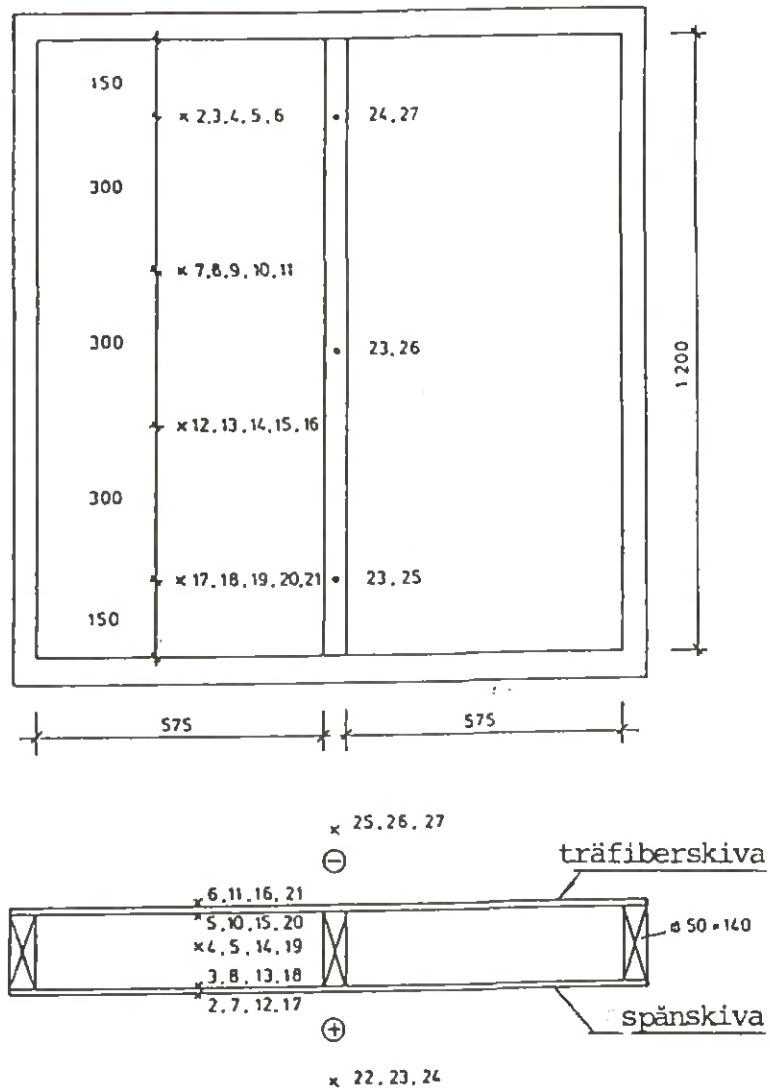


Fig. 9. Mineralullväggen i vid laboratorieförsök.
x = temperaturens mätpunkt.

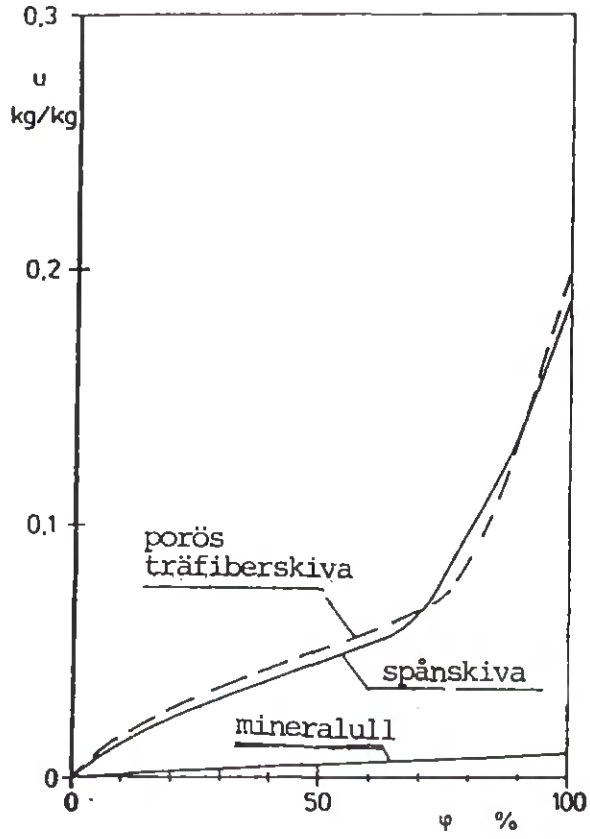


Fig. 10. Sorptionskurvor för olika materialier vid beräkning av väggkonstruktionen i figur 9.

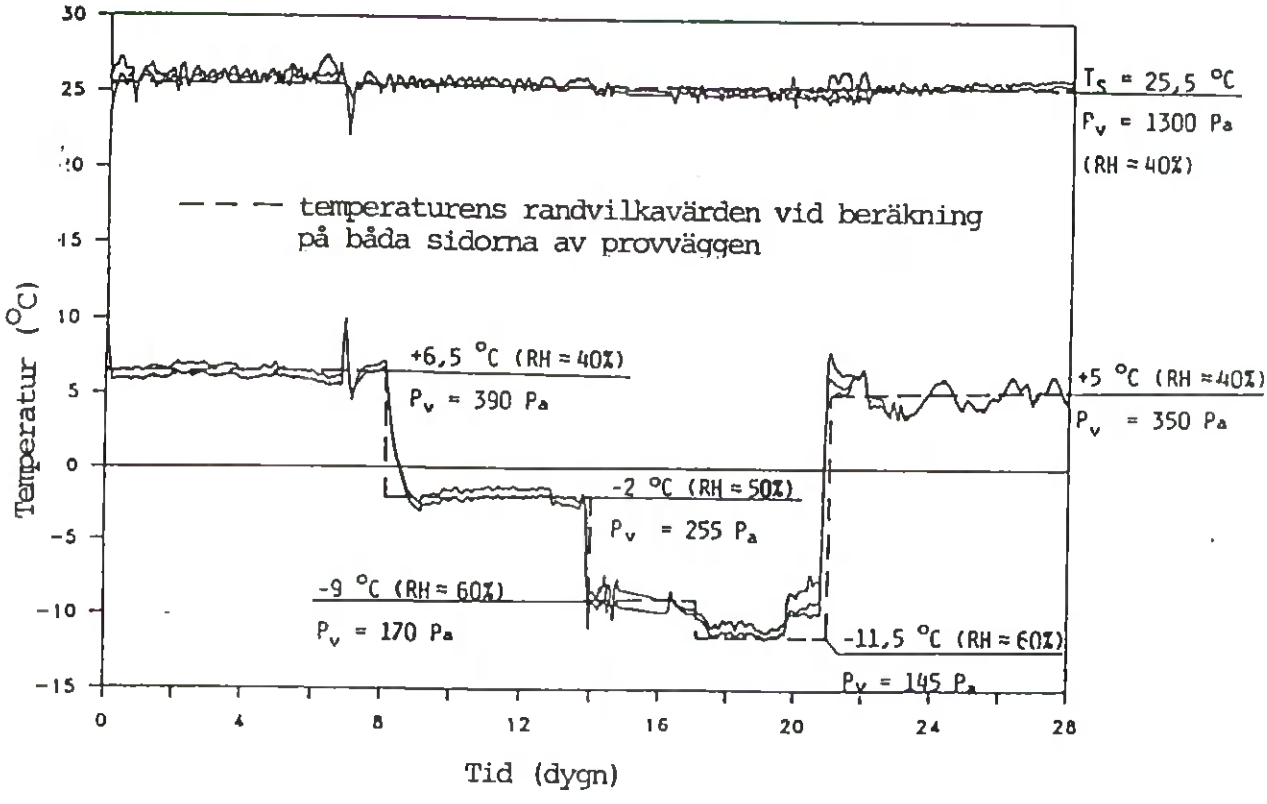


Fig. 11. De i 28 dygns laboratorieförsök uppmätta inne- och uteluftstemperaturerna, ställvärdena för relativa fuktigheter och de vid simulering använda värdena.

TABELL 1. Provväggens experimentella och beräknade lokala fukthalter.

Tid från början av försöket dygn	Höjden	FUKTHALTEN, VIKT % Porös träfiberskiva ytre yta	inre yta	ytre yta	inre yta	Spånskiva uppmätt	beräknad
		uppmätt		beräknad			
0		2,6		2,6		5,1	5,1
7	övre	4,2	4,5	4,9	5,3		3,6
	medel	4,0	4,4	4,7	4,9		3,6
	nedre	3,8	4,3	4,8	5,2		3,5
20	övre	4,7		6,4	7,7	5,2	3,6
	medel	4,7		6,3	6,9	5,2	3,5
	nedre	4,9		6,3	7,2	5,2	3,6
28	övre	5,8	7,8	5,0	5,5	5,2	3,8
	medel	6,3	7,3	4,8	5,1	5,1	3,6
	nedre	6,0	6,7	5,0	5,4	5,3	3,8

De provningsmässiga och beräknade resultaten i tabellen 1 är inte exakt överensstämmande och därtill kan finnas många orsaker. Konvektionens betydelse var relativt liten, ty det var frågan om en sluten konstruktion med tätade ytskikten och värmeisoleringen var ganska tunn (140 mm). Man kan ändå konstatera, att

- enligt både provningen och beräkningen samlade sig litet mera fukt till övre kanten av vindskyddskivan än till den nedre,
- fukthalten i olika konstruktionsdelar blev tämligen små och de är inte kritiska, om man tänker på fuktskador.

Följande tillämpning är jämfört med den föregående, som är ett klart starkare konvektionsfall. Man betraktar en minelullvägg utan ångspärr enligt figur 12. Materialiernas fukthalt motsvarar balansläget i förhållandena +20 °C och partiatryck P = 1100 Pa. Vid tidspunkten t = 0 ändrar sig förhållandena på andra sidan till -20 °C/70 Pa. I figur 13 ges konstruktionens beräknade fördelningar av den relativa fuktigheten utan och med naturlig konvektion vid olika tidspunkter.

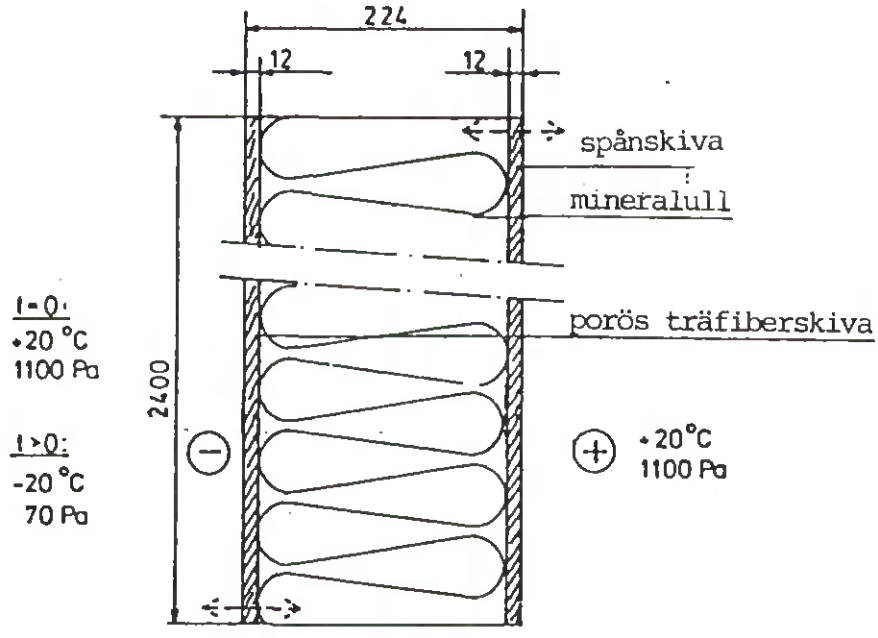


Fig. 12. Minelralullvägg analyserad med hjälp av datorprogrammen TCCC2D.

