



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

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



**Rapport**

**R41:1989**

# **LÄTTBYGG 85**

**Energi- & resurssnåla småhus  
med låg boendekostnad**

**Per-Olof Carlson  
Åke Blomsterberg**

**Byggeforskningsrådet**

R41:1989

## LÄTTBYGG 85

Energi- & resurssnåla småhus med låg boendekostnad

Per-Olof Carlson  
Åke Blomsterberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820025-8  
resp 841105-0 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Arne Johnson Ingenjörbyrå AB Stockholm resp Statens  
provningsanstalt, Borås.

## REFERAT

Lättbygg är ett utvecklingsprojekt för energi- och resurssnåla småhus med låg boendekostnad. Genom att kombinera känd teknik och några nya tekniska lösningar i ett välisolerat och tätt hus uppfördes under 1984 18 hus i Täby strax norr om Stockholm.

Rapporten redovisar planering, projektering och genomförande, samt vilka resultat som uppnåtts vad beträffar huvudprinciperna. Dessa har varit energisnål design, bra inneklimat, lättbyggteknik, kryppgrund med stor spännvidd, oventilerad yttervägg med regler c 1200, brukarstyrd frånluftsventilation, enkelt elvärmesystem, energi- och vattensnåla vatteninstallationer, energisnåla hushållsapparater och bruksanvisning för husets skötsel.

Mätning och utvärdering under två år visar att målet att sänka byggnadskostnaderna med ca 10% jämfört med motsvarande konventionell utformade hus har uppfyllts. Samtidigt är behovet av köpt energi ca 40% lägre än vad kraven i SBN 80 medför.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R41:1989

ISBN 91-540-5046-4

Statens råd för bvggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1989

## FÖRORD

LÄTTBYGG 85 är ett utvecklingsprojekt för energi- och resurs-snåla småhus med låg boendekostnad. Under 1984 uppfördes 18 hus i Visinge, Täby strax norr om Stockholm. Husen har varit föremål för mätning och uppföljning under 1985 och 1986. I denna rapport redovisas hur projektet har planerats och genomförts samt vilka resultat som har uppnåtts.

Projektet tillkom på initiativ av Åke Thorn vid Swanboard-Masonite AB och har bedrivits i nära samarbete med Faluhus AB, Diös Östra Bygg AB och Bengt Dahlgren Stockholm AB. Projektledare har varit undertecknad Per-Olof Carlson vid ARNE JOHNSON Ingenjörbyrå AB. Projektorganisationen i övrigt presenteras i tabell 1.3 A.

Medförfattare till denna rapport är Åke Blomsterberg vid Statens provningsanstalt som har ansvarat för mätning och utvärdering av energi, effekt och rumsklimat. Bidrag till rapporten har lämnats av Robert Roos och Anders Lindskog vid Träteknikcentrum (fukt), David Södergren vid Bengt Dahlgren Stockholm (uppvärmning och ventilation) och Sven Ohlsson vid Chalmers Tekniska Högskola, avd Stål & Träbyggnad (svikt och vibrationer). För utskriften har svarat Gerd Stenvall vid Arne Johnson Ingenjörbyrå och Ulla-Britt Larsson vid Statens provningsanstalt.

Till samtliga personer som deltagit, såväl de som varit med i projektarbetet som husägarna, riktas ett varmt tack för ert engagemang och stöd. Det har varit ett spännande och givande lagarbete.

Stockholm och Borås i december 1987

Per-Olof Carlson  
Arne Johnson Ingenjörbyrå

Åke Blomsterberg  
Statens provningsanstalt



# INNEHÅLL

|     |                                  |    |
|-----|----------------------------------|----|
|     | FÖRORD                           | 3  |
|     | SAMMANFATTNING                   | 9  |
|     | SUMMARY                          | 13 |
|     | ZUSAMMENFASSUNG                  | 17 |
| 1   | INTRODUKTION                     | 21 |
| 1.1 | Bakgrund                         | 21 |
| 1.2 | Mål och medel                    | 22 |
| 1.3 | Projektarbetets genomförande     | 28 |
| 2   | TEKNISKA SYSTEMLÖSNINGAR         | 33 |
| 2.1 | Allmän utformning                | 33 |
| 2.2 | Krypgrund med stor spännvidd     | 35 |
| 2.3 | Välisolerat och tätt klimathölje | 38 |
| 2.4 | Brukarstyrd frånluftsventilation | 46 |
| 2.5 | Direktverkande elvärme           | 51 |
| 2.6 | Eldragningar                     | 53 |
| 2.7 | Vatteninstallationer             | 53 |
| 2.8 | Hushållsapparater                | 54 |
| 2.9 | Alternativa tekniska lösningar   | 59 |
| 3   | EXPERIMENTBYGGANDE I VISINGE     | 63 |
| 3.1 | Området                          | 63 |
| 3.2 | Uppförandet av husen             | 63 |
| 3.3 | Uppföljning under uppförandet    | 70 |
| 4   | RÖRELSER HOS BOTTENBJÄLKLÄG      | 77 |
| 4.1 | Svikt och vibrationer            | 77 |
| 4.2 | Nedböjningar                     | 81 |
| 5   | BOENDEMILJÖ                      | 85 |
| 5.1 | Uppläggning                      | 85 |
| 5.2 | Allmänna synpunkter              | 85 |
| 5.3 | Ventilation                      | 87 |
| 5.4 | Uppvärmning                      | 88 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5.5   | Tvätt och torkning                        | 88  |
| 5.6   | Tappvarmvatten                            | 88  |
| 5.7   | Ljud                                      | 89  |
| 5.8   | Övrigt                                    | 89  |
| 6     | FUKT                                      | 91  |
| 6.1   | Syfte och omfattning                      | 91  |
| 6.2   | Fuktmätningar                             | 92  |
| 6.3   | Tjälnedträngning vid grundplint           | 96  |
| 6.4   | Kryprumsventilation                       | 97  |
| 6.5   | Rörelser hos bottenbjälklag               | 98  |
| 6.6   | Slutsatser                                | 99  |
| 7     | ENERGI, EFFEKT OCH RUMSKLIMAT             | 101 |
| 7.1   | Syfte och omfattning av mätningar         | 101 |
| 7.2   | Mätningarnas genomförande                 | 102 |
| 7.3   | Mätresultat                               | 106 |
| 7.3.1 | Energibehov                               | 106 |
| 7.3.2 | Effektbehov                               | 106 |
| 7.3.3 | Innetemperaturer                          | 107 |
| 7.3.4 | Lufttäthet                                | 109 |
| 7.3.5 | Uteluftsflöden                            | 112 |
| 7.3.6 | Lokal luftomsättning                      | 116 |
| 7.3.7 | Frånluftsflöden                           | 123 |
| 7.3.8 | kA-värde                                  | 126 |
| 7.4   | Analys                                    | 127 |
| 7.4.1 | Energibalans                              | 127 |
| 7.4.2 | Inomhusklimatet                           | 137 |
| 7.4.3 | Värmesystem                               | 137 |
| 8     | EKONOMI                                   | 139 |
| 8.1   | Byggekostnad                              | 139 |
| 8.2   | Driftskostnad                             | 144 |
| 8.3   | Årskostnad                                | 145 |
| 8.4   | Lönsamhetskalkyler för energisparåtgärder | 146 |



|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 9   | INFORMATION OCH DOKUMENTATION                             | 159 |
| 9.1 | Bruksanvisning för husets sköttsel                        | 159 |
| 9.2 | Information till referensgruppen och de boende            | 160 |
| 9.3 | Externa presentationer och visningar                      | 161 |
| 9.4 | Dokumentation   | 162 |
| 10  | SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER                           | 165 |
|     | LITTERATUR  | 171 |
|     | BILAGOR   |     |
| A)  | Energi- och effektbehovsberäkning enligt ENORM            | 177 |
| B)  | Beräkning av k-värden                                     | 189 |
| C)  | Inomhusklimat i hus med takvärme contra elradia-<br>torer | 193 |
| D)  | Energiberäkningsprogrammet STAWAD-SP                      | 199 |
| E)  | Mätprogram för energi- och klimatmätningar                | 201 |
| F)  | Energi, effekt och rumsklimat. Mätresultat                | 205 |
| G)  | Underlag för jämförelsekalkyl                             | 223 |
| H)  | Jämförelsekalkyl  | 233 |



## SAMMANFATTNING

Projektet har haft som syfte att projektera, bygga och under 2 år utvärdera ett energisnålt småhus med låg årskostnad, anpassat till 80-talets krav. Genom att kombinera känd teknik och några nya tekniska lösningar i ett välisolerat och tätt småhus till en fördelaktig helhetslösning har 18 praktiskt taget identiska friliggande småhus uppförts under 1984 i Täby kommun (för skillnader se bild 2.9 A).

Målet att sänka byggkostnaden med ca 10% jämfört med motsvarande konventionellt utformade hus har kunnat uppfyllas. Samtidigt har behovet av köpt energi blivit ca 40% lägre än vad kraven i SBN 80 medför. Även detta ingick i det ursprungliga målet. Trots mycket extraarbete har man dock inte lyckats uppfylla två delmål:

- lufttätheten hos klimathöljet blev 1,5 oms/h, i stället för kravet på 1,0 oms/h
- de genomsnittliga frånluftsflödena blev högre än projekterat

Ett viktigt bidrag till den sänkta byggkostnaden är att grundläggningen har förenklats. Detta har skett genom att utföra den med endast fyra plintar och två huslånga grundbalkar av betong (normalt krävs 9 - 11 plintar och 5 balkar). Bottenbjälklaget spänner fritt över hela husbredden 7,2 m mellan grundbalkarna längs långfasaden. Trots detta är sviktegenskaperna bättre än hos traditionella fribärande småhusbjälklag. Överföringen av vibrationer mellan olika plan är dock större.

Husen har arkitektoniskt utformats som fristående 1 1/2 plans hus med en bostadsyta på 118 m<sup>2</sup>. En viktig fördel från energisynpunkt med ett 1 1/2 plans småhus är att den sammanlagda vägg- och takytan är liten i förhållande till boendeytan. Husens stomme är uppbyggd av lättreglar och lättbalkar, vilket bl.a. innebär att köldbryggornas omfattning minskar jämfört med en traditionell regelkonstruktion. Klimathöljet är relativt lufttätt (1,5 oms/h vid 50 Pa) och välisolerat (30 - 50 cm värmeisolering), vilket är huvudförklaringen till den låga energiförbrukningen.

I ett välisolerat och tätt hus är kraven på ett genomtänkt ventilationssystem särskilt stora. Lättbygg 85 husen har försetts med ett brukarstyrt frånluftssystem. Tilluften tas in genom reglerbara friskluftsdon monterade i ytterväggen ovanför fönstren. I praktiken kommer dock endast en del av den totala tilluften in denna väg. Resten kommer in genom otätheter i klimathöljet. Under varje sådant fönster sitter en elradiator för att minska risken för kallras. Under normala vinterdagar har inget kallras kunnat konstateras.

Frånluften sugts ut från våtutrymmena med en fläkt monterad på taket. Denna fläkt kan husägarna enkelt ställa in på tre olika hastigheter (max, hemma, borta). För varje hastighet är frånluftsflödet i det närmaste konstant. Husägarna kan alltså reglera nivån på ventilationen och till viss del var uteluften kommer in i huset. Den genomsnittliga fläktstyrda ventilationen har på detta sätt blivit 0,36 oms/h under ett år, vilket har inneburit en energibesparing jämfört med normkravet som är 0,5 oms/h i ett modernt småhus. Frånluftsfläktens maximala kapacitet i Lättbygg 85 husen motsvarar 0,5 oms/h, vilken har upplevts som för låg av de boende, fr a vid matlagning och dusch.

Installationerna i huset har utformats så energi- och vattensnåla som möjligt med idag lätt tillgänglig teknik. Hushållsapparater har valts bland de energisnålaste som finns på marknaden. Disk- och tvättmaskin ansluts direkt till kallvatten. Tvätten torkas med frånluft i torkskåp, nästan helt utan värmestillsats i torkskåpet. Den uppmätta förbrukningen för hushållsel är låg (ca 3 500 kWh/år). Det är svårt att dra några slutsatser om hur stor del av den låga förbrukningen som beror på installationerna resp. de boende. För detta krävs mer detaljerade mätningar.

Den totala köpta elenergin har bestämts till i genomsnitt ca 11 400 kWh/år med 2.4 personer per hushåll och för referensåret 1971. Den uppmätta elförbrukningen var i genomsnitt ca 12 500 kWh under 1986. Variationen mellan de enskilda husen är stor (8 800 - 16 300), vilket till största delen beror på skillnader i boendevanor. För att underlätta för de boende att påverka sin energiförbrukning har de fått en speciellt utarbetad

bruksanvisning för husets skötsel och drift. Den omfattar energifrågor, men även andra aspekter på drift och underhåll.

De boende trivs bra med husen i allmänhet. Vindfånget har dock visat sig fungera mindre bra. Utrymmet är litet och dörren in till hallen kommer i konflikt med kläder som hänger på kapphyllan.

Sammanfattningsvis kan konstateras att Lättbygg 85 husen har uppfyllt de viktigaste kraven i den ursprungliga målsättningen. Med erfarenheter hämtade ur det genomförda projektet bör det framtida energisnåla och ekonomiska småhuset vara:

- \* välisolerat, minst ELAK-nivå på värmeisoleringen
- \* lufttätt, max 1 oms/h vid 50 Pa
- \* försett med ett effektivt och energisnålt ventilationssystem
- \* byggt med lättbyggteknik
- \* tillverkat med största möjliga "torra" byggande i fabrik och kortast möjliga montagetid till tätt tak på byggarbetsplats
- \* försett med ett enkelt uppvärmningssystem
- \* utrustat med energi- och vattensnåla installationer
- \* utrustat med energisnåla hushållsapparater
- \* utrustat med en bruksanvisning anpassad till brukaren



## SUMMARY

The object of this project was to design, build and, over a period of 2 years, to evaluate an energy efficient single family house with low annual cost, adapted to the requirements of the eighties. By combining known technology and some new technical solutions in a well insulated and airtight single family house so as to produce an advantageous overall design, 18 practically identical detached houses were built in 1984 in Täby Municipality (see FIG. 2.9 A with regard to the differences).

It has been possible to meet the goal of reducing construction costs by ca 10% compared with houses of conventional design. At the same time, the requirement for bought energy is about 40% lower than necessitated by the requirements in the Swedish Building Code SBN 1980. This was also part of the original objective. In spite of a lot of extra work, however, it has not been possible to attain two partial objectives:

- the airtightness of the climatic envelope is 1.5 ach instead of the stipulated 1.0 ach
- the average extract air flows are higher than designed.

One important reason for the lower construction costs is that the foundations have been simplified. This has been done by constructing the foundations with only four foundation piers and two concrete foundation beams of the same length as the house (9-11 foundation piers and 5 beams are normally needed). The ground floor spans the entire width of 7.2 m between the foundation beams along the longitudinal facades. In spite of this, the vibration properties are better than those of traditionally supported floors in single family houses. The transmissions of vibrations between different storeys is however increased.

Architecturally, the houses have been designed as detached 1 1/2 storey buildings with a floor area of 118 m<sup>2</sup>. From the point of view of energy, an important advantage of a 1 1/2 storey single family house is that the total wall and roof

area is small in relation to the floor area.

The framework of the house comprises lightweight studs and beams, one of the consequences of which is that the number of thermal bridges is less than in a traditional stud construction. The climatic envelope is relatively airtight (1.5 ach at 50 Pa) and wellinsulated (30-50 cm thermal insulation), which is the main reason for the low energy consumption.

In a well insulated airtight building, it is very important that the ventilation system should be well designed. The 'Lightweight 85' houses are equipped with a user controlled mechanical extract system. Inlet air is admitted through adjustable fresh air terminals mounted in the external walls above the windows. In practice, however, only some of the total inlet air quantity enters through these. The rest comes in through points of air leakage in the building envelope. Below every window with such an inlet terminal, there is an electric radiator to reduce the risk of cold downdraughts. No cold downdraughts have been encountered on normal winter days.

Air is extracted from 'wet' spaces by a fan mounted on the roof. This fan can be set at three different speeds (max, at home, away) by the occupants. For each speed, the extract air flow rate is practically constant. The occupants can thus regulate the level of ventilation and, to a certain extent, where fresh air is drawn into the house. In this way, the average mechanical ventilation is 0.36 ach over a year, which has made possible a saving in energy compared with the Code requirement of 0.5 ach in a modern single family house. The maximum capacity of the extract fan in the 'Lightweight 85' houses corresponds to 0.5 ach, which has been found too low by the occupants, primarily in conjunction with cooking and showers.

The installations in the houses have been made as energy and water efficient as is possible on the basis of readily available present technology. The household appliances are among the most energy efficient to be found in the market. The dishwasher and washing machine are connected directly to the cold water supply. The laundry is dried by extract air in the drying cabinet, with almost no supplementary heating in the cabinet.



The measured consumption of household electricity is low (ca 3,500 kWh annually). It is difficult to draw any conclusions regarding the proportions of this low consumption which are due to the installations and the habits of the occupants. For this, more detailed measurements are necessary.

Using 1971 as the reference year, the total consumption of electricity was determined to be ca 11,400 kWh annually on average, with 2.4 persons per household. In 1986, the average measured electricity consumption was ca 12,500 kWh. There is a great variation between the individual households (8,800 - 16,300); this is chiefly due to differences in the habits of the occupants. In order to make it easier for the occupants to control their energy consumption, they were given a specially produced set of instructions for the upkeep and operations of the house. It deals with matters concerning energy, but also with other aspects of operation and maintenance.

On the whole, the occupants like the houses. The entrance lobby has been found not very satisfactory, however. The space is small and the door into the hall is obstructed by the clothes hung on the coat stand.