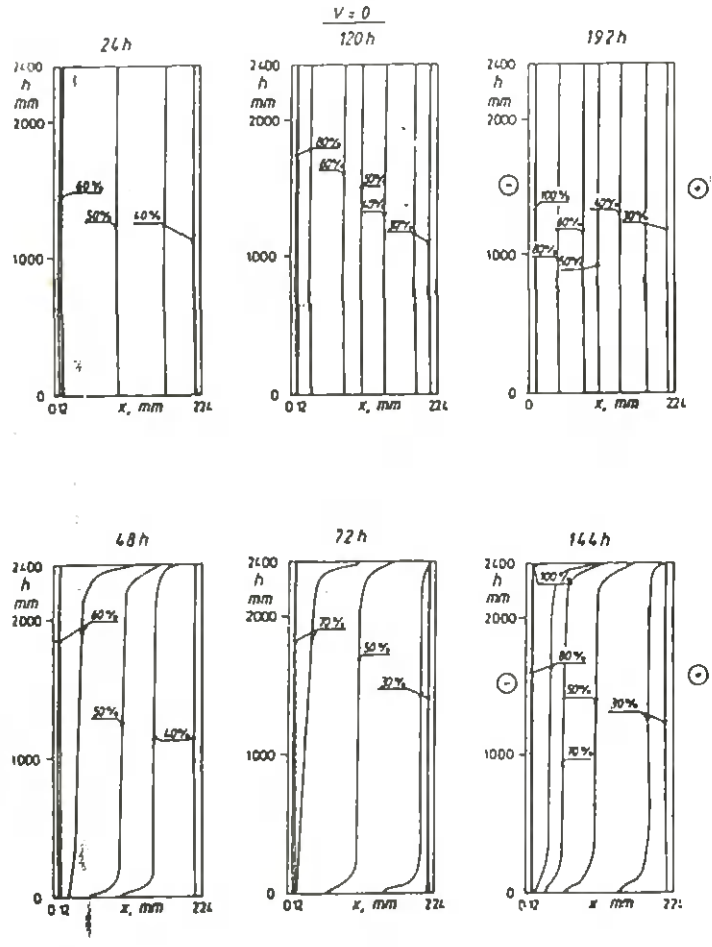


Fig. 13. De beräknade ändringarna av den relativa fuktigheten utan och med naturlig konvektion (sluten konstruktion).

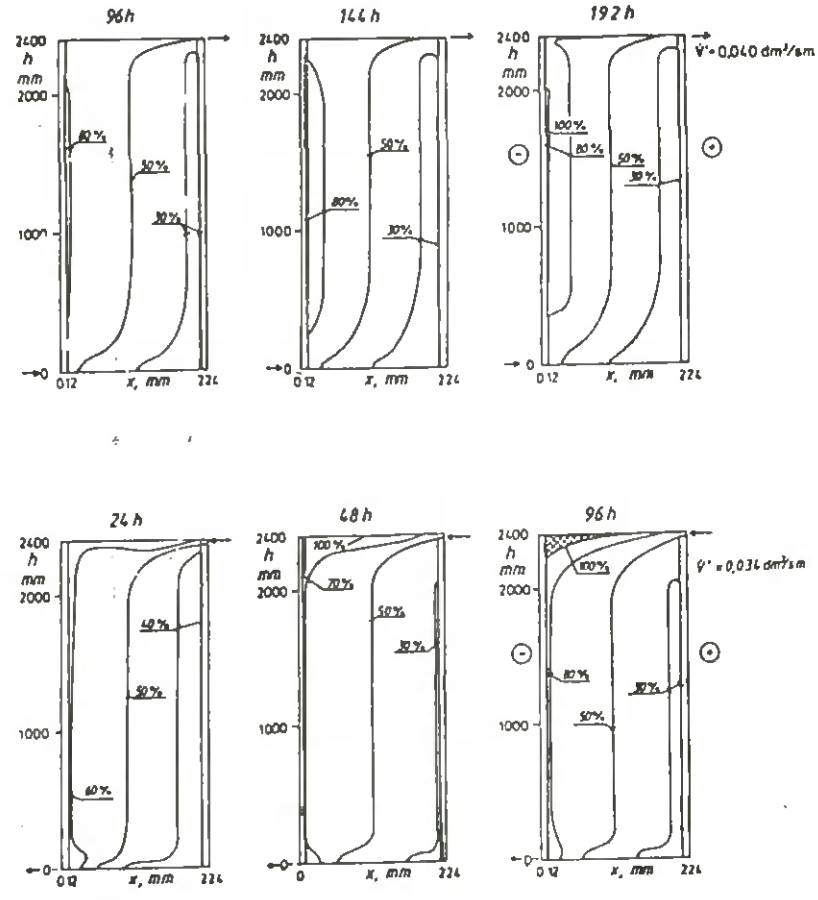


Fig. 14. De beräknade ändringarna av den relativa fuktigheten i konstruktionen med inåt- och utåtriktad genomgående luftström.

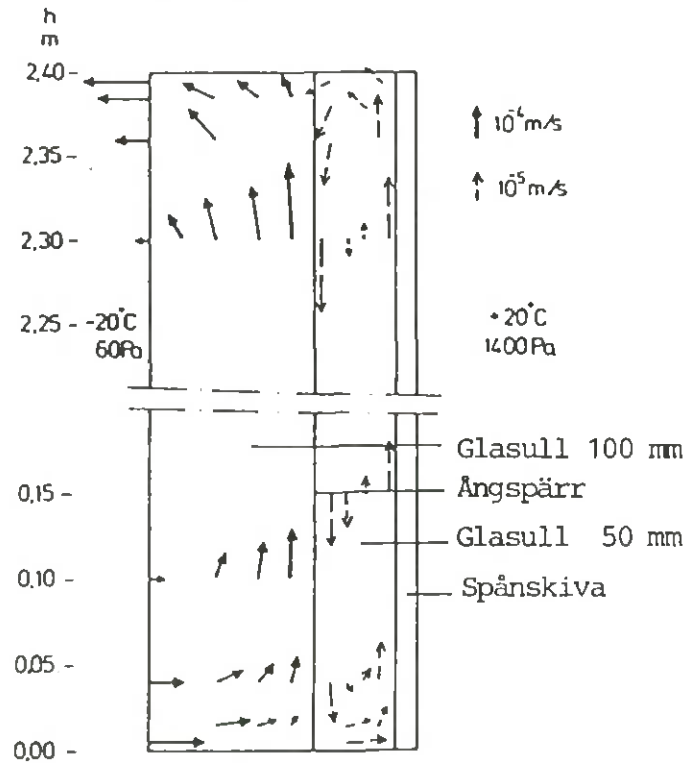
I fallet utan konvektion var den relativa fuktigheten efter 192 h (8 dygn) i vindskyddskivans varma yta ca. 100 % RH. Det höga RH-värdet grundar sig närmast på det, att den originala fukthalten i konstruktionen har nyfördelats och inträngande inneluftens fukt har bara en liten betydelse.

I konvektionsfallet orsakade bara den rena naturliga konvektionen en klar vertikalt riktad fuktfördelning inne i konstruktionen. Kondensen i vindskyddskivans övre kant började efter ca. 6 dygn.

I figur 14 ges beräknade resultaten för konstruktionen i figur 12 med springa i övre kanten av täckande inre skiva och i nedre kanten av vinskyddskivan. Genomblåsningen är från ute till inne eller tvärtom. Enligt figuren, när genomblåsningen händer från ute till inne, nås efter ca. 192 h ett läge, där den relativa fuktigheten på vindskyddskivans varma yta är ca. 100 % i medelhöjden av väggen. På detta område är konvektionströmmens riktning parallell med väggytorna och läget är av samma typ, som i figur 13 utan konvektion. När luftströmmen är riktad från inne till ute, nås lokalt värde 100 % RH redan inom två dagar och läget blir värre med tiden. Fukten samlar sig först och främst i närheten av den inströmmande springan.

I figur 15 ges beräknade resultaten för en tilläggisolerad mineralullvägg, där ångspärren är bakom tilläggisoleringen. Konstruktionen är halvöppen och har en spånskiva mot inre yta av isoleringen. Klimatförhållandena ges också i figuren. Enligt figur 15 har den relativa fuktigheten fått inom 23 dagar värdet 100 % RH på varma sidan av ångspärrens nedre kant. Konstruktionen bakom ångspärren är tämligen torr.

STRUCTURE WITH INSIDE VAPOR BARRIER



RELATIVE HUMIDITY FIELDS

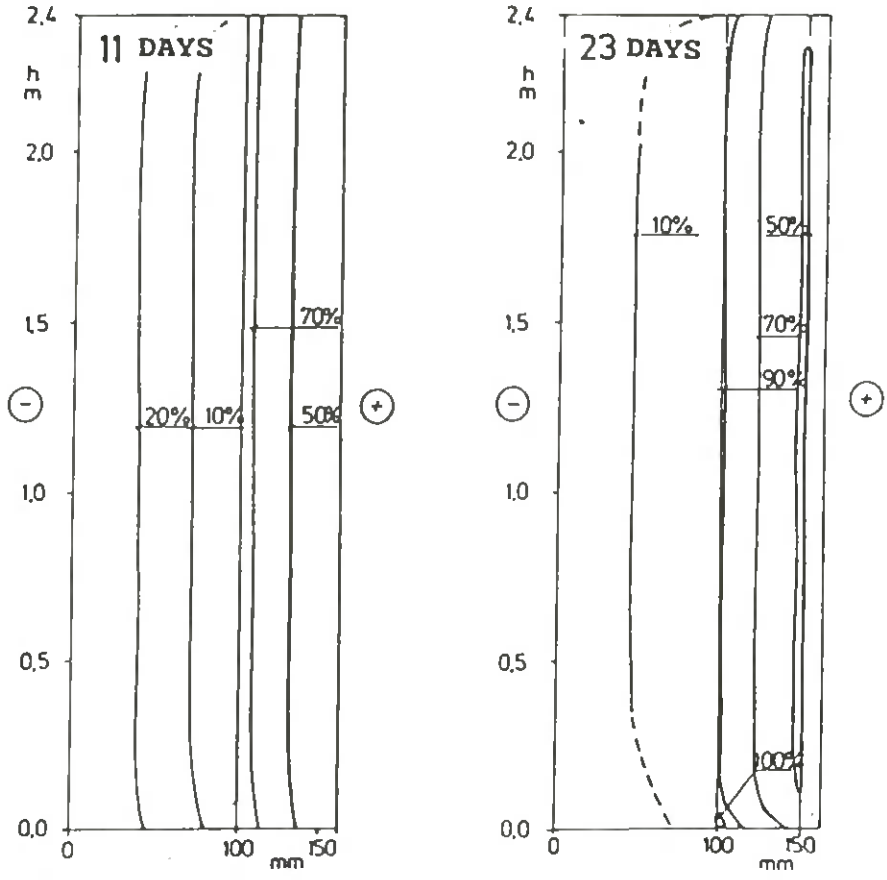


Fig. 15. De beräknade relativa fuktigheterna i en tilläggisolerad väggkonstruktion med en gammal ångspärr inne i konstruktionen.

4. ALLMÄNNA SYNPUNKTER

Konvektion i de praktiska väggisoleringarna

Det syns nästan klart, att både den naturliga och den påtvingade konvektionen i praktiska mineralullisoleringar är allmänna-nästan regelbundet förekommande fenomen - undvikande av vilka är svårt. Både temperatur- och fuktfördelningen i konstruktioner är sensitiva för konvektionen. Effekten på det genomsnittliga värmeflödet kan ha en praktisk betydelse bara i svåra förhållanden eller i konstruktioner av vissa typer.

Med hjälp av provningsmässiga resultat har den uppfattning, att det är ytterst svårt att realisera idealiska konstruktioner, blivit ännu starkare. De konstruktioner, som syns vara nästan fellösa, innehåller olika gränskikt mellan isolerpartiklar samt begränsande materialier, och deras funktionering motsvarar inte idealfallet. Uppenbarligen är konvektionen i verkliga konstruktioner en 3-dimensionell händelse.

Konvektionen blir starkare, då bland annat

- isolertjockleken ökar sig,
- antal av olika gränsskikt och oidealiteter ökar sig i isoleringen och på skyddande skikt,
- täckande materialskiktens permeans ökar sig,
- temperaturskillnaden ökar sig.

Luftgenomsläpplighetens betydelse

En allmän uppfattning är, att permeabiliteten av mineralull har ingen praktisk betydelse på k-värdet, om det är längre än ett känt gränsvärde. Det vill säga att man får glömma permealiteten av de förekommande mineralullprodukterna vid bestömning av λ_p- eller k-värdet. Då det är frågan om väggar, grundar sig denna uppfattning närmast på analys av slutna idealiska isoleringar. Man har dock påpekats att i fallet av en idealisk isolering i

en halvöppen konstruktion eller konstruktioner med en tämligen luftgenomsläpplig skiva är isolermaterialens permeabilitet en påverkande variant, om man tänker på det genomsnittliga värmeflödet.

Dåligt känd är betydelsen av permeabiliteten i en sluten eller annan realistisk isolering. Med andra ord man känner inte permeabilitetens betydelse, då luftgenomsläppliga isolerpartiklar ligger mot olika gränsskikten med små fel och oidealiteter. Hos VTT försöker man forska detta i nära futuren.

Konvektion och fuktfördelning i konstruktioner

Luftströmmarna har en inverkan både på temperatur- och fuktfördelningen i konstruktioner. Problematiken har analyserats bara preliminärt och därför skall man vara försiktig med slutsatserna. Det följande kan möjligen noteras:

- tillväxning av den inre konvektionen betyder en ojämnare fuktfördelning och större lokala skillnader i fukthalten av konstuktion,

- om det finns en tillräckligt tät ångspärr på den varma sidan av värmeisoleringen, orsakar en sedvanlig inneluftens fuktnivå inte någon skadlig fuktsammling inne i konstruktionen; andra fuktkällor kan dock ha betydelse,

- en långtidig övertryck av byggnadens inneluft förenad med en otät byggnadsmantel betyder en risk, ty utåtriktade luftströmmar kan inom en relativt kort tid föra med sig skadliga lokalafuktmängder inne i konstruktionen; också en ångspärr inne i en konvektiv isolering gör en fuktrisk.

Ökade isolertjocklekar - större fuktrisker ?

På grund av finska erfarenheter kan man inte visa någon allmän korrelation enligt den ovanstående frågan. I själva verket har argument av sådan typ inte framställts på allvar i den finska fuktdiskussionen, fastän fuktskaorna inte är sällsynta och de har kartlagts samt analyserats på något sätt.

Konstruktionen fukthalt och dess skadlighet beror på konstruktionens och dess materialiers egenskaper samt på användningsförhållandena. Metoderna för kvantitativa fuktanalyser och för problemernas kompetenta utredning är tillsvidare bristande. I många fall har man varit tvungen att nöja sig med kvalitativa analyser och slutsatser samt särskilt generaliseringarna är då mera eller mindre osäkra. Man skall erkänna, att antalet av påverkande material-, konstruktions- och miljöparameter är högt och fenomena kompliserade.

REFERENSER

Bankvall, C., Byggnadskonstruktioners värmeisoleringsförmåga. Inverkan av luftrörelser och arbetsutförande. Statens Råd för Byggnadsforskning, Rapport T18:1981. Stockholm.

Kohonen, R., Amethod to analyze the transient hygrothermal behaviour of building materials and components. Technical Research Centre of Finland, Publications 21, Espoo, Oct. 1984.

Kohonen, R., Kokko, E., Ojanen, T. & Virtanen, M., Thermal Effects of Air Flows in Building Structures. Technical Research Centre of Finland, Research Report 367. Espoo, Oct. 1985.

Kohonen, R., Kokko, E., Mähönen, T. & Ojanen, T., Vindskydden och mineralullisoleringens luftströmmar. Statens tekniska forskningscnetral, Forskningsrapport 431. Esbo, sept. 1986. (på finska).

Kohonen, R., Fuktens inverkan på konstruktioners värmeflöde. Statens tekniska forskningscentral, Forskningsrapport 471. Esbo, mars 1987. (på finska).

Ojanen, T., Salonvaara, M. Kohonen, R. & Nieminen, J., Fuktrörelse i konstruktioner - beräkningsmetoder. Statens tekniska forskningscentral. Esbo, (på finska, kommer att publiseras 1988).

Kohonen, R., Ojanen, T., Non-steady-state Coupled Diffusion and Convection Heat and Mass Transfer in Porous Media. Paper presented in the 5th International COnference on Numerical Methods in Thermal Problems, Montreal, Canada 1987.

Kohonen, R., Ojanen, T., Coupled Diffusion and Convection Heat and Mass Transfer in Building Structures. Paper presented in the Nordic Symposium of Building Physics, Lund, Aug. 1987.

Kokko, E., Ojanen, T., Karvonen, M.L. & Virtanen, M., Damping of Winds Pressure and Forced Convection in Mineral Fibre Wall Structures. Paper presented in the Nordic Sysmposium of Building Physics. Lund, Aug. 1987.

Virtanen, M., Kohonen, R., Thermal Coupling of Leakage Flows and Heating Load of Buildings. Paper presented in the Nordic Symposium of Building Physics. Lund, Aug. 1987.

FUKT

FUKT- OCH VÄRMETEKNISKA EGENSKAPER HOS HÖGISOLERADE KONSTRUKTIONER
- ERFARENHETER FRÅN TRÄTEKPROJEKT

Ulf Bergström, LB-Hus

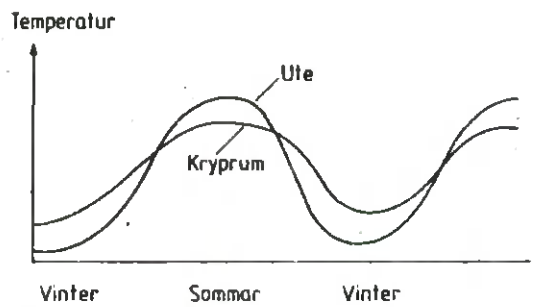
ABV

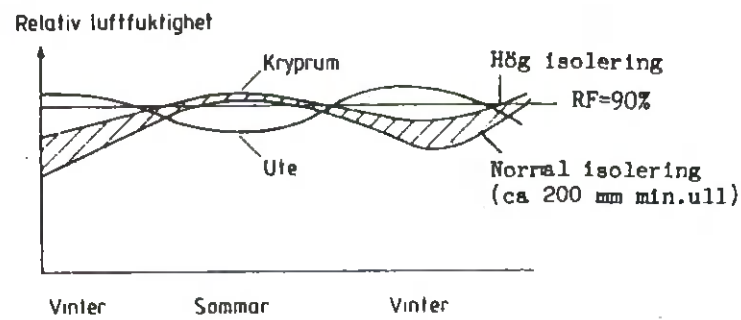
92

TRÄHUSDAGEN 1988

FUKT - OCH VÄRMETEKNISKA EGENSKAPER HOS HÖGISOLERADE KONSTRUKTIONER

ERFARENHETER FRÅN TRÄTEK - PROJEKT





8

22 SEPT 1988

ULF BERGSTRÖM

98.003.3

93
~~6~~

Ulf Bergström
1988-09-22

FUKT- OCH VÄRMETEKNISKA EGENSKAPER HOS HÖGISOLERADE KONSTRUKTIONER.

ERFARENHETER FRÅN TRÄTEKPROJEKT.

Redan under den tid då nuvarande Trätek hette Träförädlingsbyrån genomfördes ett antal projekt inom ämnesområdet. Ex-vis:

- TRÄPANEL DIREKT MOT VINDSKYDD
  Rapport 1979 Ulf Bergström

- FUKT- OCH TEMPERATURBEROENDE RÖRELSER I SMÅHUSTRÄSTOMMAR
  Rapport 1981 Ulf Bergström

Sedan Trätek bildats har arbetet fortsatt med bl a:

- DIFFUSION I BJÄLKLAGSKANT
  Rapport 1982 Ulf Bergström

- TRÄ OCH FUKT
  Referat 1984 Sture Samuelsson et al

- TRÄHUSDAG 1984. YTTERTAK UTAN LUFTSPALT. FUKTMÄTNINGAR I SPÅNSKIVOR OCH HÖGISOLERADE KONSTRUKTIONER.
  Rapport 1984 A Elmroth U Bergström m fl

- KRYPRUM I TRÄHUS.
  Rapport 1986 Sture Samuelsson Björn Bergström.

8
98 003 3

ABV

94

- ATT BYGGA TORRT

  Rapport 1986 Tore Hansson

- TRÄHUSDAG 1986. BL A MÄTRESULTAT AV HÖGISOLERADE YTTERVÄGGARS EFFEKTIVA K-VÄRDE.

  Rapport 1986

- TJOCK ISOLERING OCH SKIVOR.

  Rapport 1987 Sture Samuelsson

- FUKT I HÖGISOLERADE TRÄHUS.

  Rapport 1987 Anders Lindskog Robert Roos

- KRYPGRUNDER KAN FÖRBÄTTRAS.

  Rapport 1987 Lars Andersson Sture Samuelsson

- BESTÄMMA FUKT I INBYGGT VIRKE.

  Rapport 1987 Tore Hansson

- TRÄHUSDAG 1987. INVERKAN AV TÄTHET, ISOLERING OCH VENTILATION PÅ ENERGIÅTGÅNG OCH RISK FÖR FUKTSKADOR.

  Rapport 1987 Christer Harrysson Knut-Olof Lagerkvist Ulf Bergström Stig Johansson.

- TRÄ OCH FUKT. DOKUMENTATION FRÅN TRÄTEKS INTERNA SEMINARIUM.

  Rapport 1988 L-E Nevander Sture Samuelsson Ulf Bergström Tore Hansson.

98.003.3

Som synes av sammanställningen av avslutade och pågående projekt har en mängd projekt genomförts eller är under arbete i Träteks regi. Många av projekten har också inspirerat andra organisationer att forska inom detta område.

I föredraget kommer jag att mycket snabbt beröra några av projekten. Urvalet har inte något med angelägenhetsgrad eller kvalitet att göra, utan de är huvudsakligen valda för att jag är mest insatt i de projekt jag visar.

8

98 003 3

AV ABV
96
Ulf Bergström

FUKT I YTTERVÄGGAR, KRYPGRUNDER OCH TAKKONSTRUKTIONER

Fuktproblem förekommer i alla typer av byggnader.

Statistik från Sverige och andra länder visar att ca 30% av alla byggnader har någon form av fuktproblem.

Marginalerna är också små då det gäller problem som hänger ihop med fukt, mögel och röta. Till synes små ändringar i konstruktioner och installationer kan göra att man kommer över den kritiska gränsen.

Många fuktproblem beror också på bristande kunskap om fuktmekanik och fuktegenskaper hos olika material och ibland även på obetänksamhet och slarv.

Vi har i Sverige satsat mycket målmedvetet på energisparande och är internationellt ledande inom detta område.

Det får dock inte göra oss blinda för att vi skaffat oss större problem på fuktsidan, exvis:

- Ökad isolering höjer fuktkvot och RF i de yttre delarna av klimatskalet.
- Ökad täthet kan ge fuktproblem.
- Ändrad ventilation kan påverka fuktbalansen.

NÅGRA EXEMPEL PÅ AKTUELLA PROJEKT?

Fukt i högisolerade konstruktioner

- Ytterväggar
- Krypgrunder
- Oinredda ovanvåningar.

I samtliga dessa konstateras höjda fuktkvoter och höjda RF jämfört med tidigare normala konstruktioner. Fuktmekanismen är dock olika, varför bedömningar och åtgärder delvis skiljer sig för de olika konstruktionsdelarna.

Normalt brukar man anse att fuktkvoten i trä inte bör vara högre än 17 - 20 %. I högisolerade konstruktioner har vi uppmätt betydligt högre fuktkvoter under normala förhållanden.

Ett par projekt har också genomförts beträffande

Fuktrörelser

I exvis byggnader med trästomme kan fuktrörelserna ofta bli så stora att problem uppstår om inte konstruktionen utformas på rätt sätt.

Även skivmaterial på oinredda övervåningar kan få mycket stora rörelser av fuktpåverkan - upp till 50 mm har uppmätts i normala småhus.

Andra problem kan hänga ihop med
Täthet och ventilation

Tätheten är naturligtvis viktig för energiförbrukningen och ventilationsfunktionen med s k balanserad FT- (från- tilluftventilation) eller FTX-ventilation (från- tilluftsvärmeväxlare). Men då tätheten ökar blir man också beroende av att ventilationen verkligen fungerar på avsett sätt.

Ventilationens inbalansering i byggnaden är mycket viktig då ex.vis invändigt övertryck kan få allvarliga följder för fuktförhållandena i byggnadens ytterhölje.

I fortsättningen kommer jag att närmare gå in på resultatet av projekten och lämpliga åtgärder för att undvika problem.

RESULTAT AV FUKTMÄTNINGAR I HÖGISOLERADE KONSTRUKTIONER

Långtidsmätningar har gjorts på färdiga byggnader på olika håll i landet.

Mätningarna var först huvudsakligen inriktade på ytterväggar och syftade till att klargöra skillnaderna i fuktpåverkan vid olika isolertjocklekar.