To sum up, the 'Lightweight 85' houses have satisfied the most important requirements stipulated in the original objective. On the basis of experiences gained from this project, future low energy and economic single family houses should be

- \* well insulated, with the level of thermal insulation at least equivalent to that specified by the ELAK enquiry
- \* airtight, with a maximum of 1 ach at 50 Pa
- \* provided with an effective and energy efficient ventilation system
- \* constructed using lightweight construction technology
- \* to the greatest possible extent, prefabricated in the dry in the factory, and the time spent on the site to the erection of a watertight roof should be as short as possible

- \* provided with a simple heating system
- \* equipped with installations efficient in their use of energy and water
- \* equipped with energy efficient household appliances
- \* provided with a user friendly set of instructions for operation and maintenance.

## ZUSAMMENFASSUNG

Das Projekt zielt darauf ab, ein energiesparendes Einfamilienhaus mit niedrigen jährlichen Kosten zu bauen. Auch soll das Projekt angepasst sein an die Anforderungen der achtziger Jahre und es soll sowohl während der Bauzeit als auch in den ersten zwei Jahren ausgewertet werden. In bewährter Bautechnik und mit einigen neuen technischen Lösungen für eine gut isolierte und dichte Aussenhaut, wurden 1984 in Täby 18 Einfamilienhäuser gebaut. Die Häuser sind alle sehr ähnlich (Unterschiede siehe Bild 2.9 A).

Das Ziel, eine Absenkung der Baukosten um rund 10% im Vergleich zu entsprechenden Häusern herkömmlicher Bauart, konnte erreicht werden. Gleichzeitig ist der Bedarf an bezahlter Energie im Vergleich zu SBN 80 um 40% abgenommen. Auch dies gehörte zu den ursprünglichen Zielen. Doch hat man trotz besonderen Anstrengungen zwei Teilziele leider nicht erreichen können:

- Die Undichtheit der Aussenhaut betrug 1,5 Luftwechsel/std. gegenüber geplanten 1,0 Luftwechsel/std.
- Die durchschnittlichen Abluftmengen waren höher als berechnet.

Ein wichtiger Beitrag zur Ersparnis ist die vereinfachte Gründung mit Betonträger an den Längsseiten (Vergleichbares herkömmliches Fundament hat normalerweise 9 - 11 Stützsäulen und 5 Betonträger). Der Erdgeschossboden ist eine freitragende Konstruktion von 7,2 m Stützweite zwischen den Aussenwänden an den Längsseiten. Die Durchbiegungen sind geringer als bei den herkömmlichen Holzbalkendecken. Dagegen werden aber die Schwingungen zwischen verschiedene Decken grösser.

Es handelt sich um Architektentwürfe für freistehende Häuser (1½ Stockwerke) mit 118 m<sup>2</sup> Wohnfläche. Ein wichtiger Energievorteil bei diesem Haus ist die relativ kleine Oberfläche der Aussenhaut im Verhältnis zur Wohnfläche. Das tragende System besteht aus Leichtprofilen und Leichtbalken. Dadurch werden die Wärmebrücken kleiner als bei der üblichen Bauweise. Die relativ dichte Aussenhaut (1,5 Luftwechsel/std. bei 50 Pa) und die gute Wärmedämmung (300 - 500 mm) sind die Gründe des niedrigen Energieverbrauches.

In einem gut isolierten und dichten Haus sind die Anforderungen an ein durchdachtes Lüftungssystem besonders gross. Bei Leichtbau 85 erfolgte die Bedarfsanpassung wie folgt:

Zuluft durch regulierbare Frischluftventile in den Aussenwänden über den Fenstern. Frühere Erfahrungen haben gezeigt, dass nur ein Teil der gesamten Zuluft diesen Weg nimmt. Die restliche Zuluft kommt durch die undichte Aussenhaut. Unter jedem Fenster mit Frischluftventil wird ein Heizkörper installiert, um kalte Fallströmung zu vermeiden.

Bei normalen Wintertagen ist keine kalte Fallströmung festgestellt worden. Abluft wird von einem Ventilator auf dem Dach abgesaugt. Dieser Ventilator hat drei Einstellmöglichkeiten (maximal, zu Hause, nicht zu Hause). Bei jeder Geschwindigkeit ist der Abluftstrom so gut wie konstant. Die Bewohner können also die Stufe der Ventilation einstellen und zum Teil auch bestimmen wo die Zuluft hereingelassen wird.

Durch diese Bedarfssteuerung hat man während eines Jahres eine durchschnittliche Lüftung von 0,36 Luftwechseln/std. erhalten, was eine Einsparung im Vergleich zu einem modernen Einfamilienhaus bedeutet, wo die normale Anforderung 0,5 Luftwechseln/std. ist. Die maximale Leistungsfähigkeit der Abluftventilatoren beim Projekt "Leichtbau 85" entspricht 0,5 Luftwechseln/std. Dies ist von den Bewohnern als zu gering empfunden worden, besonders beim Kochen und Duschen.

Die Anlagen im Haus sind so energie- und wassersparend wie es mit einfach verfügbarer Technik möglich ist. Es wurden auch die energieeffektivsten Hausgeräte auf dem Markt gewählt. Geschirrspüler und Waschmaschinen werden direkt an das kalte Wasser angeschlossen.

Die Wäsche wird mit Abluft im Trockenschrank, fast ohne Wärmezufuhr, getrocknet. Der gemessene Stromverbrauch im Haushalt ist niedrig (rund 3500 kWh/Jahr). Man kann nicht eindeutig feststellen wie stark der geringe Verbrauch von den Bewohnern selbst abhängt und wieviel die Einspartechnik ausmacht. Dafür sind genauere Messungen erforderlich.

Der gesamte bezahlte Stromverbrauch wurde mit durchschnittlich 11.400 kWh/Jahr bestimmt, bei 2 - 4 Personen pro Haushalt im Referenzjahr 1971. Der gemessene Stromverbrauch war im Jahr 1986 durchschnittlich rund 12.500 kWh. Die Unterschiede zwischen den Häusern sind gross (8800 - 16300) was zum grössten Teil auf Unterschiede in Gewohnheiten der Bewohner zurückzuführen sind. Um die Bewohner darauf aufmerksam zu machen wie sie ihren Energieverbrauch beeinflussen können, haben sie eine speziell ausgearbeitete Bedienungsanleitung für den Betrieb und die Instandhaltung des Hauses erhalten. Die Anleitung umfasst nicht nur den Energieverbrauch sondern auch andere Betriebs- und Instandhaltungsaspekte.

Die Häuser von Leichtbau 85 konnten also die wichtigsten Forderungen des ursprünglichen Hauptzieles erfüllen. Nach den Erfahrungen des durchgeführten Projektes sollte das zukünftige energiesparende und wirtschaftliche Einfamilienhaus nach den folgenden Hauptprinzipien gebaut werden:

- \* Gut isoliert, Wärmedämmung mindestens nach ELAK gestaltet
- \* Dichte Aussenhaut max. 1 Luftwechsel/std. bei 50 Pa.
- \* Effektives und energiesparendes Abluftsystem
- \* Leichtbautechnik

- \* Möglichst viel nach dem "Trockenverfahren" in der Fabrik fertiggbauen, damit die Zeit für Montagearbeiten auf dem Bauplatz (bis zur dichten Überdachung) so kurz wie möglich ist.
- \* Einfaches Heizsystem
- \* Energie- und wassersparende Wasserinstallationen
- \* Energiesparende Haushaltsgeräte
- \* Leicht lesbare Bedienungsanleitung

# 1 INTRODUKTION

## 1.1 Bakgrund

Alltsedan slutet av 1970-talet har ett flertal projekt genomförts för att utveckla energisnåla hus. Många olika bygg- och installationstekniska åtgärder har provats och utvärderats. Intresset koncentrerades till att minska behovet av köpt energi.

Man testade nya tillförselsystem såsom solfångare, värmepumpsystem och liknande tekniker. Det visade sig dock att en ökad isolering och en god täthet hos klimatskalet är av avgörande betydelse för möjligheterna att åstadkomma småhus med låg energiförbrukning till bästa ekonomi. Den tjocka isoleringen minskar transmissionsförlusterna. Med tätheten reduceras den oavsiktliga ventilationen och därmed ökas möjligheterna att verkligen styra och reglera ventilationen.

Den större isoleringstjockleken har lett till ett behov av nya byggkomponenter. Ett exempel är de lättbalkar som har utvecklats av Swanboard-Masonite AB. Balkarna är uppbyggda som I-profiler med hållfasthetssorterat virke i flänsarna och konstruktionsboard i livet. Den större konstruktionshöjden hos lättbalkar av denna typ är inte enbart till nytta för isoleringen utan kan även utnyttjas till att förenkla uppbyggnaden av klimatskalet. Därmed kan småhuset göras billigare.

De olika utvecklingsinsatser som har gjorts vad avser energi- och resurssnål småhusteknik, både inom bygg- och installationsområdet, ger en god grund för att konstruera småhus som är mer ekonomiska än småhus med konventionellt utförande. Dessa möjligheter har dock hittills inte tagits tillvara på ett systematiskt sätt. Samtidigt har genomförda experimentprojekt gjorts i en för liten skala för att resultaten skall kunna generaliseras och komma till allmän praktisk tillämpning. Ofta har dessutom de boende varit speciellt intresserade av

energisparande eller så har husen varit alltför speciellt utformade. Det har saknats projekt där de olika erfarenheterna systematiskt har tagits tillvara i helhetslösningar och närmare studerats i byggprojekt av sådan storlek att energibehov och årskostnader kunnat utvärderas på ett rättvisande sätt.

Mot denna bakgrund startades 1982 på initiativ av Swanboard-Masonite AB och Arne Johnson Ingenjörbyrå AB ett utvecklingsprojekt för att med utgångspunkt från ett välisolerat och tätt klimathölje ta fram ett förslag till energisnålt småhus med låg årskostnad, anpassat till 80-talets krav.

## 1.2 Mål och medel

Målen för projektet formulerades så att lågenergihusen skulle ha

- 1 minst 10 % lägre byggkostnad (hus + grund) vid serieproduktion än jämförbara småhus i 1983 års produktion (PRAXIS-hus)
- 2 minst 40 % lägre behov av köpt energi än jämförbara småhus utförda enligt Svensk Byggnorm (SBN-hus).

Medlen för att uppnå dessa mål har varit dels ett utnyttjande av känd teknik, dels att pröva nya tekniska lösningar. Denna metodik att kombinera känd teknik och innovationer har utgjort den bärande idén för att åstadkomma en fördelaktig systemlösning både med hänsyn till energihushållning och årskostnad. Huvudprinciperna har varit:

- o energisnål design
- o lättbyggteknik
- o kryppgrund med stor spännvidd
- o oventilerad yttervägg med reglar c 1200
- o brukarstyrd frånluftsventilation
- o enkelt elvärmesystem
- o energi- och vattensnåla vatteninstallationer
- o energisnåla hushållsapparater
- o bruksanvisning för husets skötsel



För projektets mål har lönsamhetsbedömningar och beräkningar gjorts av de olika besparingsåtgärderna. Härvid har jämförelser gjorts med liknande hus utformade enligt

- o SBN Minimikrav enligt Svensk Byggnorm 80
- o PRAXIS Husfabrikantenas praxis i 1983 års produktion
- o ELAK Krav enligt SBN för att få använda direktverkande elvärme.

### Minskad byggkostnad

Med byggkostnaden avses här investeringskostnaden för hus och grundläggning, dvs produktionskostnaden exkl tomt och byggherre-kostnader. Preliminära bedömningar gjordes av besparingen relativt ett Praxis-hus. Dessa indikerade en besparing på 54 000 kronor.

Tabell 1.2 A Bedömd preliminär besparing i byggkostnad för LÄTTBYGG 85 jämfört med PRAXIS. Prisnivå fjärde kvartalet 1983

| Bygghedel          | Bedömd besparing tkr |
|--------------------|----------------------|
| Grundläggning      | 20                   |
| Uppvärmningssystem | 18                   |
| Ventilationssystem | 8                    |
| Yttervägg          | 8                    |
| Summa              | 54                   |

### Energi- och effektbesparing

I efterföljande kapitel kommer systemlösningarna att närmare redovisas för de olika bygghederna i Lättbygg-huset. Dessa har större eller mindre påverkan på energi- och effektbehovet. I sammandrag är följande de mest betydelsefulla åtgärderna för att spara energi:

Tabell 1.2 B Transmissionsdata med beräknade k-värden. 3-glasfönster har bättre k-värde än 4-glas eftersom en ruta är belagd med lågemissionsskikt och utrymmet mellan rutor är fyllt med argongas i stället för luft.

| Byggsdel                 | A <sub>gea</sub><br>m <sup>2</sup> | SBN<br>k<br>W/m <sup>2</sup> K | A-k<br>W/K | PRAXIS<br>k<br>W/m <sup>2</sup> K | A-k<br>W/K | ELAK<br>k<br>W/m <sup>2</sup> K | A-k<br>W/K | LÄTTBYGG<br>k<br>W/m <sup>2</sup> K | A-k<br>W/K | Anm  |
|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------|-----------------------------------|------------|---------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|------|
| Snedtak                  | 57,8                               | 0,20                           | 11,6       | 0,17                              | 9,8        | 0,12                            | 6,9        | 0,115                               | 6,6        |      |
| Hanbjälklag              | 28,9                               | 0,20                           | 5,8        | 0,17                              | 4,9        | 0,12                            | 3,5        | 0,080                               | 2,3        |      |
| Ytterväggar              | 104,2                              | 0,30                           | 31,3       | 0,25                              | 26,1       | 0,17                            | 17,7       | 0,128                               | 13,3       |      |
| Bottenbjälklag           | 69,6                               | 0,30                           | 12,5       | 0,23                              | 9,6        | 0,20                            | 8,4        | 0,110                               | 4,6        |      |
| Fönster                  | 15,1                               | 2,00                           | 30,2       | 2,00                              | 30,2       | 2,00                            | 30,2       | -                                   | -          |      |
| - med 3-glas             | -                                  | -                              | -          | -                                 | -          | -                               | -          | 1,20                                | 18,1       |      |
| - med 4-glas             | -                                  | -                              | -          | -                                 | -          | -                               | -          | 1,55                                | 23,4       |      |
| Dörrar                   | 5,0                                | 1,00                           | 5,0        | 1,00                              | 5,0        | 0,80                            | 4,0        | 0,85                                | 4,3        |      |
| Transmissions-<br>faktor | -                                  | -                              | 96,3       | -                                 | 85,6       | -                               | 70,7       | -                                   | -          |      |
| - med 3-glas             | -                                  | -                              | -          | -                                 | -          | -                               | -          | -                                   | -          | 49,2 |
| - med 4-glas             | -                                  | -                              | -          | -                                 | -          | -                               | -          | -                                   | -          | 54,5 |

Red faktor 0,6  
Mörker

- o Välisolerat klimathölje. (se tabell 1.2 B)
- o Tätt klimathölje med 1,0 oms/h vid 50 Pa.
- o Brukarstyrd ventilation med i medeltal 0,3 oms/h under uppvärmningsperioden.
- o Energisnåla vatteninstallationer.
- o Energisnåla hushållsapparater.

Beräkning av energi- och effektbehov har skett med statens planverks datorprogram ENORM. Vid beräkningarna har använts transmissionsdata enligt tabell 1.2 B, ventilationsdata enligt tabell 1.2 C och brukarberoendedata enligt tabell 1.2 D. Beräkningarna finns redovisade i bilaga A. Rekommenderade värden enligt ENORM har använts bland annat för värmeåtervinning och luftläckage.

Tabell 1.2 C. Ventilationsdata

|          | Luftomsättning<br>oms/h | Värmeåtervinning<br>% | Läckage<br>oms/h | Ventilationsfaktor<br>W/K |
|----------|-------------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|
| SBN      | 0,5                     | 0                     | 0                | 38,6                      |
| PRAXIS   | 0,5                     | 60                    | 0,1              | 23,2                      |
| ELAK     | 0,5                     | 60                    | 0,1              | 23,1                      |
| LÄTTBYGG | 0,3                     | 0                     | 0                | 24,7                      |

Tabell 1.2 D. Brukarberoende data

|          | Personvärme<br>kWh | Varmvatten<br>kWh | Hushållsel<br>kWh |
|----------|--------------------|-------------------|-------------------|
| SBN      | } 1300             | 4000              | 5400              |
| PRAXIS   |                    |                   |                   |
| ELAK     |                    |                   |                   |
| LÄTTBYGG | 1300               | 3500              | 4000              |

Beräkningsresultaten sammanfattas i tabell 1.2 E och F samt av energibalanserna i bild 1.2 A. Jämfört med SBN minskar behovet av betald energi med 7000 kWh eller ca 40 % ( $7000/18300 = 0,38$ ). Räknar man enligt ELAK-normen (8) blir besparingen ca 60 % ( $5600/8900 = 0,63$ ).