De resultat som då kom fram (se diagram 1 och 2) gav anledning till fortsatta undersökningar även i tak- och krypgrundskonstruktioner, resultat från dessa undersökningar (se diagr 3 Och 4)

I samband med att systematiska mätningar i fält påbörjades, började också en del rapporter strömma in om skador i samband med spånskivegolv på oinredda övervåningar, men också i varma utrymmen.

Dessa skador var huvudsakligen beroende på fuktrörelser och deformationer i spånskivorna, men även mögelangrepp har kostaterats i några fall.

Högisolerade ytterväggar

Av diagram 1 framgår klart sambandet mellan fuktkvot och isolertjocklek. Ökad isolertjocklek ger ökad fuktkvot i de yttre delarna av konstruktionen, en s k fuktgradient uppstår. Tidigare har man i allmänhet nöjt sig med att bedöma fuktförhållandena inuti en ytterkonstruktion genom konventionell diffusionsberäkning.

Vid isolertjocklekar under 150 - 200 mm ligger värdena på uppmätt fuktkvot (15 - 16%) ungefär vid de beräknade, medan däremot den uppmätta fuktkvoten för samma tid vid 340 mm isolertjocklek (20 - 21 %) ligger avsevärt över de förväntade värdena (17,8 %) vid denna tidpunkt.

Man kan uppenbarligen inte använda en så enkel metod för beräkning av fuktförhållandena i högisolerade konstruktioner. Man kan också konstatera att fukten i sådana konstruktioner är så hög att man är mycket nära gränsen för fukt- och mögelproblem. Det behövs bara små fel i utförande eller konstruktion för att problem skall uppstå.

Krypgrunder

De utförda mätningarna visar att man i krypgrunderna kan komma nära och till och med över, de fuktförhållanden som anses vara riskabla,
Detta kombinerat med att man i krypgrunden samtidigt har hög temperatur och hög luftfuktighet gör att speciell försiktighet måste iakttas. Det är viktigt att hindra markfukten att komma upp i kryputrymmet och det är mycket viktigt att se till att ventilationen i krypgrunden fungerar väl. Om man vill vara förutseende kan man redan då huset byggs dra en ventilationskanal upp över tak från krypgrunden. Om tjockleken på värmeisoleringen i krypgrundsbjälklaget ökas, ökar också riskerna för fukt och mögelproblem avsevärt.

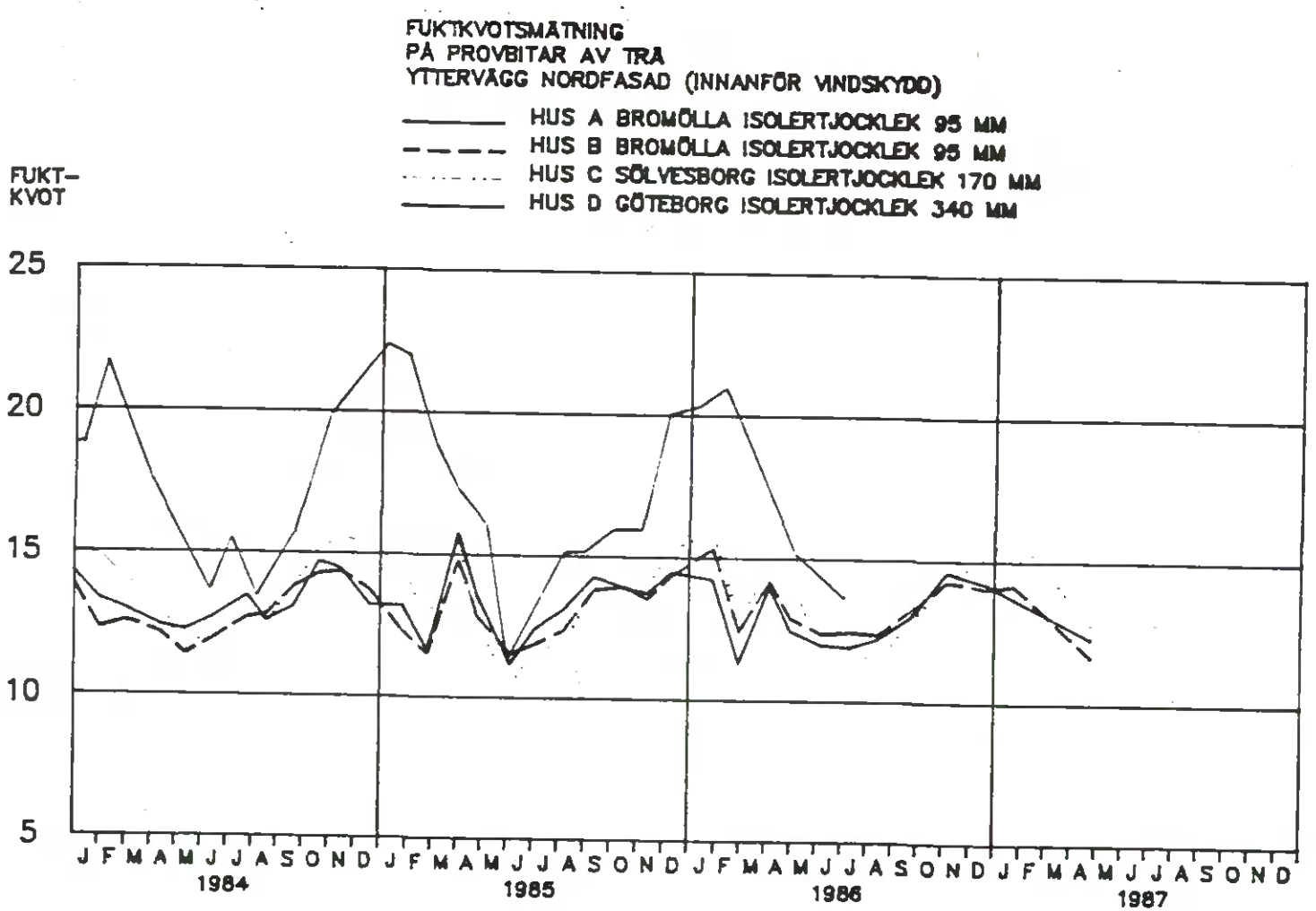
Oinredda ovanvåningar och takkonstruktioner

I de bostadshus som byggs i dag har man i allmänhet mycket tjock värmeisolering på oinredda ovanvåningar

och i oisolerade takkonstruktioner överhuvud taget. Det är relativt billigt att öka isoleringen i dessa konstruktioner.

I våra projekt har vi följt några hus med varierande isolertjocklekar fr 220 mm och uppåt till 470 mm.

Det är av mätningarna uppenbart att alltför tjock isolering inte är gynnsam ur fuktsynpunkt. Genom att så lite värme läcker genom konstruktionern har man tidvis ett klimat ovan värmeisoleringen som motsvarar ytterklimatet (d v s RF kring 90% vintertid). Ibland kan RF också bli högre än utomhus. Av bifogade diagram 5 framgår att hög fuktkvot i trä och skivmaterial kan kvarstå till långt fram på våren. Detta kan ge upphov till mögelskador. Man har t o m i något område fått riva ut alla spånskivegolv på de oinredda ovanvåningarna. I en del fall har man också mätt upp mycket höga fuktkvoter i trä och spånskivor i denna typ av konstruktioner. Troligen beror det på läckage genom bjälklaget p g a övertryck i underliggande våning.

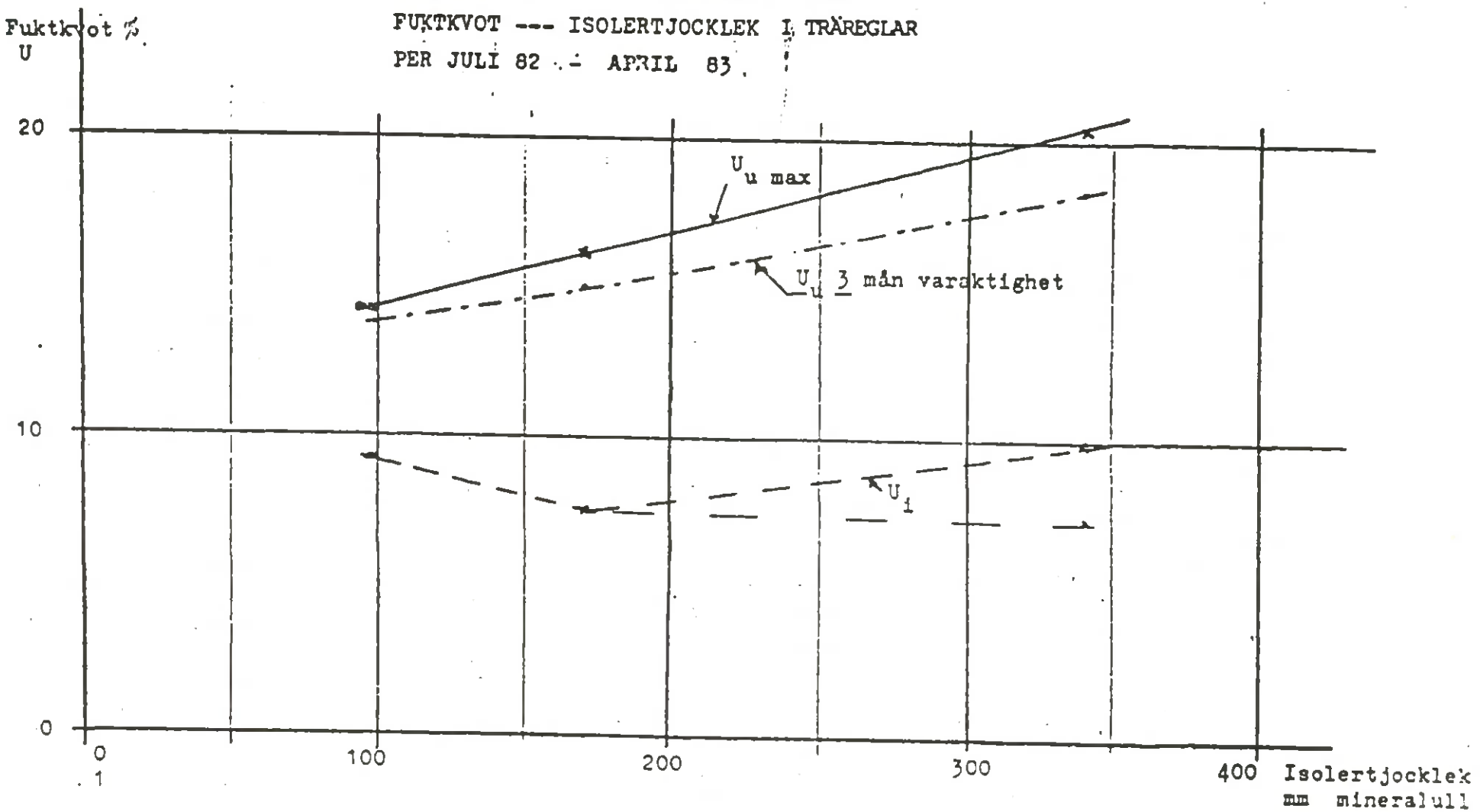

FUKTKVOTSMÄTNING
PÅ PROVBITAR AV TRÄ
YTTERVÄGG NORDFASAD (INNANFÖR VINDSKYDD)
HUS A BROMÖLLA ISOLERTJOCKLEK 95 MM
HUS B BROMÖLLA ISOLERTJOCKLEK 95 MM
HUS C SÖLVESBORG ISOLERTJOCKLEK 170 MM
HUS D GÖTEBORG ISOLERTJOCKLEK 340 MM
FUKT-
KVOT
25
20
15
10
5
J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D
1984
1985
1986
1987

Diagr 1.

YTTERVÄGGAR SYD- OCH VÄSTSVERIGE

FUKTKVOT --- ISOLERTJOCKLEK I TRÄREGLAR

PER JULI 82 - APRIL 83

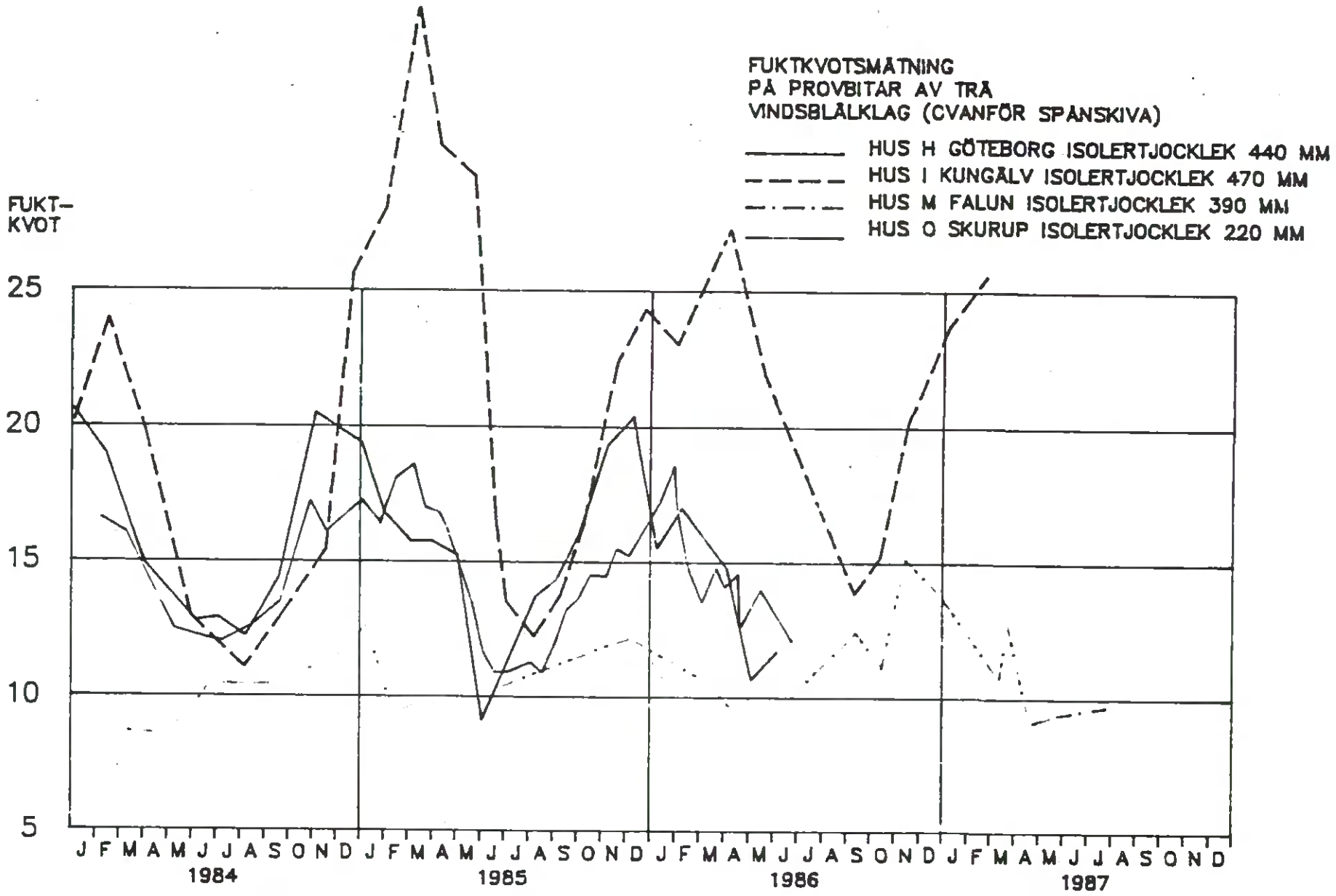


TRÄREGLAR

U Bergström

Diagram 2

103


FUKTKVOTSMÄTNING
PÅ PROVBITAR AV TRÄ
VINDSBLÅLKLAG (OVANFÖR SPÅNSKIVA)
HUS H GÖTEBORG ISOLERTJOCKLEK 440 MM
HUS I KUNGÄLV ISOLERTJOCKLEK 470 MM
HUS M FALUN ISOLERTJOCKLEK 390 MM
HUS O SKURUP ISOLERTJOCKLEK 220 MM
FUKT-
KVOT
25
20
15
10
5
J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D
1984
1985
1986
1987

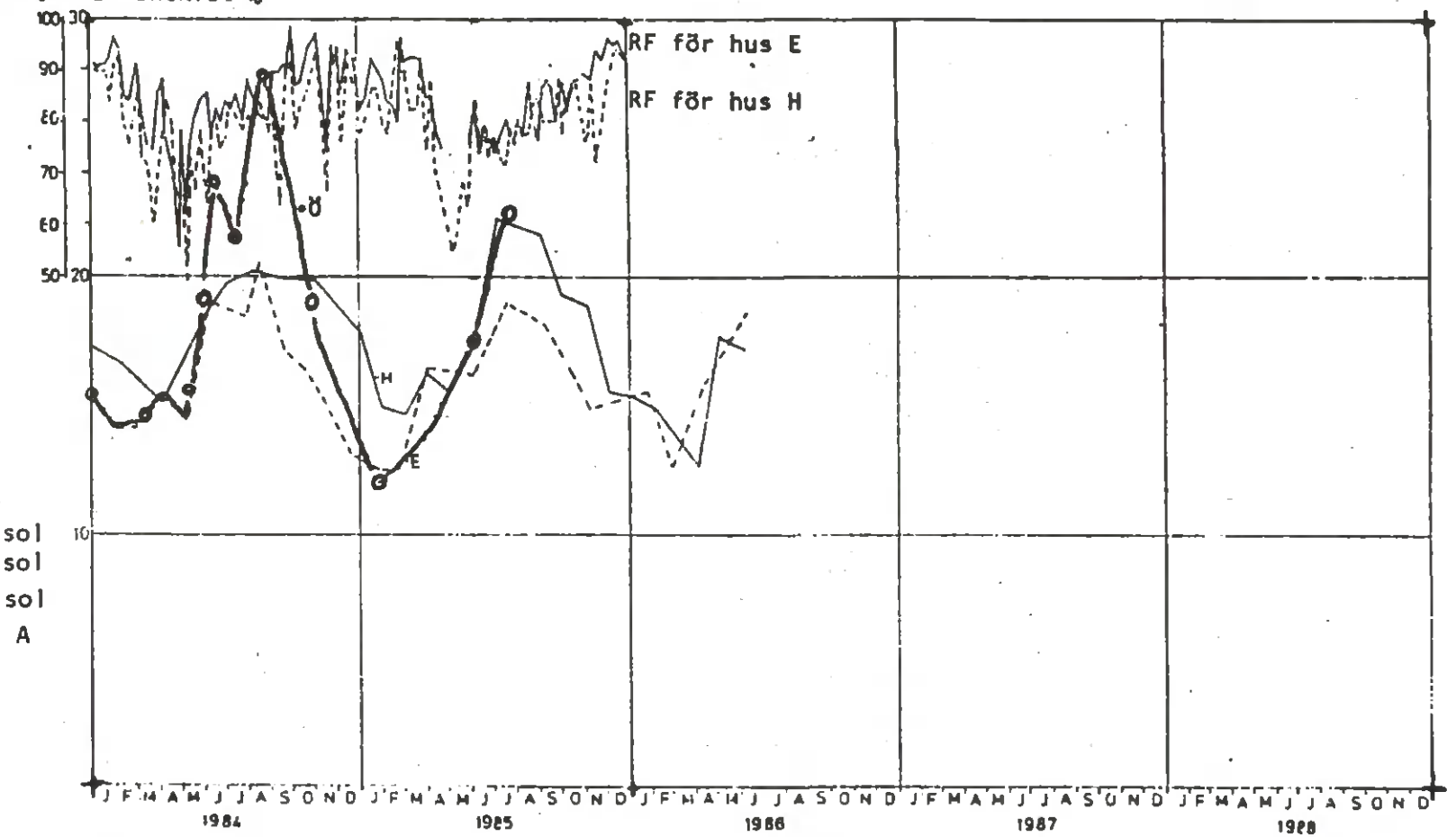
Diagr 3.

BOTTENBJÄLKLAG

RF-utomhus enl.
SMHI veckom.v %

u=fuktkvot %

Hus E beläget i Skåne, hus H & Ö i mellan Sverige.



Hus E 195mm isol
Hus H 220mm isol
Hus Ö 400mm isol
Samtliga kval A

Uppmätt fuktkvot enl. torrviktsmetoden på trä i underkant på bottenbjälklag

Diagr 4.

86-08-29, NT

105

FUKTRÖRELSER OCH MÖGELPROBLEM I SKIVMATERIAL VID HÖGISOLERADE KONSTRUKTIONER

Som tidigare nämnts har en del problem uppstått med spånskivor och fukt.

Spånskivor på varma sidor av krypgrundbjälklag och på oinredda övervåningar

Det har förekommit att spånskivorna plötsligt spruckit tvärs över hela bjälklaget. Ibland två sprickor i hus med bara 10-11 m längd. Sprickorna har ej uppstått i spånskiveskarv utan mitt emellan golvbalkarna och tvärs hela huset.

Tidigare har det någon gång hänt att man i hus med längder på 14-15 m fått en sådan spricka, men sällan vid kortare hus.

Misstankar har uppstått att man förändrat skivornas egenskaper i samband med ändrad tillverkning, limning e d. Möjligen är detta en följd av önskan att undvika formaldehyd etc.

För att få ett grepp om dessa frågor har vi gjort en del enkla långtidstester på olika fabrikat och kvaliteter av spånskivor, som finns på marknaden i dag. Proverna har utförts i ABV-koncernens fuktlaboratorium på LB-Hus, med bidrag från SBUF.

En serie mätningar omfattar ett antal prover av olika fabrikat och kvalitet. Skivorna har lagts upp på två rörliga stöd med ett avstånd av ca 1600 mm. Skivorna har under en längre tid utsatts för varierande RF, mellan 40 och 80%, i några cykler i slutet av försöket upp till 90%. Som last har endast skivornas egenvikt fått verka. Skivornas nedböjning mitt emellan stöden har hela tiden mätts upp. Slutresultatet efter 900 dagar och 14 cykler har varierat mellan 40 och 95 mm för de olika fabrikaten och kvaliteterna.(se diagr 5.)

Mätningar har också gjorts på likartade provelement och under samma tid för att undersöka skivornas längdändring under periodiskt varierande fuktförhållanden. Även i detta fall kan konstateras stora skillnader mellan olika fabrikat och en del uppvisar hysteresfenomen av speciellt slag i det de successivt blir allt längre för varje fuktcykel. Alla skivorna har kvarstående deformation efter uppfuktning. (se diagr 5.)

För de bästa skivorna har längdändringen varit max nära 2 promille och för de sämsta drygt 4 promille.

Dessa undersökningar förklarar en del av de problem med spruckna undertak och utskjutna gavelspetsar som observerats.

Översatt till förhållandena på en oinredd övervåning i en byggnad med 15 m längd betyder detta att man teoretiskt kan förvänta sig längdutvidgning på 30 - 60 mm för V313 skivor resp de sämsta standardskivorna. I verkligheten har vi mätt upp max 50 mm under det att tillverkarnas anvisningar anger ca 15 - 30 mm för standardspånskivor under dessa förhållanden.