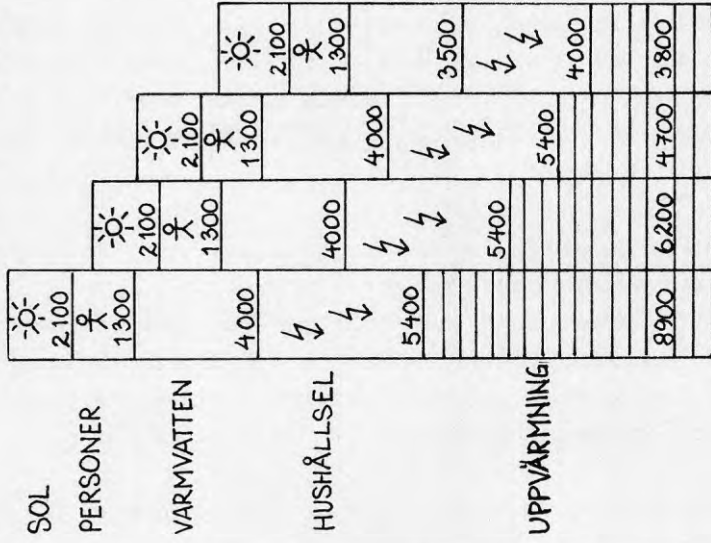
Tabell 1.2 E. Beräknade energi- och effektbehov enligt ENORM. Fönster med 3-glas har enligt tabell 1.2.B lägre k-värde och medför därför lägre energibehov.

|                  | Behov av<br>betald energi<br>kWh | Effektbehov<br>kW |
|------------------|----------------------------------|-------------------|
| SBN              | 18300                            | 4,1               |
| PRAXIS           | 15600                            | 3,1               |
| ELAK             | 14100                            | 2,6               |
| LÄTTBYGG, 4-glas | 11500                            | 2,2               |
| " , 3-glas       | 11000                            | 2,0               |

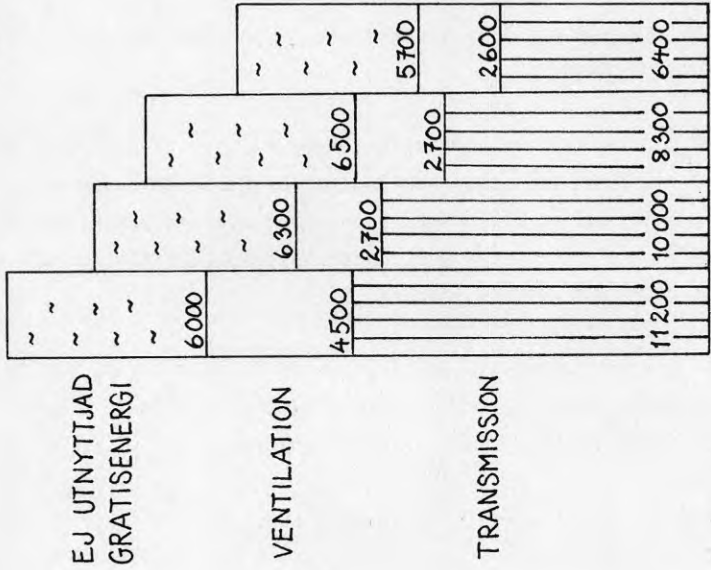
Tabell 1.2 F. Beräknad årlig energibesparing relativt SBN fördelad på varmvatten, hushållsel och uppvärmning

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| Varmvatten          | 4000 - 3500 = 500 kWh    |
| Hushållsel          | 5400 - 4000 = 1400 kWh   |
| Uppvärmning, 4-glas | 8900 - 4000 = 4900 kWh   |
| " , 3-glas          | 8900 - 3500 = 5400 kWh   |
| Summa, 4-glas       | 18300 - 11500 = 6800 kWh |
| " , 3-glas          | 18300 - 11000 = 7300 kWh |

SBN PRAXIS ELAK LÄTT BYGG



SBN PRAXIS ELAK LÄTT BYGG



SUMMA 21700 19000 17500 14700  
 varav KÖPT 18300 15600 14100 11300

SUMMA 21700 19000 17500 14700

Energibalanser beräknade med ENORM. Jämfört med SBN minskar det beräknade behovet av köpt energi med 7000 kWh eller ca 40% (7000/18300=0,38).

Bild 1.2 A.

### 1.3 Projektets genomförande

För att resultaten av projektet skulle kunna utnyttjas i praktisk tillämpning ställdes krav på att det skulle omfatta ett tillräckligt stort antal hus. Härigenom skulle det bli möjligt att följa upp husen och dra generella slutsatser utan att boende i ett enskilt hus skulle få alltför stor inverkan på helheten. Ett särskilt intresse förelåg här mot bakgrund av de bestämmelser för direktelvärm i småhus (8) som infördes vid årsskiftet 1983/84 .

Efter ett inledande programarbete beviljade Byggforskningsrådet i slutet av 1982 projektanslag för alternativprojektering. Denna inleddes med att lösa tomtfrågan. Täby kommun lyckades till slut hitta ett område i Visinge. Vid byggstarten i maj 1984 var 13 tomter helt klara. I augusti erhöles ytterligare 5 tomter, varigenom projektet kom att omfatta totalt 18 hus.

I alternativprojekteringen ingick också att utforma de tekniska systemlösningarna. Detta gjordes inom en arbetsgrupp och med stöd av en referensgrupp. Vidare har ett antal utomstående experter adjungerats till vissa möten, t ex hearings om ventilation och täthet.

I april 1984 upphandlade beställaren (Faluhus tillsammans med Swanboard-Masonite) projektering och byggande av husen på totalentreprenad av Diös Östra Bygg. Byggnationen påbörjades i maj 1984 och husen uppfördes under hösten. Inflyttning ägde rum under december -84 och januari -85.

Under genomförandet har uppförandet följts upp och de första mätningarna utförts. Det egentliga mätåret har varit 1986. Tiden innan får ses som en inkörningsperiod.

I bild 1.3 och i tabell 1.3 A och B visas en översiktlig tidplan, projektorganisationen och en tablå över några viktigare tidpunkter under projektets gång.

Tabell 1.3 A Projektorganisation

## Initiativtagare:

Åke Thorn, Swanboard-Masonite

## Projektledare:

Per-Olof Carlson, Arne Johnson Ingenjörbyrå

## Beställare:

Faluhus och Swanboard-Masonite

## Beställarens ombud:

Mats Hallgren, Täby kommun

## Totalentreprenör:

Carl-Gustaf Eriksson, Diös Östra Bygg

## Arbetsgrupp:

Åke Thorn, Swanboard-Masonite  
Bo Millbäck, Faluhus  
Lars Sundin, Faluhus  
Jan Sjölund, Arne Johnson Ingenjörbyrå  
Per-Olof Carlson, Arne Johnson Ingenjörbyrå  
David Södergren, Bengt Dahlgren Stockholm

## Referensgrupp:

Gunnar Anderlind, Gullfiber  
Arne Elmroth, Kungl Tekniska Högskolan  
Christer Harrysson, Bygg- och Energiteknik  
Arne Lögdberg, Bostadsdepartementet  
Karl Munther, Statens planverk  
Bertil Pettersson, Byggeforskningsrådet  
Gunnar Stahre, Bostadsstyrelsen

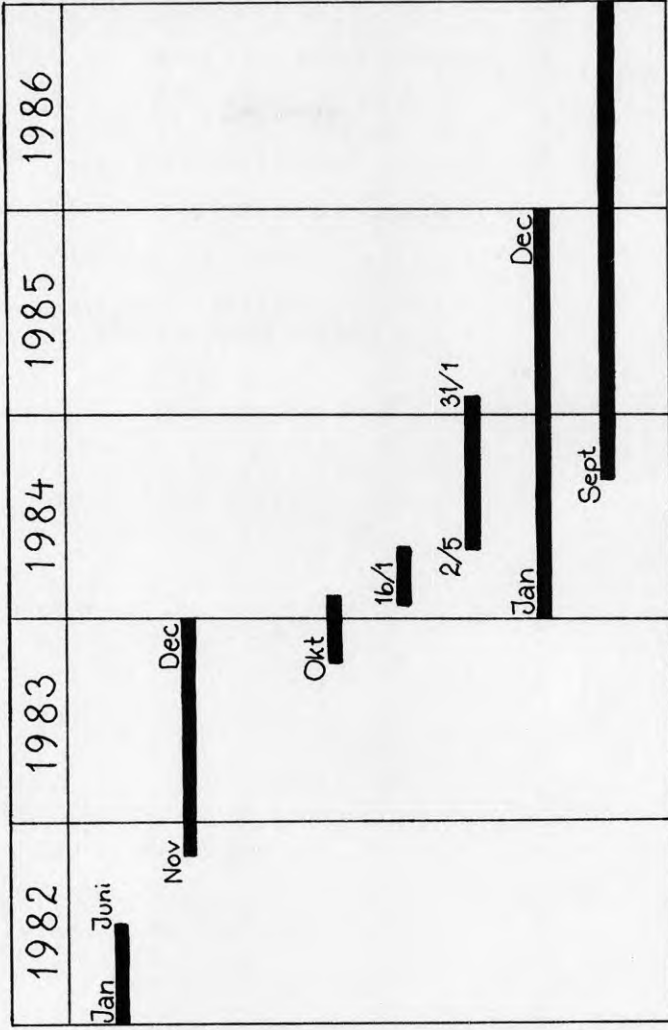
## Specialister för uppföljning, mätning och utvärdering:

Sune Andersson, Beräkningskonsulter  
Åke Blomsterberg, Statens provningsanstalt  
Sven Ohlsson, Chalmers Tekniska Högskola  
Tore Hansson, Anders Lindskog, Robert Roos och  
Torbjörn Schmidt, Träteknikcentrum

Tabell 1.3 B Dagbok (se även tabell 9.2 A)

|               |  |
|---------------|--|
| 25 mars 1983  | Arbetsgruppsmöte hos Faluhus i Falun   |
| 13 april 1983 | Ventilationsmöte   |
| 19 juni 1983  | Täthetsmöte  |
| 3 okt 1983    | Projektmöte hos Swanboard-Masonite i Rundvik. Besök i fabrik                                   |
| 16 aug 1983   | Möte med statens planverk om vissa ventilationsfrågor  |
| 5 sept 1983   | Arbetsgruppsmöte hos Faluhus i Falun   |
| 21 okt 1983   | Möte hos Täby kommun. Klart med 13 tomter + eventuellt ytterligare 5                           |
| 27 okt 1983   | Referensgruppsmöte. Preliminära resultat från alternativprojekteringen. Genomförande i Visinge |
| 1 dec 1983    | Projektmöte  |
| 11 april 1984 | Kontrakt skrivs med Diös Östra Bygg om 13 hus med option på ytterligare 5 hus                  |
| 21 maj 1984   | Byggstart. Markarbetena påbörjas.  |
| 28 juni 1984  | Besök hos Lättelement i Örnsköldsvik   |
| 21 aug 1984   | Referensgruppsmöte. Mät- och uppföljningsprogram. Besök i Visinge.                             |
| 3 sept 1984   | Besök hos Faluhus fabrik i Vansbro   |
| 30 nov 1984   | Första inflyttningen   |
| 5 sept 1985   | Referensgruppsmöte. Resultat från genomförandet och vissa tidiga mätningar.                    |
| 20 feb 1986   | Möte om fukt och energi.   |
| 25 sept 1986  | Referensgruppsmöte. Resultat från Första årets mätningar.                                      |





- I PROGRAM
- II ALTERNATIVPROJ.
- III GENOMFÖRANDE
  - a Förfrågn.underlag
  - b Upphandling, lån.
  - c Utbyggnad
- IV UPPFÖLJNING
- V MÄTNING & UTVÄRD.

Bild 1.3 A Tidplan



## 2      **TEKNISKA SYSTEMLÖSNINGAR**

I detta kapitel redovisas de tekniska systemlösningar som valts för utformningen av husen. I huvudsak begränsas redovisningen till de slutliga resultaten. Endast i de fall arbetet för att nå dit har principiellt intresse tas det med. Hur de tekniska systemlösningarna fungerar i praktiken finns redovisat i de efterföljande kapitlen.

### 2.1      Allmän utformning

Inom ramen för vad som bedömts vara rimligt med hänsyn till kostnader och utseende har en så energimässigt fördelaktig form som möjligt valts. Husen har därför utformats som 1 1/2-plans hus med en relativt sett liten omslutande yta klimathölje i förhållande till boendeytan.

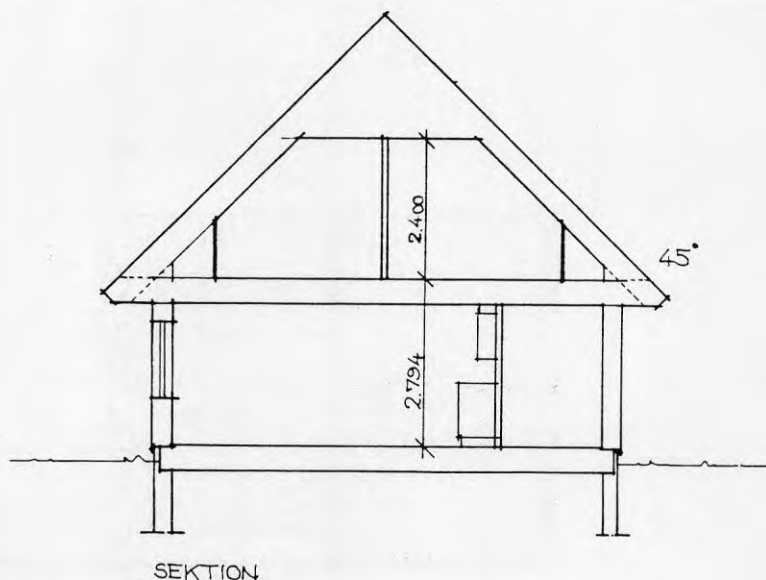


Bild 2.1 A    Sektion. De utvändiga planmått är ca 10,30x7,90 m. Nockhöjd ca 7,5 m. Den primära bruksarean är ca 118 m<sup>2</sup>.

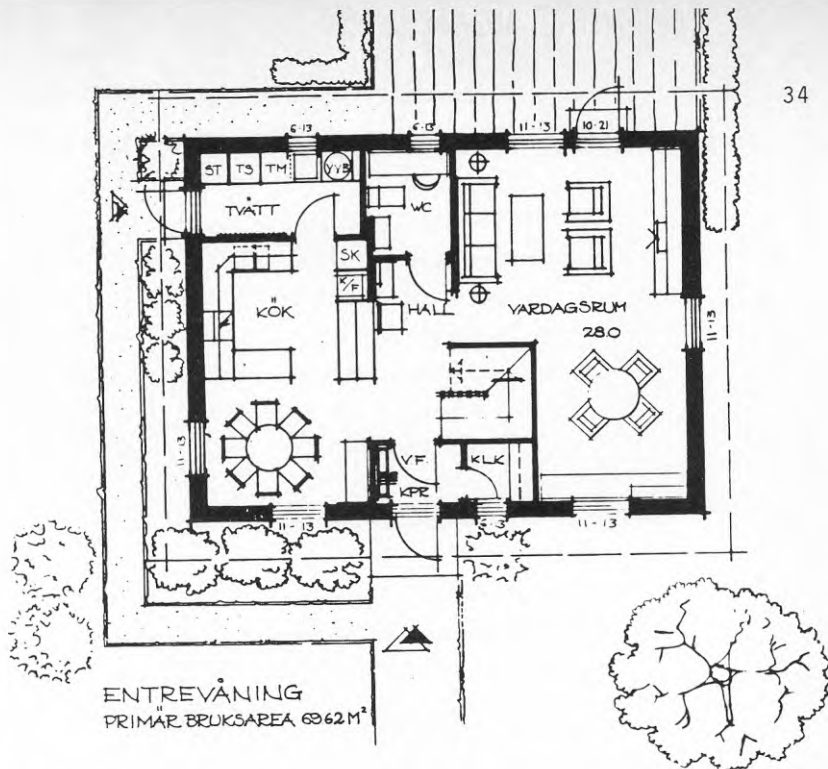


Bild 2.1 B Entrevåning. Primär bruksarea 69.62 m<sup>2</sup>.

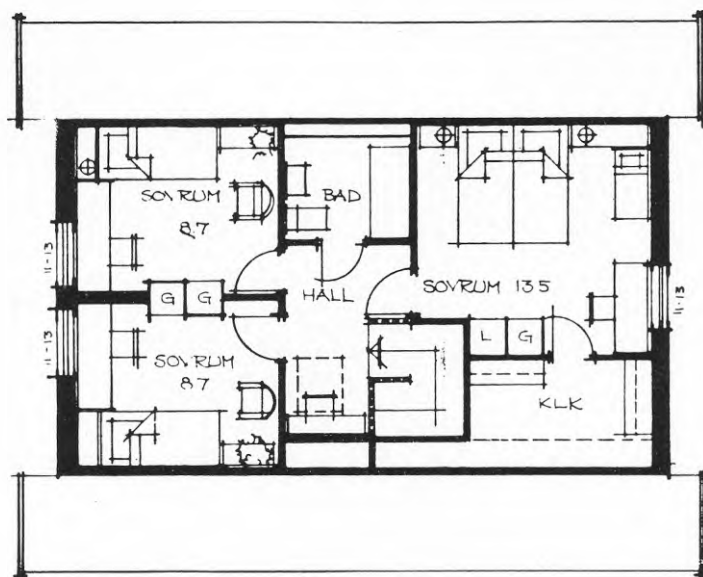


Bild 2.1 C Vindsvåning. Primär bruksarea 48.76 m<sup>2</sup>.

Den förenklade grundläggningen av husen (se nedan i avsnitt 2.2) innebär att de saknar bärande innerväggar. Härigenom kan planlösningen göras helt fritt utan låsningar. Det är således möjligt att effektivt utnyttja ytorna till bra planlösningar. Dessutom förenklas framtida ändringar av rumsindelningen.

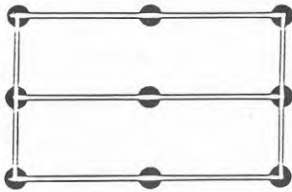
Husen har försetts med relativt stora takutsprång. Förutom de utseendemässiga aspekterna ger dessa takfötter ett skydd för fasader och fönster mot regn och annan fukt. Dessutom skuggar de fönstren mot den högt stående solen på sommaren och minskar därmed risken för problem med övertemperaturer inomhus. Den lågt stående höst-, vinter- och vårsolen har man dock fortfarande möjlighet att tillgodogöra sig i stor utsträckning.

## 2.2 Krypgrund med stor spännvidd

Grundläggningen är utformad som en krypgrund med grundbalkar av betong på plintar eller pålar. Då huset är välisolerat blir höjden hos balkarna i bottenbjälklaget 400 mm. Denna höjd utnyttjas statiskt så att balkarna bär helt fritt över hela husets bredd på 7,2 m. Härigenom förenklas grundläggningen avsevärt. Denna typ av bjälklag med stor spännvidd har veterligen inte förekommit tidigare i småhus. Utformningen har därför gjorts med särskild omsorg.

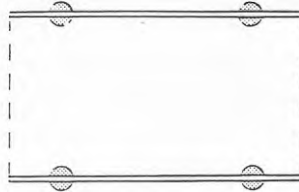
I bild 2.2 B visas en grundplan med en infälld sektion av grundbalken. För att huset inte skall hamna för högt och för att "på köpet" få en sockel till husets långfasader har balken utformats som ett säte. Den lilla extrakostnaden för denna balkform uppvägs mer än väl av den besparing man gör genom att slippa särskild sockelinklädnad. Gavlarna tillsluts med fibercement-skivor.

### Traditionell grundläggning



9-11 Plintar  
5 Betongbalkar

### Lättbygg 85 grundläggning



4 Plintar  
2 Betongbalkar  
(+2 skivor)

Bild 2.2 A. Traditionell kryppgrund jämfört med förenklad kryppgrund enligt LÄTTBYGG 85. Denna innebär att huset är grundlagt på endast en grundbalk utefter vardera långfasaden. Grundbalken är i sin tur upplagd på två plintar.

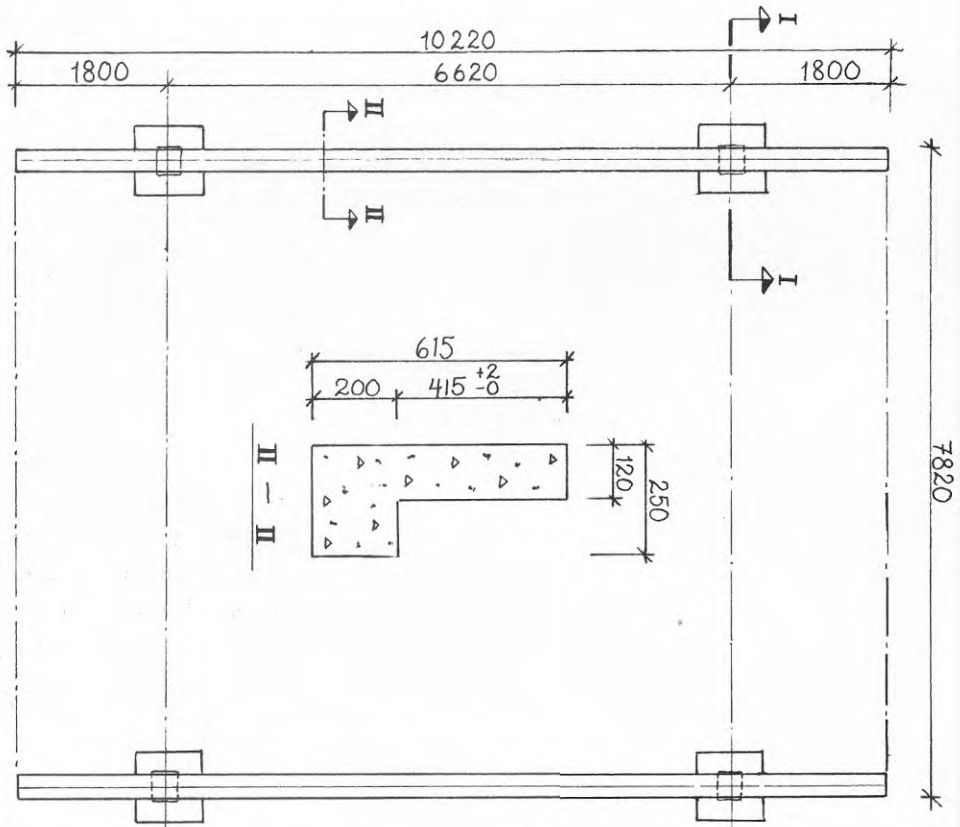


Bild 2.2 B Grundplan med infälld sektion av grundbalk.

I bild 2.2 C visas hur plintarna kan utformas vid olika markförhållanden. Som synes är det enkelt att grundlägga huset på de mest skiftande marktyper. Samtidigt är det lätt att klara av relativt stora nivåskillnader utan speciella åtgärder. Detta gör att den förenklade krypgrunden är mycket lätt att anpassa till varierande markförhållanden.

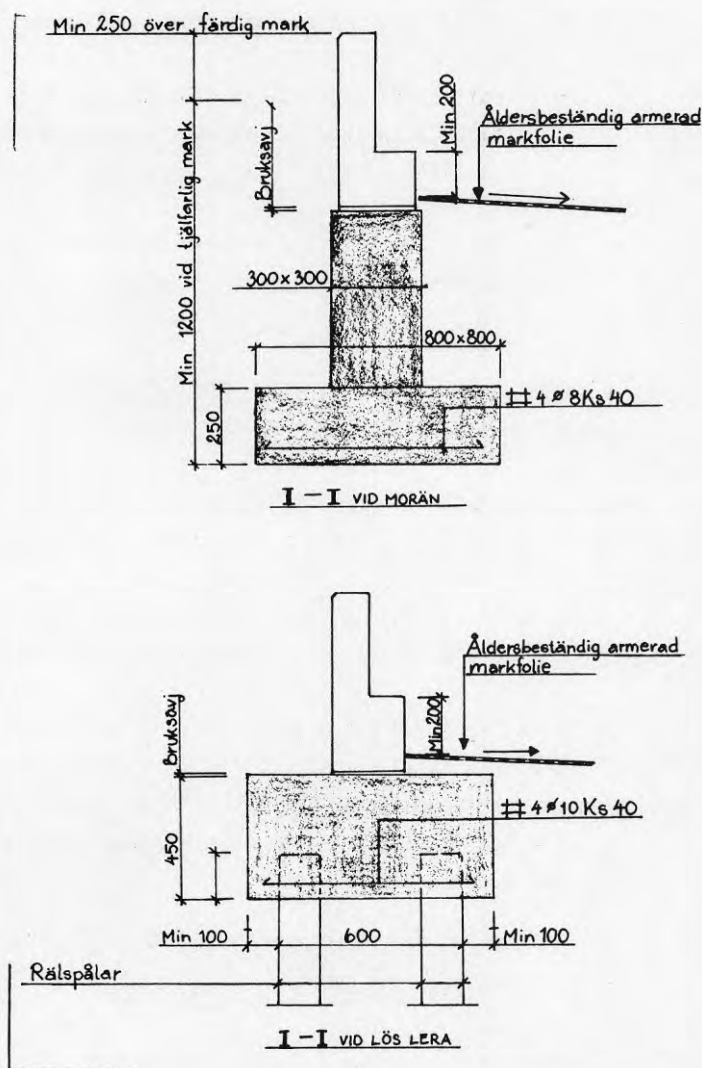


Bild 2.2 C Utformning av plintar vid grundläggning på morän respektive lös lera.

Fuktproblematiken för kryprummet har ägnats särskild uppmärksamhet. Varierande fuktklimat för bjälklagsbalkarnas över- respektive underfläns kan ge deformationer hos bjälklaget. För hög relativ fuktighet kan orsaka röta och mögelangrepp. För att minska riskerna för dessa negativa effekter har följande åtgärder vidtagits.

- o Fuktbelastningen i kryprummet minskas genom dränering av grunden och täckning med plastfolie.
- o Bottenbjälklaget byggs "torrt" på fabrik med formstabila lättbalkar av uttorkat virke och med plåt på undersidan.
- o Ventilering av kryprummet sker genom öppningar som löper längs hela gavlarna (bild 2.2 D).

Enligt SBN 80 krävs en total öppningsarea på 0,10 m<sup>2</sup> per 100 m<sup>2</sup> bjälklagsarea. I LÄTTBYGG 85 får vi

genom springan i Mineritskivan

$$2 \times 0,06 \times 7,5 \times 2,4 / (2,4 + 0,7) = 0,70 \text{ m}^2$$

genom den vertikala spalten

$$2 \times 0,045 \times 7,5 (1 - 0,045 / 0,40) = 0,60 \text{ m}^2.$$

Med bjälklagsarean  $8,5 \times 9,6 = 72 \text{ m}^2$  blir den minsta öppningsarean  $0,60 \times 100 / 72 = 0,83 \text{ m}^2 / 100 \text{ m}^2$  bjälklagsarea, dvs drygt 8 gånger större än vad SBN kräver. Man bör dock ha i åtanke att en Z-formad ventilationsspalt är betydligt mindre effektiv än en rak.

### 2.3 Välisolerat och tätt klimathölje

I syfte att åstadkomma energisnåla hus till låga kostnader spelar ett välisolerat och tätt klimathölje en avgörande roll. Detta har visat sig i tidigare experimentprojekt, t ex Täbyprojektet i Stockholm (35) och Villa -80 i Umeå (29,30).



VENTILATIONSSPRINGA 60MM HUSBREDD  
TÄCKES MED TRÅDDUK MASKVIDD 2,4MM  
TRÅDTJ 0,7MM fz STÅL

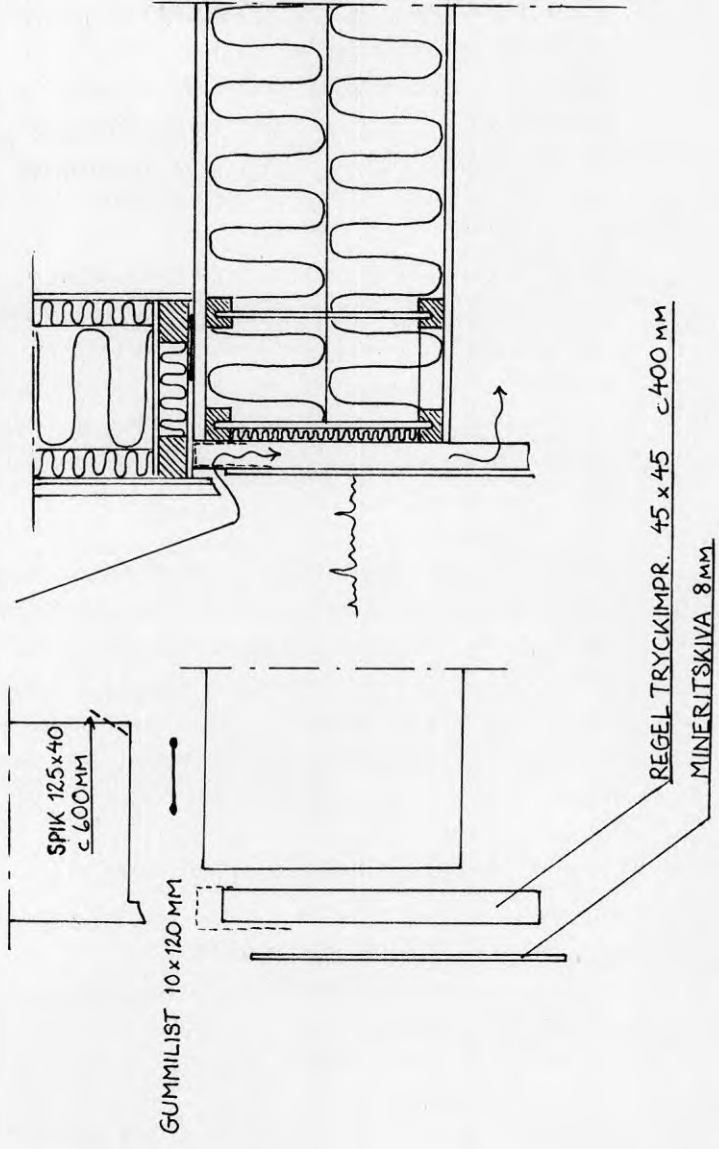


Bild 2.2 D Ventilering av kryprum.

För att utföra klimathöljen med tjocka isolerskikt på ett ekonomiskt och energisnålt sätt har olika typer av lättreglar utvecklats. Ett exempel är Masonite-regeln som gör att köldbryggorna blir ett minimum. Det senare har bland annat demonstrerats vid provningar av typen "Guarded Hot Box" på Chalmers (15) där man för en yttervägg med regler c 600 har visat att den procentuella försämringen av k-värdet på grund av köldbryggorna är mindre än 4 %. Vid en teoretisk beräkning med antagande att den procentuella andelen regler är 15 % varav genomgående livandel 2 % har visat sig ge en god approximation av k-värdet.

I projekt LÄTTBYGG 85 förbättrades ytterväggen litet mer. Antalet väggreglar halverades genom att de placerades på 1200 mm inbördes avstånd i stället för som traditionellt 600 mm. Härigenom förenklades väggkonstruktionen och inplaceringen av fönster. Dessutom minskade antalet köldbryggor och antalet skarvar för diffusionsspärren. Väggen utfördes vidare oventilerad.

Tjocka oventilerade ytterväggar i kombination med väggreglar på 1200 mm inbördes avstånd har tidigare endast använts i några få experimenthus. Resultaten härav har varit goda (29, 30). Avsikten i LÄTTBYGG 85 har varit att tillämpa denna konstruktion i större skala och att följa upp, mäta och utvärdera den med hänsyn till dels kostnader och utförande, dels fukt och deformationer.

Klimathöljet består i princip av följande delar.

- Bottenbjälklagskassetter
- Ytterväggselement
- Takkomponenter

Ambitionen har varit att utföra så mycket som möjligt på fabrik. Detta för att minska riskerna för att bygga in fukt som senare kan leda till problem.

Bottenbjälklaget spänner fritt över hela husets bredd och är upplagt på två grundbalkar av betong, en utefter vardera långfasaden. Bottenbjälklaget består av fyra kassetter tillverkade på fabrik av Masonite Lättelement. Varje element är 2,4 x 7,5 x 0,45 m. I kassettskarv skruvlimmas spånskivan till Masonitebalk.

Krypgrunden är inspekterbar genom en inspektionlucka i kläd-kammaren på bottenvåningen.

På gavlarna är krypgrunden tillsluten med en 6 mm cementbunden träfiberskiva (Minerit) monterad på tryckimpregnerade träreglar c 400 mm. I överkanten av Mineritskivan finns en 60 mm hög ventilationsspringa längs hela husets bredd. Ventilationsspringan är försedd med en trådduk av varmförzinkat stål.

Ytterväggarna består av element som tillverkats på Faluhus fabrik. I bottenvåningen finns sex element, och i det övre planet tre element per gavel. I bild 2.3 A visas en sektion genom yttervägg och bottenbjälklag. Bild 2.3 B visar en horisontalsektion genom ytterväggen vid hörn.

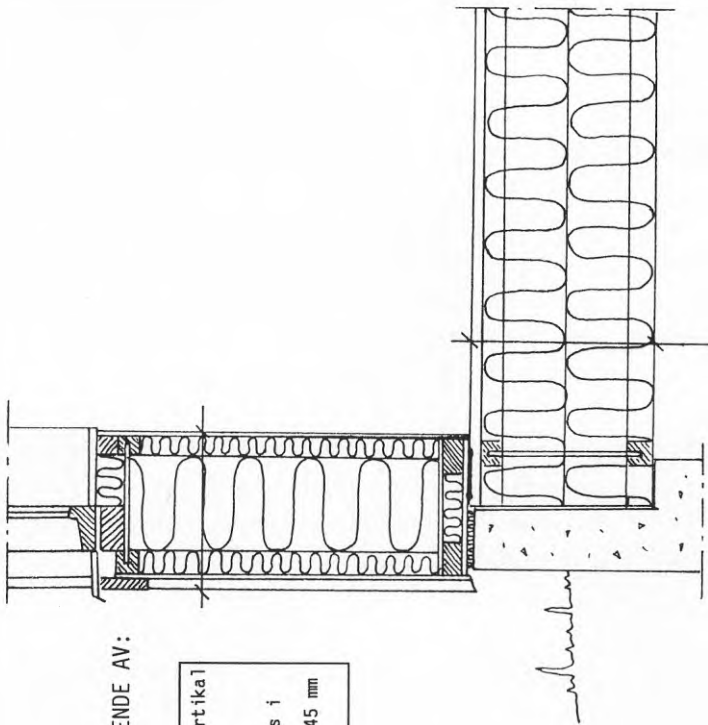
Mellanbjälklaget levereras som fyra kassetter bestående av 22 mm golvspånskiva skruvlimmad till 400 mm Masonite-balkar c 600. Isolering av 45 mm mineralull för ljuddämpning samt innertak av träfiberelement monterades på byggarbetsplatsen.

Taket lutar 45° och är uppbyggt av prefabricerade bärande takstolar (bild 2.3 C). Taket i övrigt har byggts på plats (bild 2.3 D). Regnvatten från taket samlas upp i hängrännor och leds via stuprör till grunden.

Fönstren kommer från Elitfönster och är 3-glas respektive 4-glas i vardera hälften av husen. I bottenvåningen är endast fönstren i kök och WC samt ett i vardagsrum öppningsbara. Övriga är fasta. I övervåningen är samtliga fönster öppningsbara.

## YTTERVÄGGELEMENT BESTÅENDE AV:

- 10 mm Masonite fasadskiva 50 mm bred vertikala träfäkt
- 300 mm Masonite lättreglar c 1200
- 300 mm Gullfiber mineralull
- 0,2 mm Essem Uvetherm plastfolie (saknas i ett av husen)
- 9,2 mm Masonite byggboard avstyvad med 45 mm horisontella träreglar c 800.



- 22 mm golvspånskiva
- 400 mm Gullfiber mineralull
- 400 mm Masonite lättbalk c 600 mm
- 0,6 mm galvaniserad, lackad stålplåt (utom i ett hus där det är 12 mm spontad plywood)

Bild 2.3 A Vertikalsektion genom yttervägg och bottenbjälklag.