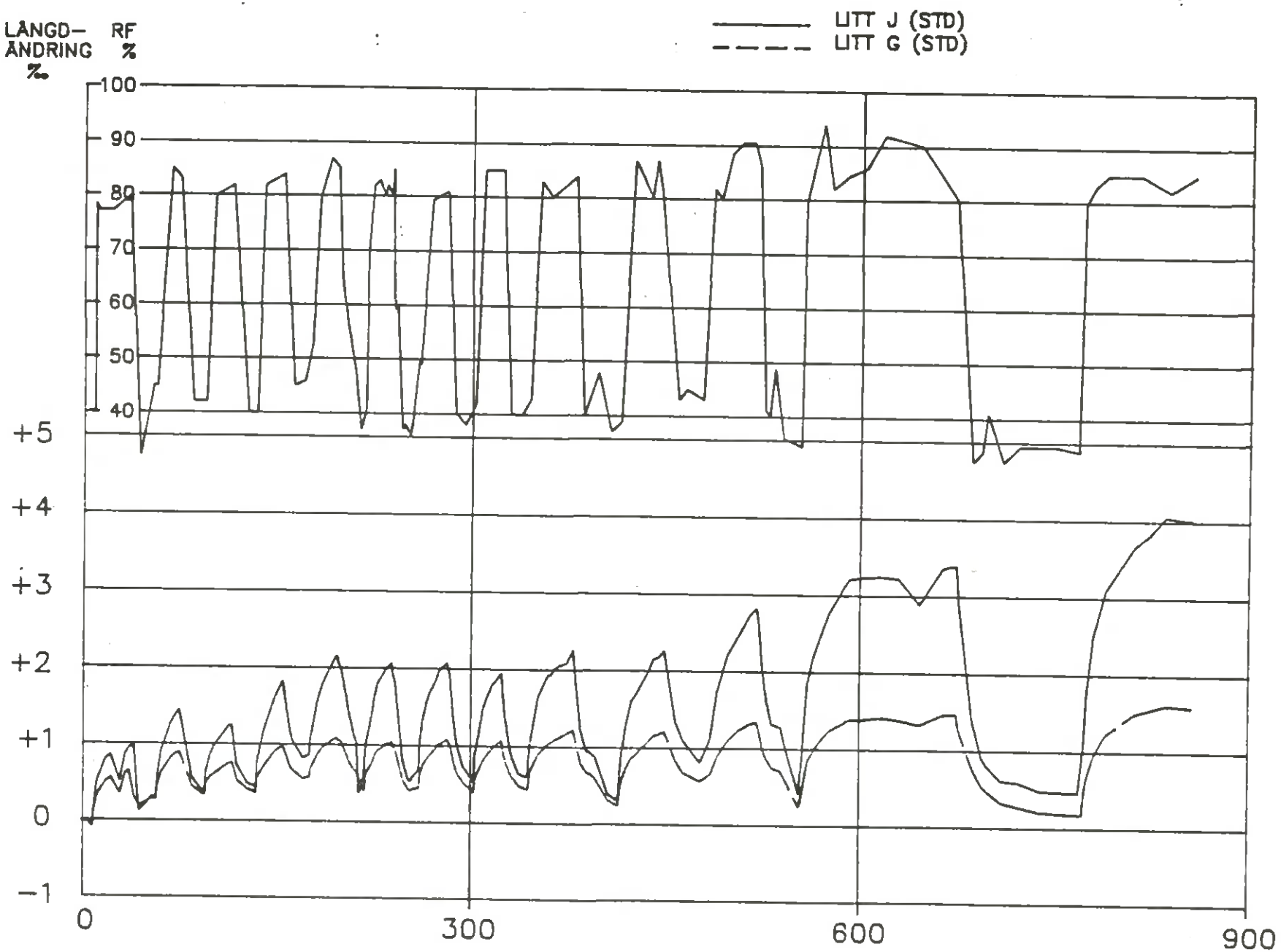
På oinredda övervåningar bör över huvud taget inte vanliga golvspånskivor användas, då limmet i dessa kan börja förändras vid 60 - 70% RF, och man på högisolerade vindar tidvis har RF omkring 90% och mer. Dessa höga RF-värden ger stora längdändringar i skivorna och har också i några fall gett upphov till mögel på spånskivornas undersida och i fogarna.

Undersökningarna kan också ge en förklaring till problemen med de spruckna spånskivorna i krypgrundsgolven. Egenskapsspridningen på olika fabrikat av spånskivor är betydligt större än man kan ana av de specifikationer som tillhandahålles. Man redovisar över huvud taget inte vissa egenskaper av stor betydelse för spånskivornas rätta användning. En skärpning har begärts från spånskivefabrikanterna. De som tillhandahåller produkter med mindre goda egenskaper måste snarast ändra sin tillverkning, så att problemen elimineras.

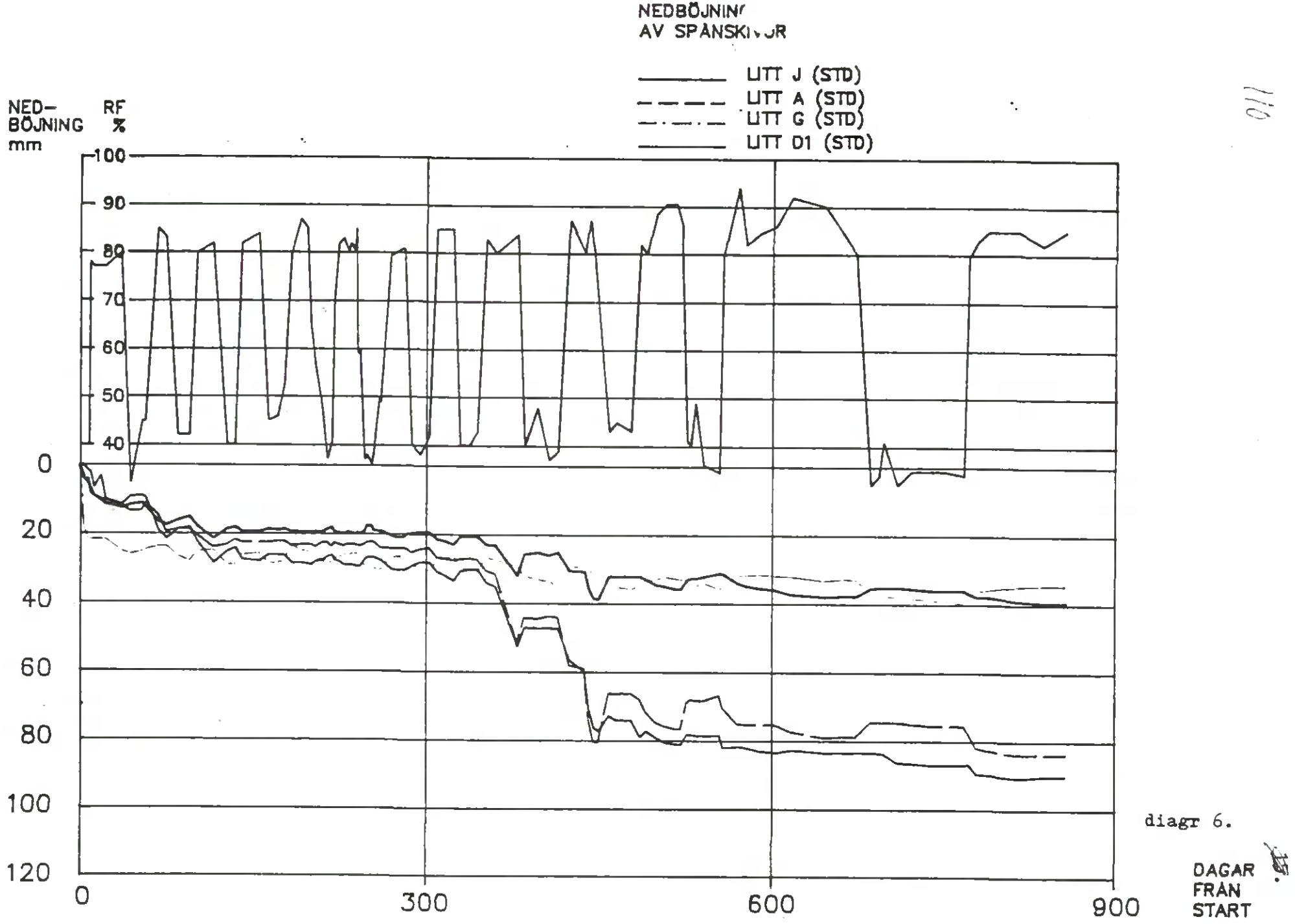
För oss som byggare är det också klart otillfredsställande att tillverkarna sällan informerar oss då de ändrar sina produkter - och kanske ofta själva inte vet om alla ändringar i egenskaper som först så småningom avslöjas vid reklamationer på några år gamla hus.
Hade vi i tid fått information om de ändrade egenskaperna hade vi kunnat ändra våra konstruktioner.

Om spånskivor används på kalla oinredda ovanvåningar eller överhuvud taget på den kalla sidan av en värmeisolerad konstruktion måste man göra ordentliga rörelsefogar om 2 à 3 mm/m då V313 skivor används och ca 5 mm/m då standardskivor används. Standardskivor bör dock enligt ovan undvikas.
Det är också viktigt att spikningen mot trästommen göres på sådant sätt att spånskivans rörelser inte kan skada andra byggdelar.

LÄNGDÄNDRING
AV GOLVSPÅNSKIVOR



Diagr 5.


NEDBÖJNING
AV SPÅNSKIVOR
LITT J (STD)
LITT A (STD)
LITT G (STD)
LITT D1 (STD)
NED-
BÖJNING
mm
RF
%
100
90
80
70
60
50
40
0
20
40
60
80
100
120
0
300
600
900
DAGAR
FRÅN
START

diagr 6.

TRÄ, FUKT OCH MÖGEL.
SAMMANSTÄLLNING AV NÅGRA INTRESSANTA PÅGÅENDE OCH AVSLUTADE PROJEKT. FRAMKOMLIGA VÄGAR

Johnny Bjurman, Sveriges Lantbruksuniversitet

112

TRÄ, FUKT OCH MÖGEL - FRAMKOMLIGA VÄGAR.

Tillämpa kända fakta!

Fuktskador och därav följande mögelproblem i våra hus kostar varje år flera hundra miljoner kronor. (Försäkringsbranschens kostnader för vattenskador uppgick 1986 till 1,4 miljarder). Flera av dessa problem kan utan tvekan undvikas utan stora kostnader om existerande kunskaper tillämpas av leverantörer, konstruktörer-arkitekter, byggfirmor och brukare. Statistiken när det gäller fukt och mögelskador var sannolikt inte heltäckande när det gäller situationen före de senaste decennierna. Det är därför svårt att säga något om den totala ökningen av antalet mögelskadade hus. Mycket har dock hänt de senaste årtiondena som har minskat säkerhetsmarginalerna betydligt. Detta ställer större kunskapskrav på alla i branschen inblandade parter. De på oljekriserna följande ökade energikostnaderna har pressat fram krav på ökad isolering. Detta gör en stor del av konstruktionen mycket svårventilerad. Ångspärrar appliceras för att hindra ångdiffusion och därav följande risk för kondensation inne i väggarna. Ånga är inte den enda tänkbara fuktkällan. Uppfuktning av konstruktionen under byggtiden, läckande rör, inte minst anslutningar till tvätt- och diskmaskiner, läckande tak mm kan ge runt 100% RH under lång tid. En viktig fråga är här översyn respektive reparation - utbyte av material i relation till livslängd hos materialet. En svårighet är här den snabba introduktionen av nya alternativa material och kombinationer av material som nya plastmaterial i slangar, våtrumstapeter, limtyper i fogar m.m som ännu ingen har tillräcklig erfarenhet av. I kombination med ångspärrar ger dessa fuktkällor ytterligare förlängd våttid med uppenbar risk för mikrobiell tillväxt. Ventilationen dvs antalet luftombyten per tidsenhet har minskat i många moderna hus. Ibland användes sk balanserad ventilation för att förhindra över- eller undertryck i husen. Utan regelbunden översyn av sådana system blir följden ofta "obalanserad" ventilation med t ex övertryck i huset som ger ökad risk för att ånga trycks ut i väggarna och kondenserar där.

Marknära delar av huset, kryprum och platta på mark drabbas oftare än andra delar av huset av mögelproblem. Markfukt är oftast orsaken till mögelproblem i dessa delar av huset. En plastfilm på marken kan ofta förbättra situationen i kryprummet. Den primära åtgärden måste dock vara att bygga på väldränerad mark.

Problemtyper

Beteckningen mögelhus används oftast mer eller mindre vårdslöst utan att närmare definiera vad problemen består av. Oftast används beteckningen för att karaktärisera ett hus som till följd av mikrobiell tillväxt i någon del av konstruktionen har erhållit obehaglig lukt. I andra fall tillämpas beteckningen på ett hus där mögel (eller blånadssvampar) växer på fasadmaterialet och där ger estetiska problem eller färgvidhäftningsproblem. Ibland används betckningen även om hus där man fått mögeltillväxt i ett badrum med intakt väggbeklädnad. Det är klart att preventiva åtgärder och saneringsåtgärder måste vara mycket olika för dessa olika typer av problem.

Materialberoende

I miljöer där fuktigheten inte säkert kan hållas låg kan val av trä eller träbaserade material vara betydelsefullt. Stora variationer i tillväxt av mögel på olika trä och träbaserade material har konstaterats i olika studier.

Träbaserade skivor

I en studie 1987 jämfördes ytlig tillväxt av mögel på olika skivmaterial vid 100 % RH. Det visade sig då att man i stora drag kan säga att spånskivorna möglade fortast, därefter kom fiberskivorna och sedan plywoodskivorna. Man kan också säga att skivor som på ett eller annat sätt behandlats med färg eller svamphämmande medel bättre motstod mögelangrepp. Bland fiberskivorna fann vi att asfaltboarden, en porös obehandlad skiva och en hård oljehärdad skiva var något känsligare än andra för både mögel och blånad. Bland spånskivorna var björkspånskivan och lamineringsämne E1 mest känsliga. Båda dessa skivor var formaldehyd reducerade med urea och paraffin. En något annan rangordning kan möjligen erhållas om inte bara den ytliga tillväxten registreras.