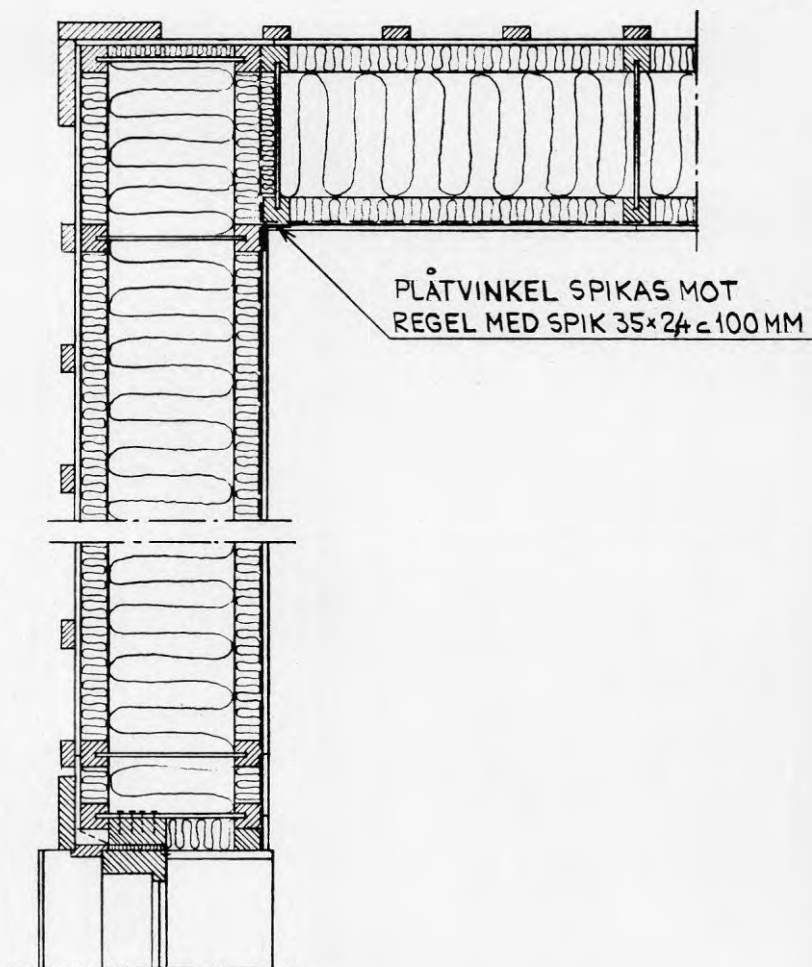


Bild 2.3 B Horisontalsektion av yttervägg

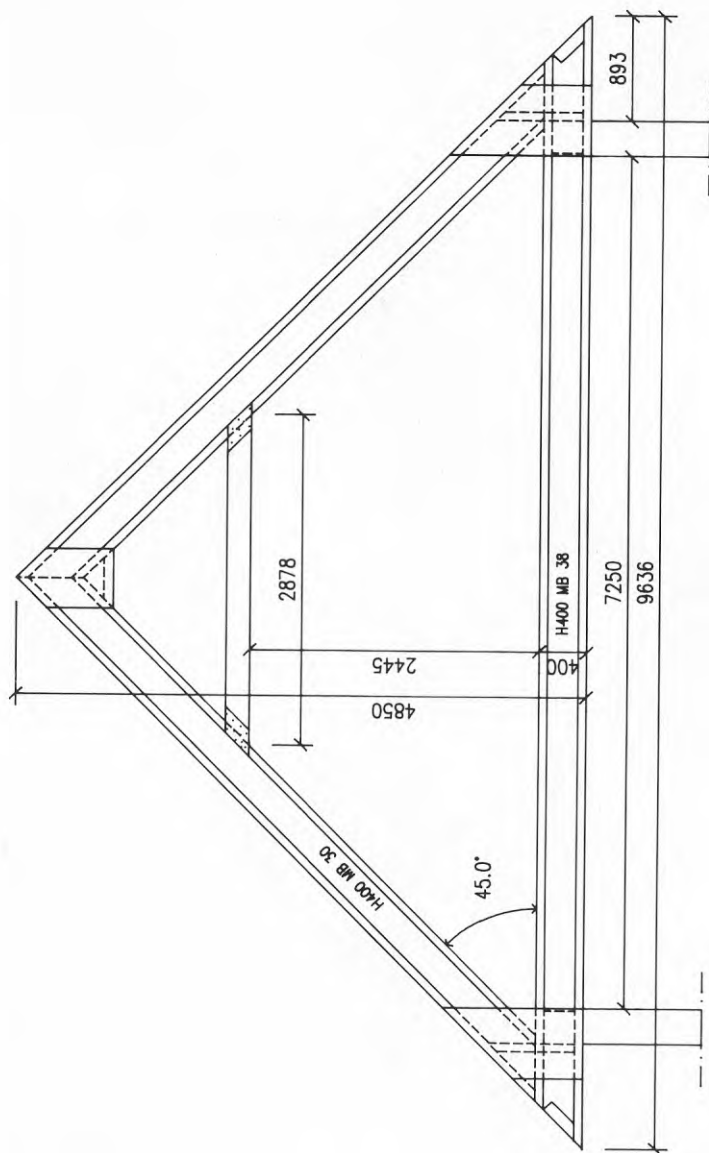
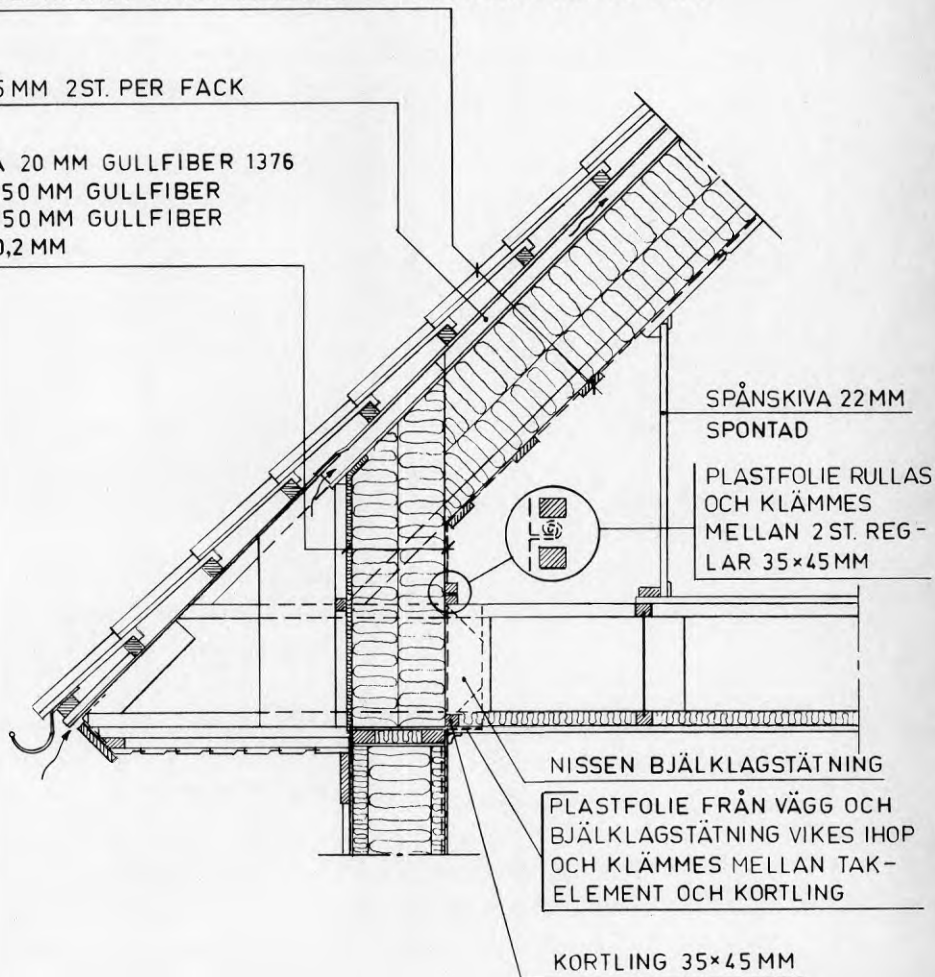


Bild 2.3 C Takstol - prefabricerad med 400 mm Masonite lättbalkar c 1200 som högben och 45x195 mm träbalkar som hanbjälkar.

BETONGTAKPANNOR  
 MASONITE TAKLUCKA MED PÅSPIKAD LÄKT  
 LUFTSPALT 45 MM  
 BOARD 3,2MM FÄRDIGKAPAD  
 MINERALULL 195 MM GULLFIBER 1260  
 MINERALULL 160 MM GULLFIBER 1240  
 PLASTFOLIE 0,2 MM  
 TAKELEMENT 22×400×2400 MM GRUNDMÅLAD  
 UTANFÖR STÖDBENSVÄGG BYTES TAKELEMENT TILL GLESPANEL 22×95MM

REGLAR 35×45 MM 2ST. PER FACK

TAKFOTSSKIVA 20 MM GULLFIBER 1376  
 MINERALULL 150 MM GULLFIBER  
 MINERALULL 150 MM GULLFIBER  
 PLASTFOLIE 0,2 MM



2.3 D Sektion genom takfot

## 2.4 Brukarstyrd frånluftsventilation

Ventilationssystemet har utformats med förutsättningen att huset är välisolerat och tätt. Målsättningen har varit att garantera god luftomsättning i alla utrymmen. Tidigare erfarenheter har visat att särskilt sovrum ofta har en oacceptabelt låg luftomsättning. Ett modifierat frånluftssystem enligt följande har befunnits ge en enkel och tålig konstruktion och ändå åstadkomma en god komfort till låg kostnad.

- o Tilluft genom små reglerbara friskluftsventiler med cirkulära spridare i vägg ovanför fönster.
- o Under varje fönster med friskluftsventil placeras en radiator. Risk för störande kallras reduceras med detta.
- o Frånluften tas ut med fläkt på tak enligt två olika principer i vardera hälften av husen.
  - a) "Serieströmning" med överluftsdon från sovrum till undertak i hall på övervåning och vidare till badrum.
  - b) "Parallellströmning" med frånluftsdon från sovrum anslutna direkt till frånluftsfläkten, parallellt med utsugning från badrum.

För båda principerna är ventilationssystemen identiska i bottenvåningen (bild 2.4 A). Däremot skiljer de sig åt i övervåningen (bild 2.4 B och C).

Målet har dessutom varit att inte ventileras mer än nödvändigt. Genom att anpassa luftväxlingen efter behovet kan den totala luftomsättningen under uppvärmningssäsongen begränsas utan att komforten och luftkvaliteten blir dålig.

Enligt SBN 80 kapitel 36:41 skall en bostad förses med installationer för ventilation som skall kunna tillgodose en kontinuerlig luftväxling av lägst 0,35 l/sm<sup>2</sup> lägenhetsyta. Denna luft-



DT = DRAGAVBROTT

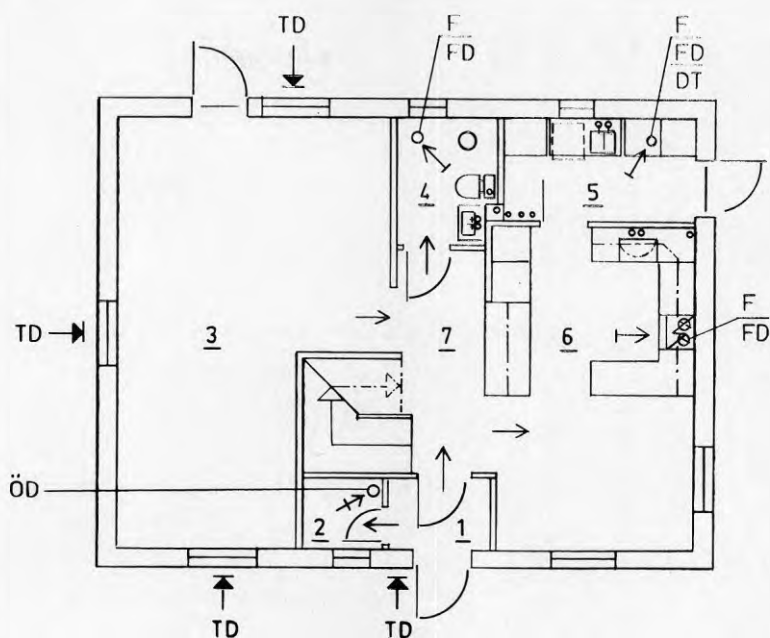
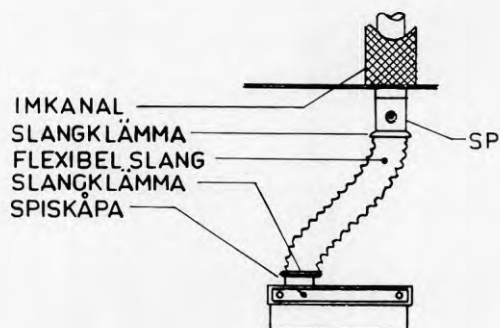
ENTRÉVÅNINGSPISKÅPA

Bild 2.4 A Ventilationssystem i entréväning (lika för serie- och parallellströmning).

F = FRÅNLUFTKANAL  
 FD = FRÅNLUFTDON  
 TD = TILLUFTDON  
 FF = TAKFLÄKT  
 ÖD = ÖVERLUFTSDON

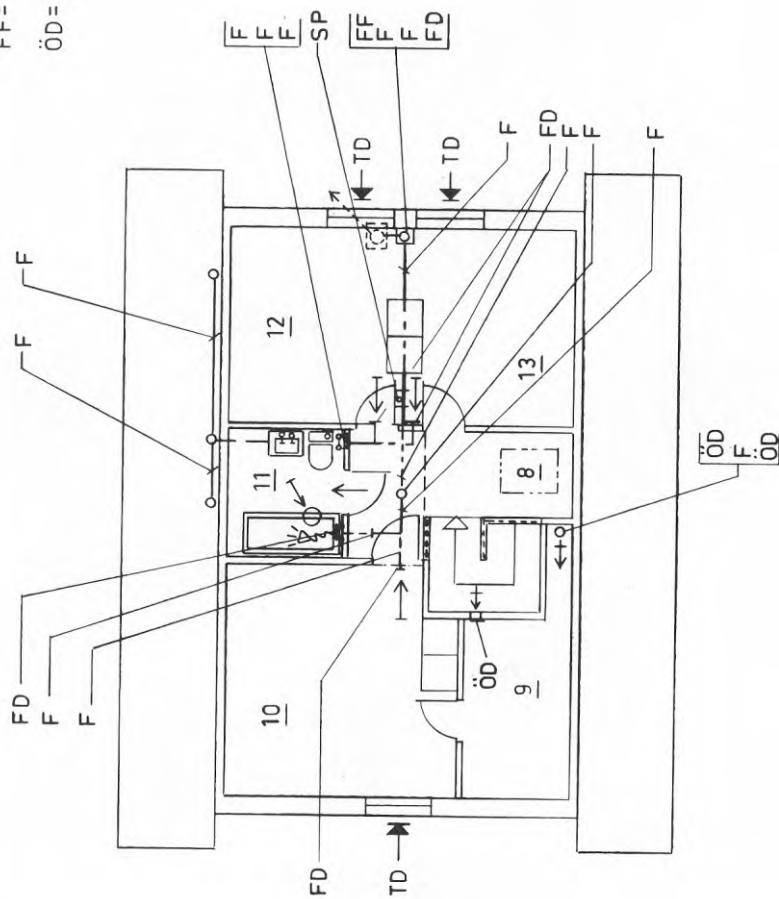


Bild 2.4 B Ventilation av vindsvåningen. Parallellströmning

SP= INJUST.SPJÄLL

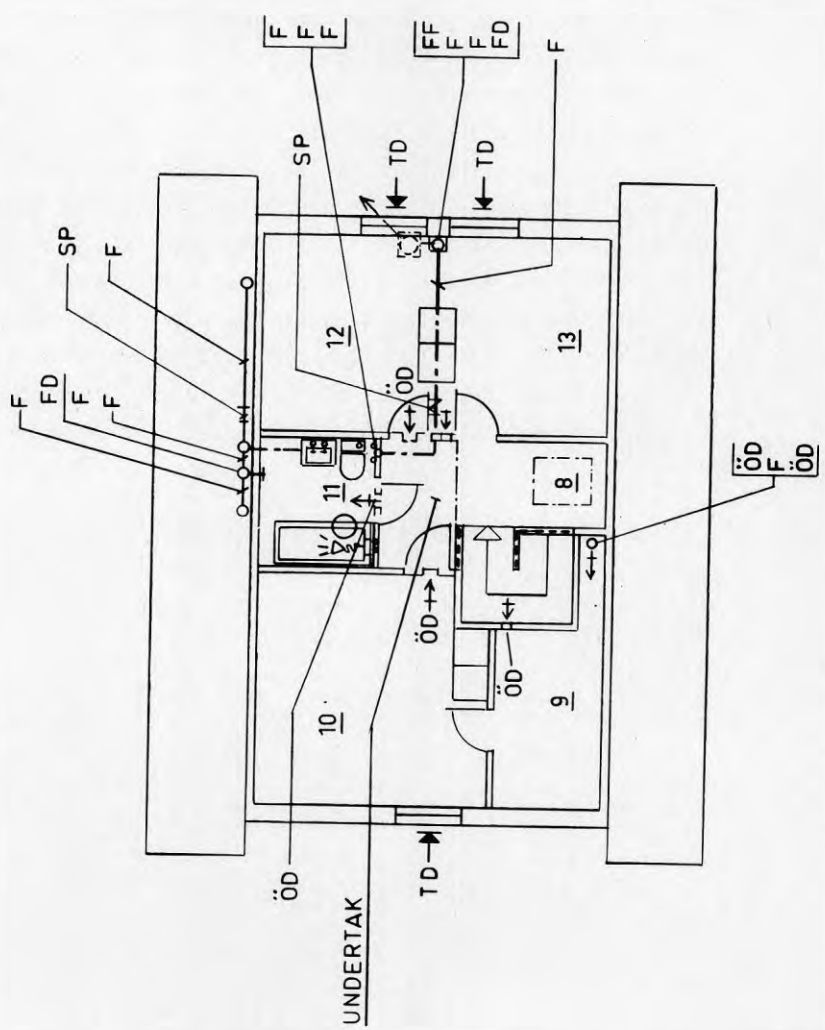


Bild 2.4 C Ventilation av vindsvången. Serieströmning

växling motsvarar ca 0,5 oms/h.

En konsekvens av att ventilationen regleras och anpassas efter behoven är att den genomsnittliga luftomsättningen under ett år blir lägre än 0,5 oms/h. Detta är helt godtagbart och strider inte mot SBNs krav. Enligt normen är det fullt tillräckligt att vid behov kunna nå upp till en kontinuerlig luftväxling på 0,5 oms/h, dvs ventilationssystemet måste ha en sådan kapacitet.