Det är inte möjligt att dra säkra slutsatser om betydelsen av olika tillsatser i skivmaterialen såsom träslag eller limtyp utifrån en studie på kommerciellt tillgängliga skivor. I en pågående studie framställs därför skivor laboratoriemässigt med kontrollerade tillsatser av trärråvara och olika limtyper. Denna studie syftar till nya mögelsäkrare skivtyper.

114

Skyddad lagring av virke är nödvändigt!

I försök inom ramen för de inledande mikrobiellt inriktade projekten inom STUs program trä och fukt har resultat framkommit som tydligt visar att man under olämplig lagring av sågade trävaror drastiskt kan försämra virket i riktning mot ökad känslighet för mögelangrepp. I ett lagringsförsök med ett homogent tallsplintmaterial visade det sig att under lagringen hade virket på vissa sågverk redan erhållit ytlig tillväxt av missfärgande svampar. Då virket senare ympades med mögelsvamp visade det sig att virket som lagrats idealt var mindre benäget att angripas av mögelsvamp.

Virkesprover som ympats artificiellt med den vanliga blånadssvampen Aureobasidium pullulans i laboratoriet erhöll ökad mögelbenägenhet. En ökad lukt kunde noteras från denna typ av virke i förhållande till opåverkat virke efter ympning med en mögelsvamp.

Resultaten indikerar alltså att man kan erhålla en ökad mögelbenägenhet i virke som genom olämplig lagring erhållit mikrobiella angrepp. Annan påverkan på virket under lagring än mikrobiella angrepp kan också leda till ökad mögelbenägenhet. Indikationer finns t ex på att UV-ljus påverkan kan förändra träytan mot ökad mögelbenägenhet.

Ett problem idag är nuvarande sorteringsregler för sågade trävaror där samma klass innehåller virke som nedklassats av så olika anledningar som kvistförekomst och blånadsangrepp.

Sammanfattningsvis kan sägas att omsorgsfull virkesvård är nödvändig för att inte kvaliteten på virke skall försämras mot ökad möglingsbenägenhet.

Fukt och temperaturberoende

Utan tvekan är faktorerna fukt och temperatur i kombination viktiga för mögelutvecklingen. Flertalet hittills utförda studier av mögelutveckling på trämaterial har genomförts vid konstanta temperaturnivåer under hela försöksperioden. På detta sätt har man kunnat ange en sannolik nivå under vilken mögelutveckling knappast kan ske. Den mögelsvamp som har konstaterats ha den lägsta fuktighetströskeln är Aspergillus echinulatus som har visats gro vid 65 % RH. Detta är en nivå som det är omöjligt att undvika i många delar av ett hus, åtminstone under delar av året. Denna svamp är inte säkert påvisad växande på

trämaterial. 85% RH under lång tid har emellertid visats kunna ge viss tillväxt på trämaterial. Tillväxt vid denna fuktighet har inte kunnat visas ge upphov till luktproduktion och sporbildningen hos mögelsvampar kan i allmänhet inte ske vid dessa fuktigheter.

I den praktiska situationen i t ex krypgrunder och på vindar har man däremot inte konstanta betingelser. Parametrarna temperatur och relativ fuktighet varierar under dygnet och över året. Anderson & Samuelsson beskriver typfallet i en uteluftventilerad krypgrund. Man får där hög relativ fuktighet under sommaren. Genom att uteluften innehåller högre absolut fuktighet då. När denna luft förts in i kryprummet med dess lägre temperatur ger detta en hög relativ fuktighet samtidigt som temperaturen är förhållandevis hög. Den kritiska perioden för mögeltillväxt är därför i denna del av huset, sommarhalvåret.

Det är emellertid inte betydelselöst vilken kombination av fuktighet och temperatur som förekommer under vinterhalvåret eller under de perioder av sommarhalvåret då fuktigheten är för låg för att tillåta tillväxt. En viktig fråga som vi kommer att studera i ett nystartat projekt inom STUs ramprogram trä och fukt är i vilken utsträckning man kan addera perioder av för mögeltillväxt gynnsamma kombinationer av fukt och temperatur.

Faktorer som påverkar detta skeende är förutom kraven på tillväxt också överlevnad av sporer och mycel under perioder då mögeltillväxten avstannat. Tidigare försök indikerar att avdödandet av sporer sker snabbast vid fuktigheter nära undre gränsen för groning. Vid lägre fuktigheter kan sporerna kanske överleva och kan därvid återsmitta materialet vid förnyade gynnsamma tillväxtbetingelser. Cykliska temperatur-och fuktförändringar kan kanske ge helt andra toleransnivåer när det gäller fukt. Om så är fallet skulle det kanske kunna användas för att höja godtagbar medelfuktnivå.

Luktproduktion

Utöver de åtgärder som behöver genomföras för att stoppa vidare tillväxt av mikroorganismer i den drabbade delen av huset ger mögellukten upphov till ett behov av omfattande sanering även av delar av huset där mikrobiell tillväxt inte skett. Det är känt från tidigare studier att olika mögelarter kan producera flera ämnen med unken lukt. Flera andra mindre obehagliga ämnen är identiska med

smakämnen i hattsvampar. Några ämnen med obehaglig lukt är Dimetylpyrazin, 2-metoxy-3 isopropylpyrazin, fenetylalkolhol, metylisoborneol, Geosmin. Många av dessa ämnen kan ha andra källor än mögelsvampar. Dimetylpyrazin har påvisats i flera livsmedel bl a i potatisprodukter, kaffe, popkorn, rostat korn, biffsojaprotein (hydrolyserat). Fenetylalkohol har påvisats i olika ätliga hattsvampar. Metylisoborneol har t ex visats bildas även av en blågrön alg. Geosmin är en vanlig metabolit hos aktinomyceter, 2 -metoxy 3 isopropylpyrazin har rapporterats funnen i gröna ärtor och i fisk där den sannolikt produceras av en bakterie, samt i vissa mikroorganismer tillhörande gruppen streptomyceter. Pyraziner kan också bildas (icke metaboliskt) som en kondensationsprodukt av kolhydrater och aminosyror, sura betingelser ger lägre mängd. Basiska betingelser ger möjlighet till bildning av större mängder. Det är emellerid sannolikt att en metabolisk bildning kan ske i vissa organismer. Luktröskeln, dvs med näsan detekterbar mängd, är för pyraziner ofta mycket låg. Substanser med 8 kolatomer kan bildas genom aktiviteten av lipoxyoxgenas från omättade fettsyror. 2- metylisoborneol bildas troligen från mevalonat och är terpenrelaterad. Luktbilden när det gäller mögel på trämaterial kompliceras, då mögelproduktionen är liten av att trämaterial har en utpräglad egenlukt, som kan vara tillräcklig för att undertrycka mögellukt, som den uppfattas med näsan.

Låg temperatur befrämjar luktproduktionen?

Luktproduktionen är uppenbarligen inte en konstant egenskap hos en viss mögelart. I ett nyligen avslutat projekt studerade vi bl a luktproduktionen hos svampen Chaetomium globosum som är en känd producent av bl a Geosmin. Vi konstaterade att luktproduktionen uppvisade olika mönster relaterade till omgivningsfaktorer och substrat. Vid högre temperaturer producerade svampen Geosmin enbart på vissa medier. En tydlig champinjondoft kunde däremot registreras på andra medier vid samma temperatur. En tydlig effekt av kvävehalt kunde noteras. Vid låg temperatur, 10°C, luktade svampen mögel oberoende av testade medier. Låg temperatur medförde en i tiden utdragen produktion av mögellukt. Om detta gäller generellt för olika mögelarter som kan producera Geosmin bör risken för produktion av Geosmin vara störst i miljöer med förhållandevis låga temperaturer, som i krymprum.

I en annan delstudie registrerade vi produktion av unken lukt under inverkan av ökad kopparhalt, en viktig komponent i CCA-medlen. Studien uppvisade minskad tillväxt av svampen och också minskad luktproduktion. I de fall då stark mögellukt korrelerats med t ex impregnerade syllar kan eventuell luktproduktion snarare bero

på att impregnerat virke ofta byggs in fuktigt och att mögel utvecklas i omgivande material.

Nytt luktprojekt

I ett nystartat projekt inom STUs ramprogram trä och fukt kommer vi i samarbete med Analytisk kemiska institutionen vid Stockholms Universitet att studera produktion av mögellukt i samband med tillväxt av mögel på olika byggnadsmaterial under inverkan av olika miljöbetingelser. Av speciellt intresse är här att klarlägga vilken eller vilka substanser som vanligen är korrelerade med obehaglig mögellukt i hus. Tänkbara åtgärder för att minska luktbildning är t ex att undvika vissa kombinationer av omgivningsfaktorer eller att undvika eventuellt speciellt luktbefrämjande byggnadsmaterial. Tänkbart är också ämnen som blockerar luktsyntesen.

En annan viktig fråga är om vissa byggnadsmaterial fungerar som adsorbenter i högre grad än andra och därvid åstadkommer att mögelskadan upptäcks senare när adsorbtionsförmågan förändrats eller när materialet inte förmår adsorbera lukten i takt med produktionen. Effekter av detta slag innebär också att delar av konstruktionen där mögelangrepp inte skett kan lukta, genom att angränsande delar med mikrobiell tillväxt har avgivit luktande flyktiga substanser. Adsorberande delar av konstruktionen kan kanske, vid förändringar i fukt och temperatur, avge lukt, trots att mögeltillväxten redan avstannat.

Slutord

Sammanfattningsvis kan sägas att ett tillämpande av redan befintlig kunskap kan eliminera många mögelproblem. Det är emellertid klart att ytterligare kunskaper behövs när det gäller krav på material och mögelsvampars fysiologiska svar på klimat, för att mögelskador säkert skall undvikas i framtiden.

Litteratur:

Anderson, L. & Samuelsson, S. 1987. Kryprumssystem för moderna småhus. Utvecklingsmöjligheter. Rapport 8704029 Träteknikcentrum.

118

Bjurman, J., 1988. Betingelser för mögelpåväxt på trä - Påverkan på mikroorganismernas delprocesser.

Bjurman, J., Henningsson, B. och Wang, Q. 1987. Undersökning av olika träbaserade skivors mögelbenägenhet. Rapport 8703020 Träteknikcentrum.

Hallenberg, N. & Gilert, E., 1988. Betingelser för mögelpåväxt på trä. Klimatkammarstudier.

Långström, J. 1987. Antal hus med mögelskador. Ur planverkets Rapport 77, Sunda och Sjuka hus.

Vattenskador i byggnader. Redovisning av en enkätundersökning 1987. Försäkringsbolagens Byggreparationskommitté.

115

TRÄFASADER, PROBLEM OCH MÖJLIGHETER

Lars-Olof Nilsson och Stefan Hjort, Chalmers Tekniska Högskola

120

Träfasader. Problem och möjligheter.

Civ ing Stefan Hjort & Prof Lars-Olof Nilsson
Avd för Byggnadsmaterial, Chalmers
412 96 GÖTEBORG
Tel 031-721000

BAKGRUND

Under senare tid har det visat sig att hus med utvändig träpanel ibland drabbats av omfattande rötskador. I Stockholmstrakten har flera hundra hus drabbats och även från andra ställen i Sverige har larmrapporter kommit. Ytterligare ett exempel är ett småhusområde i Lysekil med 78 villor med stora rötproblem som vi undersöker på uppdrag av SBUF (Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond). Iakttagelser och erfarenheter från detta projekt ligger till grund för detta bidrag.
Det aktuella området är byggt i slutet av sjuttiotalet och husens utseende, som framgår av nedanstående figur, är ganska typiskt för den tidens byggande.

Fig 1. De aktuella husens utseende. Vissa mindre skillnader i utförande förekommer. Det horisontella strecket på gaveln betyder inte att panelen är avdelad där.

KONSTRUKTIONEN

Lockpanelkonstruktionen, som utförts enligt gällande normer och praxis, avslutas i enlighet med den lokala traditionen med en horisontell stötbräda. Bakom panelen finns en ventilerad luftspalt. Färgsystemet består av en alkydoljefärg som grund och en akryllatexfärg som färdigstrykningsfärg.