För att få ett bra inomhusklimat samt kunna följa och påverka energibehovet krävs det någon form av reglermöjligheter. Dessa bör vara så enkla och pålitliga som möjligt. Sofistikerade instrument med mikroelektronik fanns inte annat än i prototyper när projekteringen av LÄTTBYGG 85 utfördes. De har därför inte varit aktuella i detta projekt. I stället har en enkel panel placerats på väggen vid utgången till vindfånget. Genom att ställa in vredet på panelen i tre olika lägen kan frånluftsfläkstens varvtal och därmed luftflödet genom huset ändras i tre steg benämnda max, hemma och borta. Dessa tre lägen har projekterats för 120, 70 resp 35 m<sup>3</sup>/h. Den ventilerade volymen är 234 m<sup>3</sup>. I tabell 2.4 A visas ett exempel på driftschema som ger en genomsnittlig luftomsättning under året på ca 0,3 oms/h.

Tabell 2.4 A Exempel på luftomsättning vid brukarstyrd ventilation. Ventilerad volym 234 m<sup>3</sup>.

| Driftsfall/läge | Drifttid<br>h/dygn | Luftflöde<br>m <sup>3</sup> /h | Luftomsättning<br>Oms/h |
|-----------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 1. Max          | 4                  | 120                            | 0,51                    |
| 2. Hemma        | 12                 | 70                             | 0,30                    |
| 3. Borta        | 8                  | 35                             | 0,15                    |
| Medel           |                    | 67                             | 0,29                    |

I LÄTTBYGG 85 sker således brukarstyrningen på följande sätt.

- o Det totala frånluftflödet kan ställas in på tre lägen (max, hemma och borta).
- o Tilluften till skilda rum kan regleras individuellt genom omställning av friskluftintagen
- o I kök kan forcering ske med tidsstyrt vred på spiskåpan.
- o I badrummet kan en tidsstyrd forcering fås.

Genom denna behovsstyrning beräknas den genomsnittliga luftomsättningen under året inte behöva bli mer än ca 0,3 oms/h, samtidigt som 0,5 oms/h kan erhållas när behov föreligger.

## 2.5 Direktverkande elvärme

Genom att värmebehovet med olika åtgärder har blivit mycket litet är det från ekonomisk synpunkt inte motiverat att välja någon annan energiform än direktverkande elvärme, även om elpriset på grund av kärnkraftsavvecklingen kan komma att stiga snabbare än andra energiformer. Elenergi är ur hygienisk synpunkt mycket fördelaktigt och installationerna blir betydligt billigare än med andra energiformer.

För uppvärmning har därför valts stickproppsanslutna elradiatorer av typ Eldon PAK. Dessa har bimetaltermostat försedd med en styrenhet vars uppgift är att förkorta tiden mellan radiatorns till/frånslag till nästa tillslag samt att motverka drivning av reglerpunkten. Radiatorerna har (utom i våtutrymmen) två effektlägen (yttemperatur 60 respektive 90 °C). Den ursprungligen installerade effekten uppgick till 2,2 (4,4) kW. Senare har den kompletterats med ytterligare 0,4 kW (se mer härom i avsnitt 3.3).

Tabell 2.5 A. Elradiatorer

| Rum          | Antal      | Effekt, W (60/90°) |
|--------------|------------|--------------------|
| Övervåning   | Sovrum     | 1 425/850          |
|              | Sovrum     | 2 300/600          |
|              | Badrum     | 1 150              |
| Bottenvåning | Vardagsrum | 3 250/500          |
|              | Kök        | 1 300/600          |
| Summa        |            | 2225/4400          |
| Bottenvåning | WC         | 1 250              |
|              | Vindfång   | 1 150              |
| Totalt       |            | 2625/4700          |

I två av husen har takvärme installerats. Syftet var att göra jämförande mätningar av energi och komfort. För detta ändamål utvecklade Elo-Duvnäs tillsammans med Säffle Boardelement en innertakskiva med inbyggd värmefolie "SB värmekassett". Den består av hårda boardskivor på ömse sidor om en träram med "honeycomb" som distansmaterial. Syftet med att bygga in värmefolien på detta sätt var att minska värmemotståndet mellan folien och takets inneryta. På så sätt utnyttjas takvärmerna effektivare. Totalt har installerats 4,6 kW per hus.

Tabell 2.5 B. Takvärmekassetter

| Rum          | Antal | Effekt, W |
|--------------|-------|-----------|
| Övervåning   | 6     | 275       |
|              | 1     | 150       |
| Bottenvåning | 10    | 275       |
| Summa        |       | 4550      |

## 2.6 Eldragningar

För att undvika punkteringar av plastfolien har all eldragnings i ytterväggar tagits bort. I stället har eldragningsarna förlagts till innerväggar, mellanbjälklag, stödbensvägg och handbjälklag. För att klara matning till vardagsrum och kök har vissa ledningar förlagts i en ellist vid golvet.

## 2.7 Vatteninstallationer

Flera utredningar har visat (bl a 4) att det är möjligt med relativt enkla medel att väsentligt minska såväl förbrukningen av varm- och kallvatten som värmeförlusterna från installationerna. I LÄTTBYGG 85 har så långt det varit ekonomiskt försvarbart dessa erfarenheter utnyttjats. I sammandrag har vidtagits följande åtgärder.

- o Utformat planlösningen så att vattenledningarna har koncentrerats och därmed ledningsdragningsarna blivit kortare.
- o Installerat vattensnåla blandare.
- o Ställt in varmvattentemperaturen så att den blir ca 45° C vid tappstället.
- o Valt en varmvattenberedare på 200 liter med mycket låga tomgångsförluster (lägst enligt Konsumentverkets test 1982).

Enligt ELAK-bestämmelserna (8) anges varmvattenbehovet schablonmässigt till 4000 kWh/år. Som ett medelvärde är detta sannolikt för högt. De nämnda utredningarna (bl a 4) tyder på det. Med de ovan angivna sparåtgärderna blir energibehovet för varmvatten betydligt lägre, troligen ned mot 3000 kWh/år. Försiktigtvis har valts att räkna med 3500 kWh/år i energibalanserna vid projekteringen. Troligen blir den lägre om förbrukningen begränsas genom medveten sparsamhet.

I flera projekt har snålspolande toaletter av typ Gustafsbergs Water Saving System visat sig vara ett lönsamt sätt att spara vatten. Besparingen består i att vattenmängden per spolning reduceras från 6 liter till 3 liter. Denna spolmängd kan befaras vara för liten för att åstadkomma tillräcklig självrensning i markförlagda ledningar. Genom att förse avloppssystemet med en hävertbrunn har man löst detta problem och kan ackumulera en större mängd spolvatten som utspolas i ett moment. Häverten innebär en merkostnad som skall betalas av inbesparad vattenmängd.

Om avståndet mellan toalettstolarna inte är för stort (max 25 m) kan flera stolar anslutas till samma hävert. Detta är som regel en förutsättning för att få lönsamhet. I projekt LÄTTBYGG 85 visade det sig att husen låg så glest att det behövdes en hävert per hus. Därigenom blev lönsamheten alltför dålig för att åtgärden skulle vara ekonomiskt motiverad. (Se även kapitel 8.)

## 2.8 Hushållsapparater

Hushållsapparater svarar för en betydande del av energianvändningen i ett småhus. En del av denna energi återförs till huset i form av värme (s k gratisvärme), medan resten går förlorad framför allt under perioder då ett värmeöverskott föreligger. Andelen gratisvärme varierar således med uppvärmningsbehovet. Av hushållselen kan en betydligt större del tillgodogöras som gratisvärme än vad som är fallet med varmvatten (41).

Inom ramen för projekt LÄTTBYGG 85 har en översiktlig genomgång gjorts av möjligheterna att spara energi genom att utnyttja energisnåla hushållsapparater. Genomgången bygger framför allt på material som erhållits från Konsumentverket (KOV) och på uppgifter som lämnats av Matts Strååt vid Electrolux (11, 18, 25, 50).



Sedan mitten av 1970-talet har det utförts en hel del utrednings- och utvecklingsarbete i syfte att minska hushållens energianvändning. Bland annat har konstruktionsförändringar successivt genomförts på olika hushållsapparater. För vissa produktslag har energibesparingen varit stor. Som exempel har Matts Strååt vid Electrolux pekat på att en 300 l frys 1983 förbrukade bara 44 % jämfört med motsvarande frys år 1975. För diskmaskiner var motsvarande siffra 55 %.

Energiebehovet för hushållsel och varmvatten är förvånansvärt dåligt kartlagt. De värden som i dag (1983) vanligen används som ett mått på vad känd och beprövad teknik klarar av, anges av Munther (41) till 5000 kWh/år för hushållsel och 4000 kWh/år till varmvatten. Flera olika projekt antyder dock att dessa värden är alltför höga för nyproducerade småhus. För varmvattenförbrukningen har i föregående avsnitt antytts att 3000 kWh/år kanske är en mer realistisk nivå. I det följande görs en kort genomgång av elförbrukningen för olika hushållsapparater.

#### Kyl och frys

De energibesparande åtgärder som kommer fram ur utvecklingsarbetet införs successivt i den normala produktionen. Det finns därför inga särskilt energisnåla varianter. Det som varierar är storlek och olika kombinationer av kyl, sval och frys. För en kombinerad kyl/frys på 355 liter är elförbrukningen ca 660 kWh/år.

#### Spis

Elförbrukningen för en spis beror mycket på hur den används. Ett rimligt riktvärde kan vara ca 500 kWh/år. Härutöver tillkommer ytterligare ca 100 kWh/år för kaffekokare. Med s k varmluftsugn kan man enligt Konsumentverkets prov kanske spara in några 10-tal kWh/år. Enbart denna besparing motiverar dock inte på långa vägar merkostnaden på ca 1 500 kr.

### Diskmaskin

Handdiskning är som regel det mest energikrävande sättet att diska. Vid normal handdisk för en familj med 4 personer, dvs diskning i låda och sköljning under rinnande vatten, åtgår ca 1900 kWh/år. Vid sparsam handdisk med sköljning i låda åtgår ca hälften, dvs ca 1000 kWh/år.

Maskindiskning sker enligt ett diskprogram vilket normalt består av:

- en eller två sköljningar
- diskmoment med uppvärmning till ca 65 °C
- två eller tre sköljningar
- torkning med i de flesta fall värmeelement påkopplat i intervaller.

Diskmaskinen kan anslutas till varm- eller kallvatten. Vid kallvattenanslutning värms vattnet i maskinen upp under diskmomentet och sista sköljningen. Vid varmvattenanslutning används varmt vatten i alla moment. Anslutning till kallvatten kräver 30-50 % mindre energi jämfört med anslutning till varmvatten. Nackdelen med kallvattenanslutning är att disktiden förlängs. Diskmaskinerna var 1983 som regel varmvattenanslutna.

För t ex Electrolux standarddiskmaskin (BW 200) uppgavs energiförbrukningen vid kall- respektive varmvattenanslutning till 580 respektive 930 kWh/år. Disktiden angavs till 125 respektive 75 minuter, dvs 50 minuter längre vid kallvattenanslutning. Detta kunde dock delvis kompenseras om diskmaskinen anslöts till 2- eller 3-fas i stället för som normalt till 1-fas. Härigenom blev värmeeffekten högre, uppvärmningen påskyndades och disktiden förkortades ca 30 minuter.

Någon liten energibesparing (högst 50 kWh/år) kan göras vid maskindisk om man kopplar ur torkningsmomentet och låter disken lufttorka i stället. Alternativt kan man stänga av maskinen före torkperiodens början.

### Tvättning och torkning

Tvättmaskiner ansluts i Sverige alltid till kallvatten. För en normal tvättmaskin ur Electrolux sortiment (WH 875) med 3,4 kg kapacitet är energiförbrukningen för vittvätt 90 °C ca 0,8 kWh/kg och för syntettvätt 60 °C ca 0,9 kWh/kg. En 4-personersfamilj antas tvätta ca 700 kg tvätt per år. Med 40 % vittvätt blir då energiförbrukningen ca 520 kWh/år.

Vid torkning av tvätt i torktumlare eller torkskåp är tvättmaskinens centrifugeringsförmåga särskilt viktig. När trumman centrifugerar är varvtalet mellan 300 och 1100 varv/minut. Högre varvantal betyder mindre vatten kvar i kläderna och vid torkning blir energiåtgången därför lägre. Använder man tumlare eller torkskåp bör man enligt Konsumentverket välja en maskin som centrifugerar med minst 800 varv per minut.

En torktumlare drar ca 0,9 kWh/kg tvättgods efter centrifugering vid ca 800 varv per minut. Energiförbrukningen för en 4-personersfamilj blir då ca 630 kWh/år.

Ett torkskåp drar ca 1,3 kWh per kg tvättgods efter centrifugering vid ca 800 varv per minut. Torktiden är ca två timmar. Energiförbrukningen för en 4-personersfamilj blir ca 910 kWh/år.

Som synes förbrukar ett torkskåp väsentligt mer energi (ca 45%) än en torktumlare. Torkskåpet är dock betydligt billigare, ca 1400 respektive 2400 kr (byggmästarpris exkl moms) jämfört med en konventionell tumlare respektive kondentumlare ur Electrolux sortiment. Ett torkskåp kan dessutom användas på ett mer energiekonomiskt sätt om värmen stängs av och torkningstiden kan förlängas utan större olägenhet.

### Slutsatser

För LÄTTBYGG 85 som, syftar till att åstadkomma energisnålhet till ekonomiskt försvarbara kostnader, har följande slutsatser dragits om husens hushållsutrustning.

- o Kyl/frys på ca 350 l. Bredvid kyl/frysskåpet placeras ett högskåp för förvaring av specerier m m.
- o Konventionell spis.
- o Diskmaskin ansluts till kallvatten.
- o Konventionell tvättmaskin med varvtal minst 800 varv/min vid centrifugering. Kallvattenanslutning.
- o Torkskåp utan tillsatsvärmen påkopplad. Frånluften sugs ut genom torkskåpet och tar med sig fukten från kläderna.

Tabell 2.8 A Elbehov för hushållsapparater.

| Apparat     | Elbehov<br>kWh/år | Effekt-<br>behov<br>W | Anm  |
|-------------|-------------------|-----------------------|--|
| Kyl/frys    | 660               | 175                   |  |
| Spis        | 500               | 8900                  |  |
| Kaffekokare | 100               |                       |  |
| Diskmaskin  | 580               | 2280                  | Kallvattenan-<br>sluten                                    |
| Tvättmaskin | 520               | 2250                  |  |
| Torkskåp    | 200               | 2030                  | Tillsatsvär-<br>men används<br>endast 20%                  |
| Belysning   | 900               |                       | Bedömning<br>baserad på<br>Sydkrafts un-<br>dersökning(43) |
| Övrigt      | 200               |                       | TV, stereo m m   |
| Summa       |                   | 3660                  |  |

Det förefaller rimligt att inklusive elström för frånluftsfläk-  
ten (märkeffekt 65 W) räkna med en genomsnittlig förbrukning av  
hushållsel på 4000 kWh/år.

## 2.9 Alternativa tekniska lösningar

Syftet har varit att tekniskt utföra samtliga 18 hus så lika som möjligt för att få ett visst statistiskt underlag avseende bland annat energianvändning och vattenförbrukning. Husen är mycket lika varandra, men ur experimentsyfte finns det några variationer. Dessa har delvis redovisats ovan, men här ges en sammanställning av dessa variationer (bild 2.9 A).

### Serie - resp parallellströmning

Hälften av husen ventileras med "serie"- resp. "parallell"strömning. Båda alternativen syftar till att förbättra den traditionella frånluftsventilationen. I alternativet med serieströmning har man försökt förbättra ventilationen i sovrummen i relation till konventionellt utförande genom att via undertaket i hallen skapa en mer direkt koppling mellan utsug ur badrum och överluft från sovrummen. I alternativet med parallellströmning har man direkt utsug ur sovrummen, men det sker på bekostnad av ventilationen i badrummet. Genom forcering av ventilationen i badrum och genom att öppna badrumsdörren på glänt kan man dock även i det senare fallet tillfälligt förbättra ventilationen i badrummet.

### Takvärme i två hus

Som alternativ till elkonvektorer har diskuterats strålningsvärme i tak. Denna lösning bedöms dock inte vara lika fördelaktig. Tveksamhet råder dock på vissa håll. Det har därför ansetts motiverat att jämföra dessa system genom att i två hus installera takvärme.

### 3-glas respektive 4-glasfönster

Hälften av husen har 3-glas isolerrutor med Kappa Energi och argongasfyllning respektive 4-glas standardfönster med två kopplade isolerrutor.

### Yttervägg utan plastfolie i ett hus

Plastfoliens vara eller icke vara i småhus har diskuterats ingående. I ett frånluftsventilerat hus saknar den sannolikt betydelse som diffusionsspärr då det som regel råder ett undertryck i huset. Däremot kan den tänkas göra viss nytta för husets lufttäthet. Det råder en allmän osäkerhet härom. Eftersom nyttan av plastfolien är ifrågasatt, har ett av husen byggts utan plastfolie i ytterväggen. Syftet är att utvärdera effekten av den i jämförelse med övriga hus med plastfolie.

### Plywood som blindbotten i ett hus

Ursprungligen var avsikten att bottenbjälklagen i samtliga hus skulle ha blindbotten av 12 mm spontad plywood. Med hänsyn till risken för röta och mögelangrepp på blindbotten och till önskemålet att inte få in fukt från kryputrymmet i bottenbjälklaget valdes att låta samtliga hus utom ett få 0,6 mm lackerad stålplåt som blindbotten i stället för plywood. Samtidigt utnyttjas plåtens stora förmåga att uppta dragpåkänningar.

| UTFÖRANDE                                  | ANTAL HUS | HUS NR I PRODUKTIONSORDNING |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--|-----------|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|  |           | 1                           | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Serieströmning                             | 9         |                             |   |   |   |   |   | X | X | X | X  | X  | X  | X  | X  | X  |    |    |    |
| Parallellströmning                         | 9         | X                           | X | X | X | X |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | X  |    | X  |
| Takvärme                                   | 2         |                             |   |   |   |   |   |   |   |   |    | X  |    |    |    |    |    |    |    |
| Fönster                                    |           |                             |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 3-glas                                     | 9         |                             |   |   |   |   |   | X |   |   |    | X  |    |    |    | X  |    | X  |    |
| 4-glas                                     | 9         | X                           | X | X | X | X | X |   |   |   |    |    |    | X  |    |    |    |    |    |
| Hus utan plastfolie i yttervägg            | 1         |                             |   |   |   | X |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Plywood som blindbotten i stället för plåt | 1         |                             |   | X |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Bild 2.9 A. Översikt av alternativa tekniska lösningar





### 3 EXPERIMENTBYGGANDE I VISINGE

#### 3.1 Området

De i föregående kapitel redovisade systemlösningarna har tillämpats i ett experimentbyggnadsprojekt i Visinge, Täby kommun, norr om Stockholm. Sammanlagt 18 hus har uppförts. Husen är fördelade på 5 grupper, vardera med mellan 2 och 5 hus (se bild 3.1 A). Husen ligger insprängda i ett större småhusområde. Topografen utgörs av kuperat berg- och moränområde och låglänt ängsmark med sedimenttäckta lågpartier.

#### 3.2 Uppförandet av husen

Som entreprenör upphandlades i april 1984 Diös Östra Bygg i Norrtälje. Entreprenadformen var totalentreprenad till fast pris med indexreglering. Försäljningen av småhusen låg på Diös ansvar. På grund av oklarhet om antalet tillgängliga tomter upphandlades ursprungligen 13 hus med option på ytterligare 5. I augusti 1984 upphandlades resterande 5 hus.

Förfrågningsunderlaget för entreprenaden utarbetades i samarbete mellan Täby kommun och arbetsgruppen (se bild 1.3 B). Med hänsyn till projektets speciella karaktär var förfrågningsunderlaget relativt detaljerat och gav entreprenören en för totalentreprenad begränsad frihet. Arbetsgruppen hade lagt ned ett stort arbete på att ta fram lösningar som skulle möjliggöra uppnående av projektets mål. I totalentreprenaden ingick bland annat att Faluhus skulle leverera husen. Totalentreprenaden kan därför betecknas som "leverantörsstyrd".

Byggstarten skedde den 21 maj 1984 då markarbetena påbörjades. De första husen levererades i augusti. Första inflyttningen ägde rum den 30 november 1984. Det sista huset var klart för inflyttning den 31 januari 1985. Bild 3.2 A-F visar foton från valda delar av byggnationen.

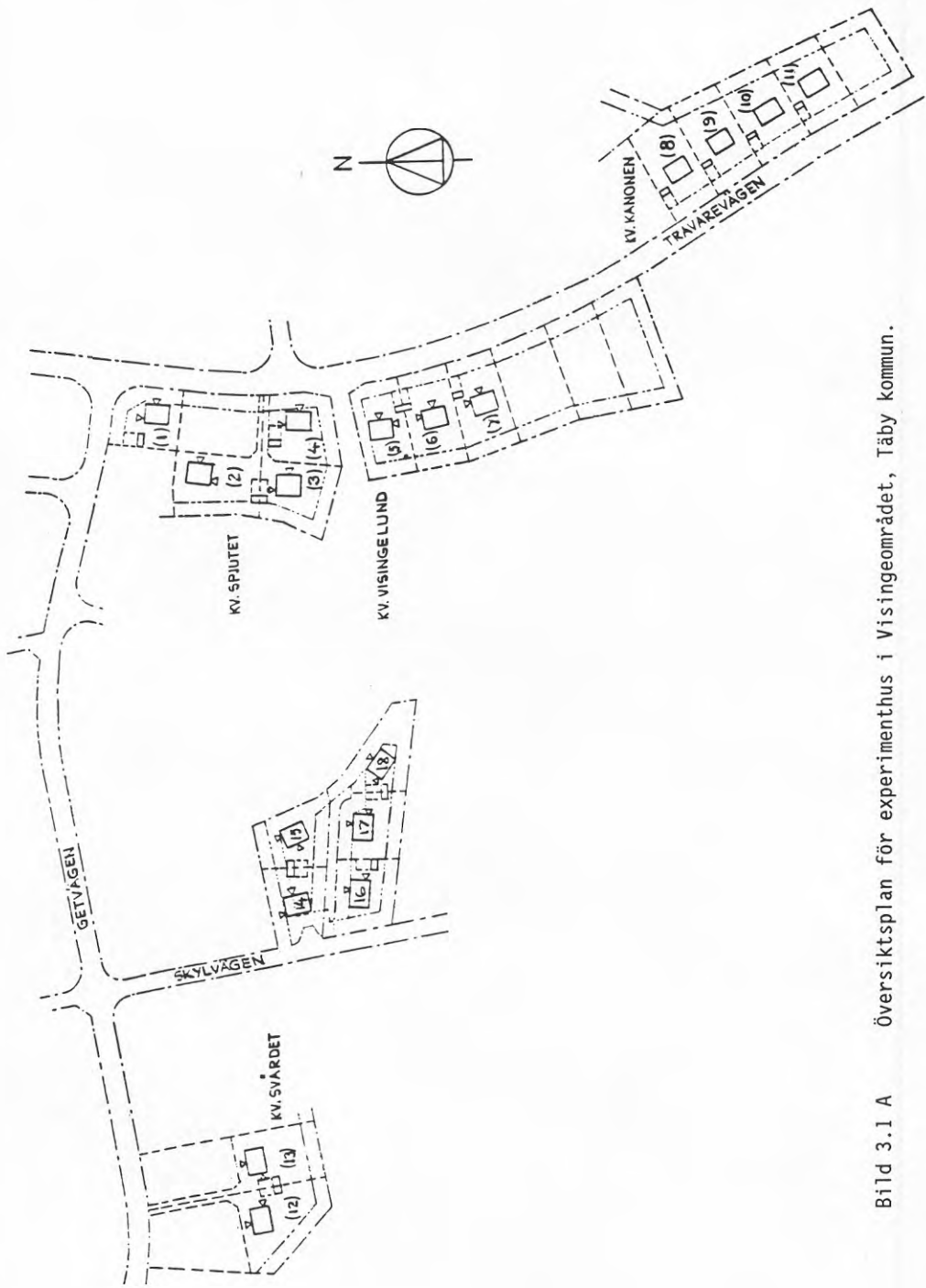


Bild 3.1 A Översiktsplan för experimenthus i Visingeområdet, Täby kommun.



Bild 3.2 A Grundläggning med två betongbalkar utefter  
långsidor. Balkarna vilar på varsina 2 plintar.

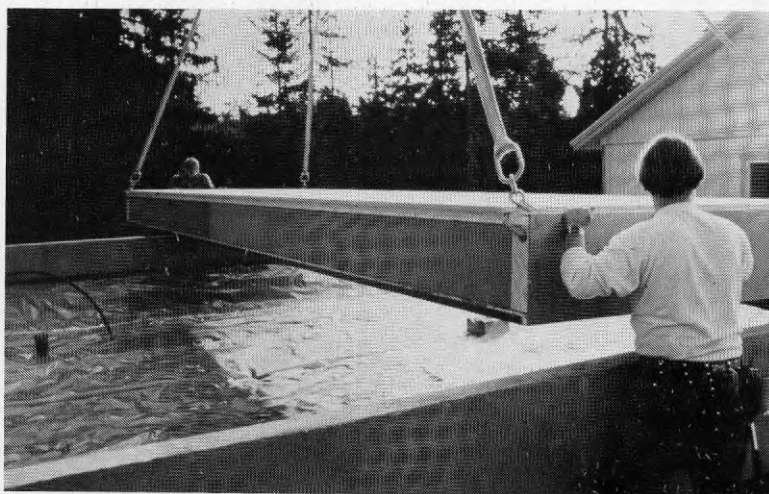


Bild 3.2 B Montering av bjälklagselement som spänner fritt  
över hela husbredden 7.2 m.



Bild 3.2 C Montering av väggelement.



Bild 3.2 D Montering av takluckor på takstolar.



Bild 3.2 E Vred för styrning av ventilation.



Bild 3.2 F Färdigt hus.

Tidplanen för byggnationen kom att bli mer forcerad än vad som ursprungligen var tänkt. På grund av oklarheten om antalet tomt-er och förhandlingar om igångsättningstillstånd försenades upp-handling och byggstart. Faluhus som hade planerat att producera husen under vintern och våren 1984 fick produktionen fram-skjuten till sommaren, då man hade hög sysselsättning och se-mestertid. Utökningen av projektet från 13 till 18 hus mitt

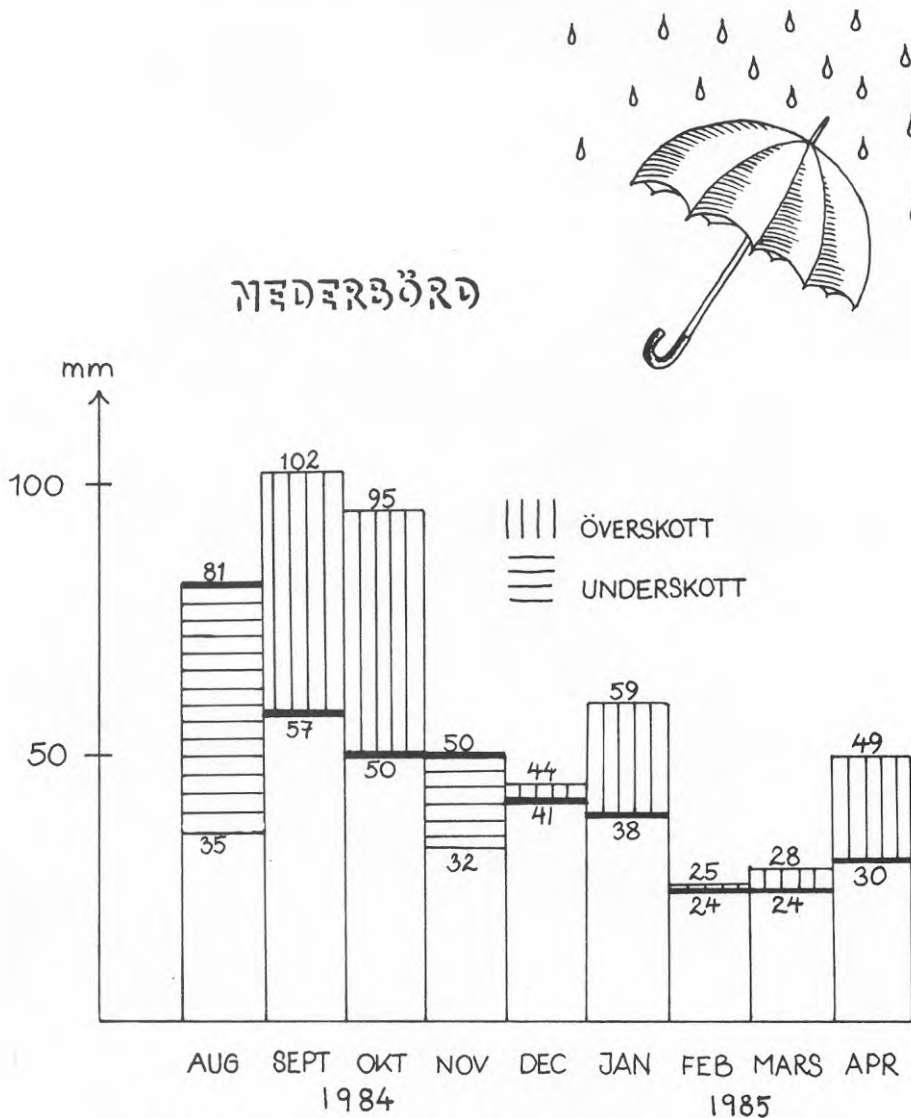


Bild 3.2 G Nederbörd under byggnationen i Visinge.  
Grov linje = normal nederbörd

under tillverkning och uppförande innebar också en belastning på tillgängliga resurser hos såväl Diös som Faluhus. Ovanpå detta tillkom att hösten då husen monterades var mycket regnig och mild. Som extra påfrestning i samband inflyttningarna kom en extremt kall vinter (se bild 3.2 G och 3.2 H). De yttre förutsättningarna för projektets genomförande var därför inte de bästa tänkbara.

## UTETEMPERATUR

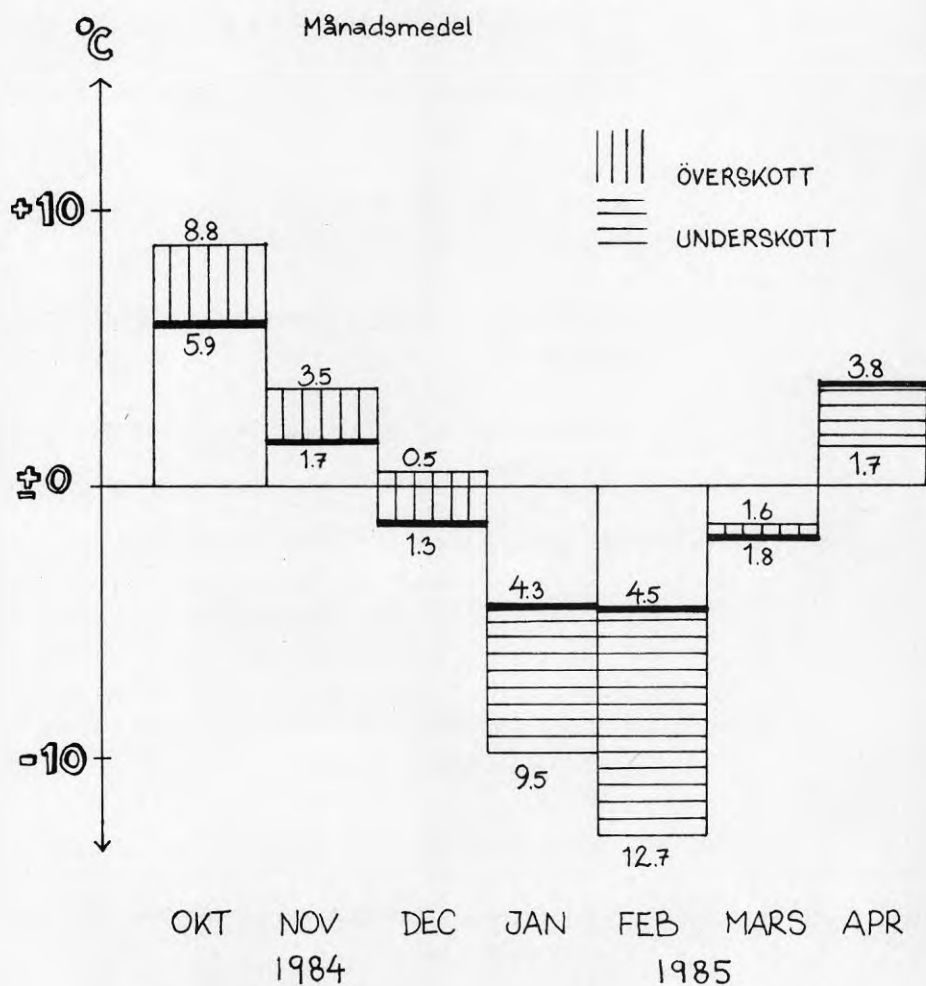


Bild 3.2 H Utetemperatur under byggnationen i Visinge.  
Grov linje = normal temperatur.

### 3.3 Uppföljning under uppförandet

Lågenergihusen har varit föremål för en teknisk uppföljning under uppförandet. Syftet har främst varit att följa upp de aspekter som har varit viktiga för att uppnå projektets mål.

Den tekniska uppföljningen har i huvudsak omfattat följande aktiviteter:

- o Information till entreprenören om projektets syfte och föreslagna tekniska lösningar.
- o Deltagande i projektmöten (kontraktparts-, projekterings- och byggmöten).
- o Besök på byggplatsen för att följa bygget, ge instruktioner och dokumentera byggnationen.
- o Uppföljning av viktiga aspekter såsom grundläggning, bottenbjälklag, täthet, ventilation och uppvärmning.
- o Besök på fabrik vid tillverkning av bottenbjälklag och huselement.

Den tekniska uppföljningen var ursprungligen tänkt att i huvudsak vara genomförd när husen var inflyttningsklara vid årsskiftet 1984/85. På grund av bland annat intrimningsproblem fick dock uppföljningen utsträckas till våren 1986. Genomförandet av uppföljningen har krävt medverkan från såväl entreprenören som de boende. I det projektprogram som bifogades entreprenadkontraktet stod bland annat följande.

#### Medverkan från entreprenör

- o Redovisa egna erfarenheter till gagn för uppfyllande av projektets mål.
- o Vid projektets start ställa upp för en allmän information om projektets syfte till arbetsledning och arbetare samt att tillsammans med beställaren närmare precisera en plan för uppföljningen.



- o Låta beställarens projektörer följa projekteringen och uppförandet av husen samt delta i samtliga möten.
- o Ställa underlag till förfogande för utarbetande av en drift- och skötselinstruktion.
- o Medverka i efterkalkylen genom att ställa upp till diskussion och tillhandahålla erforderligt underlag.
- o Ställa ett hus till förfogande (för svikt- och vibrationsmätningar) under en månad i ett skede när huset invändigt är färdigställt med avseende på golvbjälklag, mellanväggar o d, men före det att skåp, köksinredning, mattor, tapeter o d är monterade. Under denna månad skall huset vara städad och fritt från lösa varor (virke, skåp etc).
- o Ställa samtliga hus till förfogande för funktionskontroll före inflyttning.
- o Ställa ett färdigställt hus till förfogande under en månad för intensivmätning utan boende i huset.
- o Installera mätringar, varmvattenmätare, två extra elmätare, drifttidsmätare, två tomrör för kablar till temperaturgivare.