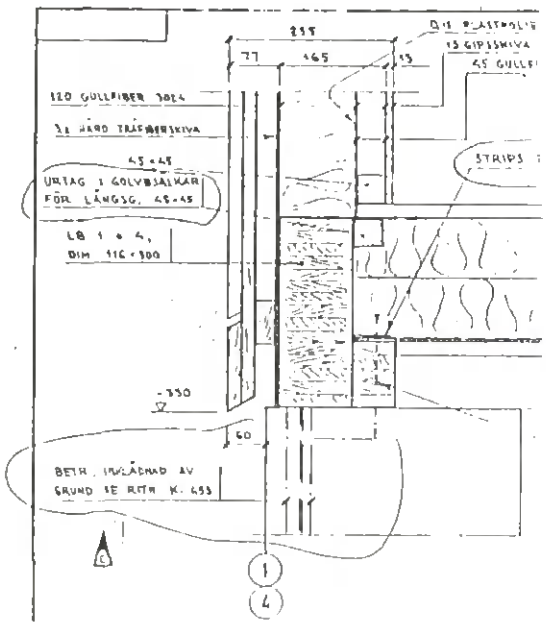


Fig 2. Ytterväggskonstruktion.

PROBLEMET

Trots den allmänt sett goda konstruktion började rötskador uppträda på panelen redan efter tre år! Vid denna tidpunkt trodde man att rötan kunde förklaras som ett träteknisk problem, begränsat till ett fåtal brädor, vilket man kunde bli av med genom att byta ut skadade brädor mot nya.

Men ny röta uppstod och i vissa fall var det utbytta brädor som drabbats. Eftersom SIAB, som byggt husen, inte tyckte att det var meningsfullt att åtgärda en andra gång utan att veta vad som orsakat rötan, drogs detta projekt igång.

GENOMFÖRANDE

Projektet är uppdelat i två etapper varav den första har avslutats. I den första, som behandlas här, gjordes bl a en noggrann inventering för att få en bild av rötskadornas omfattning samt vissa fältmätningar och laboratorieundersökningar. I den andra etappen som kommer att slutföras under hösten har det gjorts omfattande fältmätningar i de aktuella husen där vi bl a studerat hur panelens fuktbalans påverkas av olika målningsbehandlingar (sammanlagt sju färger testas, från gammaldags Falu rödfärg och linoljefärg till moderna akrylfärger) och varierande fasadutformningar.

INVENTERING

Till grund för inventeringen låg en enkät som husägarna svarat på rörande fasadunderhåll och tidigare byte av panelbrädor etc. Det visade sig vara svårt att vid fältundersökning av täckfärgsmålad panel karakterisera vad som var friskt virke och vad som var rötat utan att göra allt för stora ingrepp. Efter det att inventeringen gjordes har vi fått anledning att tro att antalet redovisade rötskador är i underkant. När gamla panelbrädor demonterades på fyra gavlar inför de fortsatta fältmätningarna i början av 1988 kunde det konstateras att panelen hade fler rötskador än vad som redovisats i inventeringsresultatet. Nedan följer en sammanfattning av inventeringsresultatet baserad på 64 av de 78 husen (endast hus med enkätsvar inventerades).

- Samtliga hus som inventerades var rötskadade i någon omfattning
- 642 rötskador observerades.
- Skadorna fanns nästan undantagslöst på gavlarna och där främst vid paneländar och panelskarvar. (Skarvade panelbrädor finns endast på gavlarna)
- 89% av rötskadorna fanns på lockbrädor.
- Rötan uppträdde oftast där virket var lagt omlott och vanligtvis vid en spik, se fig 3.
- Rådet som ges i vissa handböcker att montera lockbrädor med kärnsidan ut och bottenbrädor med kärnsidan in har inte tillämpats när husen byggdes.
- Husen är målade i varierande färgkulörer från gult till brunt.Något samband mellan kulör och rötskador har inte kunat påvisas.
- Det var ca tio gånger så vanligt med rötskador på södergavlar som på norrgavlar. Husen ligger i ett mycket slagregnsutsatt område och den förhärskande vindriktningen är sydvästlig.
- En del undantag från den normala skadebilden förekom. Hus i utsatt läge var i det närmaste oskadda och vice versa. Vad det beror på är ännu inte utrett.

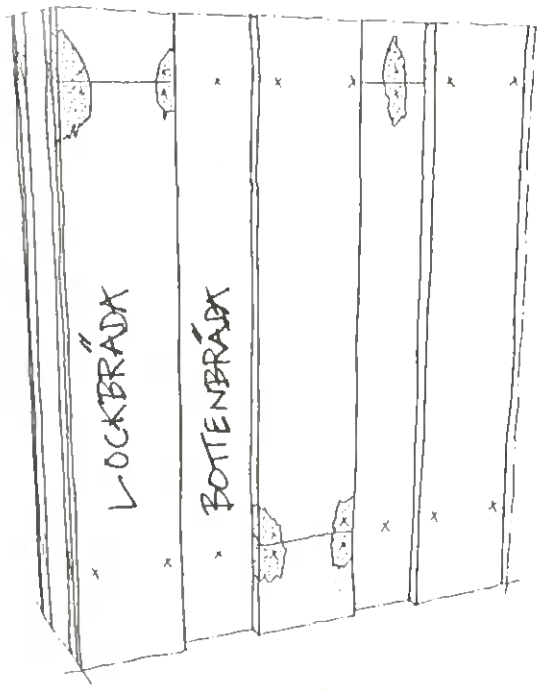


Fig.3. De vanligaste ställena på panelen där röta förekom.

FÄLTMÄTNINGAR

För att få en första uppfattning om träpanelernas fukttillstånd under verkliga förhållanden gjordes mätningar i gavlarna på tre hus under augusti månad 1987. Förutom fuktkvot mättes relativ fuktighet och temperatur i luften utanför och innanför panelen. Eftersom rötskadorna var värst vid paneländar och på lockbrädor koncentrerades fuktkvotsmätningarna dit. Nio stycken givare placerades vid mätstället fördelade på tre olika avstånd från skarven. På varje nivå sattes en givare i mitten och två på sidorna, där lockbrädan överlappar bottenbrädan. Givarna monterades på baksidan av de befintliga panelbrädorna och själva givarspetsen hamnade i mitten av den 22 mm tjocka panelbrädan. Mätmetoden bygger på resistansmätning mellan två elektroder.

Den ena gaveln på ett av husen skilde sig på en viktig punkt ifrån de andra, nämligen att den var behandlad med en "gammaldags" linoljefärg istället för den vanliga akrylfärgen. Det hade gjorts i samband med att man åtgärdade rötskadorna första gången och då hade den gaveln varit så kraftigt rötskadad att man fick byta ut större delen av den. Kvinnan som bodde i huset ville pröva en annan färg istället för den vanliga akrylfärgen som alla andra husägare använde. Innan målningen med färdigstryknings-färgen behandlade hon brädorna med linolja/terpentinlösning och hon gjorde även en viss tätning av skarvarna. Vid inventeringen kunde inga rötskador observeras på denna gavel. De viktigaste resultaten från mätningarna redovisas på nedan.

- Gaveln målad med linoljefärgen var betydligt torrare under mätperioden än de akryllatexmålade.

- Luftspaltens funktion var i mätpunkten god (ungefär samma ånghalt i spalten som utanför).

- Fukten tillföres inte bara på grund av bristen på ändträför-segling eftersom brädornas sidor blir fuktigast. Detta överensstämmer med rötskadebilden.

UPPFUKTNING- OCH UTTORKNINGSFÖRSÖK

För att få en uppfattning om hur panelbitar målade med den aktuella akrylfärgen fungerar från fuktsynpunkt jämfört med andra vanliga färgtyper gjordes ett enkelt test. Panelbitar med en längd av ca 2 dm behandlades med olika färger. Bitarna behandlades även med olika många lager med färdigstrykningsfärg och en del bitar ändträbehandlades också. Bland de färger som användes var:

* Den aktuella akryllatexfärgen
* En täckande alkydoljefärg
* Även helt obehandlade bitar ingick i försöket.

Några resultat från undersökningen är:

- Ändträbehandlade träbitar som målats med den akrylfärg som använts i området tog upp förhållandevis mycket vatten för att därefter torka ut betydligt långsammare än de andra provade färgsystemen (se fig 4).
- De bitar som målats med den täckande alkydoljefärgen tog vid samma försök nästan inte upp något vatten alls (se fig 4).
- De obehandlade bitarna tog upp ungefär dubbelt så vatten som de andra men torkade trots det ut snabbast.

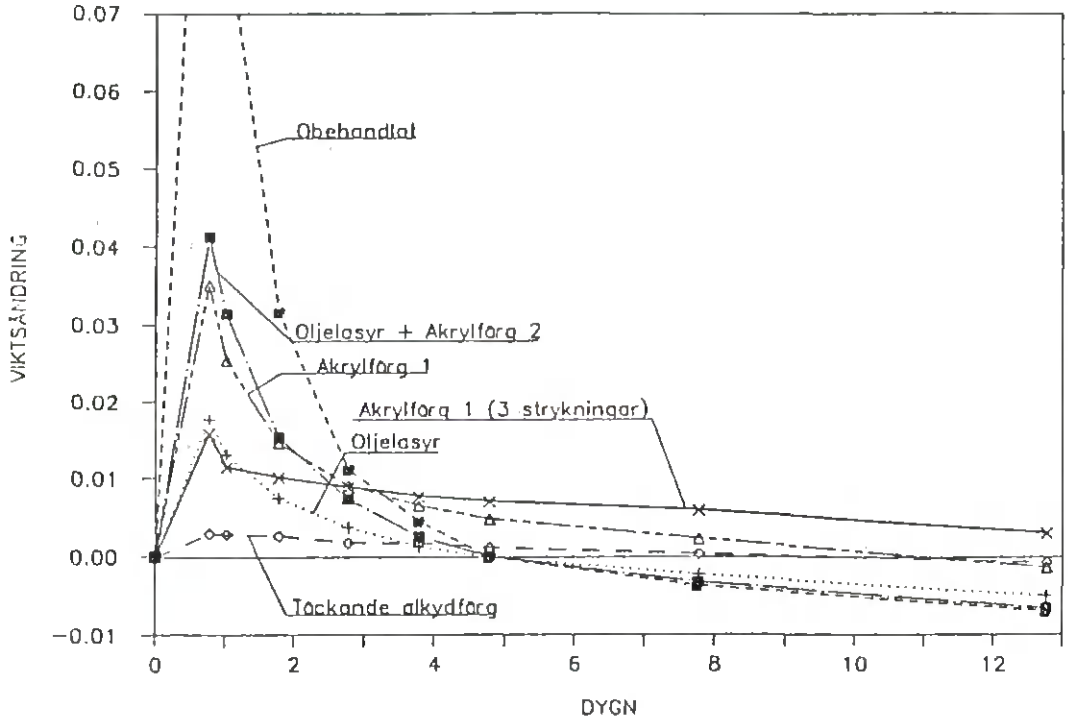


Fig.4. Resultat från uppfuktnings- och uttorkningsförsök av träpaneler målade med olika färgsystem.

FORTSÄTTNINGEN

Målet för det fortsatta arbetet är att ta reda på hur en utvändigt målad träpanel fungerar från fuktsynpunkt och först då kan vi precisera kraven på konstruktion och ytbehandlingssystem för en sådan konstruktion.
En viktig del i detta arbete är att klara ut i vilken omfattning liknande problem finns på andra håll och om åtgärder och rekommendationer som framkommer kan generaliseras till att gälla i stort. Vilka erfarenheter har Ni? Vi är mycket intresserade av att ta del av dessa och det kan gälla både bra och dåliga erfarenheter.
Avslutningsvis kan vi informera om att vi kommer att fortsätta arbeta inom området trä och färg i åtminstone tre år framåt genom medel från STU.

Rapporten från den första etappen av projektet kan beställas från avd för Byggnadsmaterial, 412 96 Chalmers, tel 031-722306. Den heter "Rötskadade träfasader i en klimatiskt utsatt miljö, Etapp 1" och är skriven av Stefan Hjort.

Detta digitala dokument
skapades med anslag från

**Stiftelsen Nils och Dorthi
Troëdssons forskningsfond**

TräteknikCentrum
INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Box 5609, 114 86 STOCKHOLM
Besöksadress: Drottning Kristinas väg 67
Telefon: 08-14 53 00
Telex: 144 45 tratek s
Telefax: 08-11 61 88
Huvudenhet med kansli

Åsenvägen 9, 552 58 JÖNKÖPING
Telefon: 036-12 60 41
Telefax: 036-16 87 98

931 87 SKELLEFTEÅ
Besöksadress: Bockholmsvägen 18
Telefon: 0910-652 00
Telex: 650 31 expolar s
Telefax: 0910-652 65

ISSN 0283-4634