#### Medverkan av de boende

- o Föra dagbok enligt anvisningar under den 2-åriga mätperioden.
- o Avläsa veckomedelvärden avseende energi och inomhusklimat under den 2-åriga mätperioden.
- o Ställa upp på ca fyra diskussioner om drift och skötselhandledning, mätresultat mm.

- o Bereda tillfälle till besiktningar och inspektion med hänsyn till ev fukt och mögel, deformationer av bottenbjälklag samt ljud-, energi- och luftkvalitetsmätningar.

Den boendes medverkan har reglerats genom ett särskilt avtal mellan respektive husägare och Statens provningsanstalt.

I det följande kommer de mera intressanta delarna av den tekniska uppföljningen att redovisas. Redovisningen kommer att behandla

- montering av bottenbjälklag
- lufttätethet
- uppvärmning
- ventilation
- takvärme (redovisas separat i bilaga C)

När det gäller mätningar av nedböjningar, lufttätethet och ventilation finns dessa utförligt redovisade i avsnitten 4.2, 7.3.4 och 7.3.7.

#### Montering av bottenbjälklag

Bottenbjälklaget levererades med bil till byggsplatsen i form av fyra förtillverkade kassetter. Med kran lyftes de på plats på grundbalken. Mot bakgrund av erfarenheter från ett småhusprojekt i Fisksätra föreslogs att kassetterna inte skulle ligga an direkt mot grundmurspappen utan lyftas upp några millimeter med hjälp av distansklotsar. På så sätt åstadkom man att spalten mellan kassetände och grundbalk blev ventilerad och att eventuell kondens kan dränera ut i kryprummet (se bild 3.3 A). Denna lösning kunde endast utföras på hus 10 - 18.

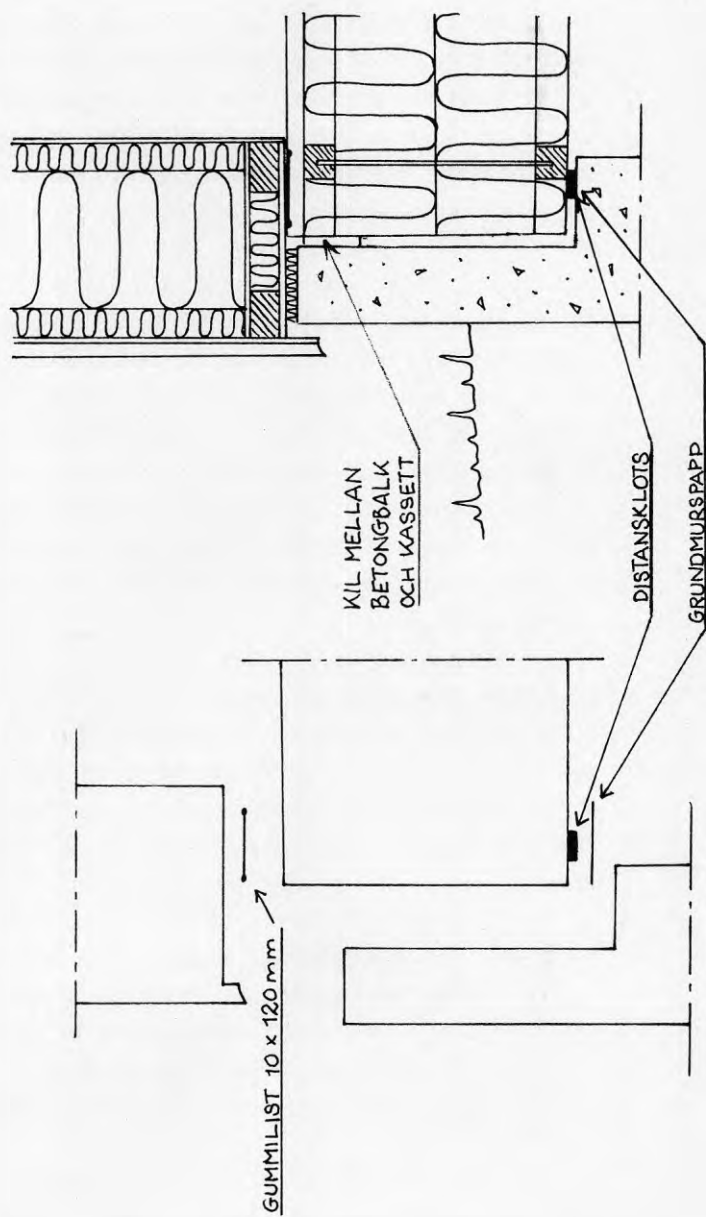


Bild 3.3 A Uppläggning av bottenbjälklagskassett på soffbalk.

### Lufttäthet

Målsättningen för husen har varit att uppnå en lufttäthet som är tre gånger bättre än Statens planverks rekommendationer i SBN 1980, dvs 1,0 luftomsättningar per timme. Godtagen otät-hetsfaktor har satts till 3,0 luftomsättningar per timme vid 50 Pa i SBN 1980. Såväl under projekteringen som under byggnationen har särskilda möten hållits samt information och instruktioner getts så att detta mål skulle vara möjligt att nå. Alla berörda parter har varit införstådda med målet och ansett att det skulle kunna uppnås.

Förutom den kontroll som utförts av husleverantören och totalentreprenören har projektledningen under byggnationen följt upp täthetsåtgärderna genom olika stickprovskontroller, såväl genom besök i husfabriken som på byggarbetsplatsen. På ett tidigt stadium - så snart som det var möjligt - genomförde Statens provningsanstalt täthetsprovning och termografering i ett hus för att få en indikation på om målet skulle kunna uppnås utan särskilda åtgärder. Sådana åtgärder har successivt föreslagits och genomförts, samt följts av förnyade täthetsprovningar och termograferingar.

Resultaten från täthetsmätningarna finns redovisade i avsnitt 7.3.4. De visar att otätheten i medeltal (exkl huset utan plastfolie i yttervägg) är 1,5 oms/h vid 50 Pa. Målet på 1,0 oms/h har inte helt uppfyllts. Orsakerna till detta beror på flera faktorer som hänför sig såväl till projekteringen som byggnationen:

- o I tak ligger alla eldragningar utanför plastfolien, vilket har medfört ett stort antal genomföringar. Dessa har dock tätats med en extra folie, men för att få det riktigt bra är det bättre att regla upp innertaket och få alla elkablar innanför tätskiktet.
- o Vid fönster går plastfolien inte ända fram till karmen. Genom att reglarna runt fönstren har I-profil kan luft från väggfacken under och över fönstret läcka in runt fönstersmygen.

- Plastfolien i tak har av arbetstekniska skäl rullats ut längs taket vinkelrätt mot takstolarna. Det har då inte varit möjligt att klämma plastfolien utan man har endast fått överlapp i skarvar.
- Vid golvvinkel mellan gavelvägg och mellanbjälklag har luftläckage uppstått på grund av att tätningen vid takstolens I-profil är svår att utföra vid takfoten.
- I vissa fall har plastfolien varit punkterad eller skadad.

### Uppvärmningen

När kylan slog till vid årsskiftet 1984/85 visade det sig att många hus inte kunde få tillräcklig värme i alla utrymmen. En del ville dessutom hålla  $+22^{\circ}\text{C}$  istället för  $+20^{\circ}\text{C}$  som uppvärmningssystemet dimensionerats för. Problemet gällde i första hand bottenvåningen, och då i synnerhet vindfång och toaletterum. Trots att man i större eller mindre utsträckning kopplade in  $90^{\circ}$ -läget (med dubbelt effektuttag) i framför allt bottenvåningen räckte effekten inte till. Elradiatorer med ytterligare totalt 0,4 kW installerades därför i vindfång och toalett. Problemen med att hålla önskad inomhustemperatur minskade på detta sätt. Ett undantag är dock tvättstugan som saknar egen värmekälla. Denna upplevs av många som alltför sval, speciellt som utrustningen ger ifrån sig så litet värme.

Orsakerna till att installerad effekt inte räckt till får sökas i flera faktorer:

- Den mycket kalla vintern med som lägst  $-20^{\circ}\text{C}$  respektive  $-26,7^{\circ}\text{C}$  under det kallaste dygnet respektive natten. (Värden enligt SMHI).
- Uttorkning av byggfukt efter den mycket regniga hösten.
- Ventilationen var inte rätt insturerad utan gav för stora luftflöden.

- O gynnsam fördelning av elradiatorerna, med för liten effekt i bottenvåningen jämfört med övervåningen.
- Gratisvärmen från personer, hushållsel och varmvatten är i medeltal betydligt lägre än projekterat.
- Otäthet mellan dörrblad och dörrkarm vid groventré i tvättstuga.

På grund av att projektet försköts i tiden så att de yttre förutsättningarna blev extremt svåra och av att gratisvärmen blivit väsentligt mindre, förstärktes de brister som fanns i värmesystemets utformning.

### Ventilation

Projektets syfte har varit att kunna reglera det totala frånluftsflödet i ett antal lägen. För att klara detta har Bahco tagit fram ett speciellt reglage - en transformator med 4 fasta spänningslägen som styr fläktens hastighet. Injusteringen av frånluftsflödet har skett med hjälp av denna transformator och genom att strypa flödet med hjälp av ett spjäll i frånluftskanalen.

Injusteringen av ventilationen för att få rätt flöden i respektive läge har varit mödosam. Till en början hade fel spänningslägen valts, vilket gav maxflöde i hemmaläget och hemmaflöde i bortaläget, dvs alldeles för stora luftflöden. Genom att byta spänningslägen och strypa flödena med hjälp av spjället lyckades man till sist efter ett flertal turer, att efter ca ett år få ungefär de flöden som projekterats.

## 4 RÖRELSER HOS BOTTENBJÄLKLAG

Den typ av storspännviddsbjälklag som använts i LÄTTBYGG 85 har veterligen inte förekommit tidigare i småhus. Däremot är den vanligt förekommande som takelement med ända upp till 12 m fri spännvidd. Förutom att bjälklaget har utformats med särskild omsorg, har det också följts upp med avseende på dels svikt och vibrationer, dels nedböjningar.

### 4.1 Svikt och vibrationer

För att studera risken för svikt och vibrationer jämfört med traditionella småhusbjälklag har tekn dr Sven Ohlsson vid avdelningen för stål- och träbyggnad, CTH, utfört vissa undersökningar. Dessa finns utförligt dokumenterade i (46). Det följande utgör ett sammandrag av denna rapport.

#### 4.1.1 Frågeställningen

Svikt och vibrationer är ofta dimensionerande för lätta bjälklag. Dessa frågor diskuteras mer utförligt i (45). Två fakta är dock centrala

- o Den dynamiska lasten från persontrafik är huvudsakligen lågfrekvent, varför problemen accentueras vid bjälklag med stora spännvidder och därmed följande lägre egenfrekvenser.
- o Människors tolerans mot vibrationer är mycket lägre om de inte vistas i omedelbar närhet till störningskällan. Byggnader bör därför utformas så att de inte sprider vibrationer t ex mellan olika plan eller från ett rum till ett annat.

Mot denna bakgrund genomfördes laboratorieprov av det tilltänkta bottenbjälklaget under 1983. Denna laboratoriestudie utfördes på ett 4,8 x 7,2 m<sup>2</sup> stort provgolv och omfattade såväl dynamiska prov som subjektiva jämförande tester.

De kan kortfattat summeras sålunda. Det provade utförandet modifierat genom tillägg av två rader tvärgående förstävningar bedömdes ge acceptabla svikt- och svängningsegenskaper för bottenbjälklag.

Bottenbjälklag med ungefärligen denna utformning utfördes sedermera i ett av husen - det provade huset nr 4 (bild 4.1 A). Generellt utfördes dock de övriga husen med bottenbjälklag med ett något annorlunda utförande. Det andra provade huset, hus 2, utgör ett "stickprov" på denna förändrade bottenbjälklagskonstruktion, som valts av andra skäl än sina svikt- och vibrationsegenskaper (jämför avsnitt 2.9).

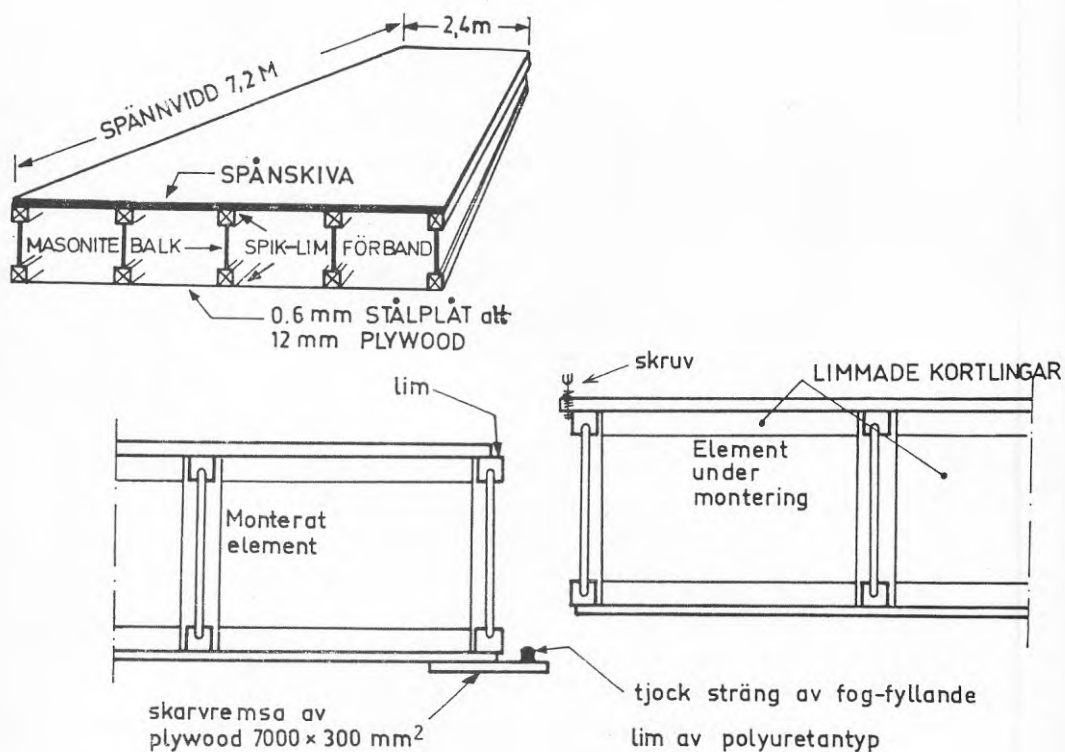


Bild 4.1 A Utformning av bjälklagskassett med plywood som blindbotten (hus 4).



Mellanväggarna är av konventionellt slag med skivklädda träregelstommar med mekaniska förband. Deras placering är däremot litet okonventionell i bottenplanet. Detta kommer sig av att arkitekten haft full frihet vid rumsindelningen, eftersom ingen av dessa innerväggar räknas som bärande för statisk last. Så-lunda finns t ex ingen hjärtvägg.

Mellanbjälklaget är delvis platsbyggt. Utformningen av mellanbjälklaget har inte studerats separat med avseende på svikt- och vibrationsegenskaper och omfattas t ex inte av laboratoriestudien. Styvheten mot nedböjning av koncentrerad vertikal kraft blir väsentligt lägre för mellanbjälklaget än för bottenbjälklaget om inverkan av icke bärande väggar försummas.

#### 4.1.2 Resultat

Både på grund av problemets generella komplexitet och de speciella problem av provningsteknisk karaktär som konstaterats vid fältprovningarna, är det inte möjligt att dra erforderliga slutsatser enbart på basis av de siffermässiga resultat som utvärderats. Nedanstående slutsatser är alltså även baserade på författarens bedömningar och vissa teoretiska dynamiska överväganden, som bara beskrivs ytligt. Slutsatserna presenteras nedan i fråge- och svarsform och är delvis betingade av diskussioner som förts under projektets tidigare etapper.

##### I Hur blev resultaten jämfört med laboratorieproven?

Lägsta egenfrekvensen för hus 4 är 9,4 Hz medan motsvarande värde för laboratoriegolvet var 11,8 Hz. På grund av kopplingen mellan bjälklagen kan värdet 9,4 Hz ses som ett slags vägt medelvärde mellan egenfrekvensen för mellanbjälklaget och bottenbjälklaget. Sannolikt har mellanbjälklagets lägre böjstyvhet (ingen underfläns m m) resulterat i en väsentligt lägre fri grundegenfrekvens än för bottenbjälklaget och det är sannolikt den dominerande orsaken till sänkningen jämfört med laboratorieresultatet. Till detta kommer inverkan av massa hos innerväggar-na.

Svängningsformerna för hus 4 är ungefär som förväntas, förutom att de uppvisar aktningsvärda förskjutningar strax intill gavelväggarna. Detta indikerar att bottenbjälklagen inte förbundits med gavelväggarna, vilket hade varit bättre från vibrationssynpunkt.

Beträffande de dynamiska hastighetsflexibiliteterna - mobiliteterna - är de avsevärt lägre än vad som var fallet för laboratoriegolvet. Detta är en klar förbättring i sig, men den har huvudsakligen skett genom kopplingen mellan bjälklagen och därigenom ökande modmassor. Den ökade dämpningen bidrar också väsentligt till sänkningen av mobilitetsvärdena.

II            Hur stor är risken för störande svikt- och vibrationer av persontrafik jämfört med konventionellt byggda trähus med bärande hjärtvägg?

Beträffande svikt styrs den dels av den (semi-)statiska punktflexibiliteten, dels av hastigheten till följd av impulsbelastningen och dämpningen. Både hastighetsresponsen och dämpningen kan bedömas som goda för båda bjälklagen, speciellt i hus 2 (med plåt som blindbotten). Den statiska punktflexibiliteten har inte provats, men den antar beräkningsmässigt acceptabla värden under förutsättning att tvärförstyvningarna fungerar som avsett. Avslutningsvis är min subjektiva uppfattning att inget av de två bottenbjälklagen uppvisar störande svikt.

Som framgår av praktiskt taget samtliga mätresultat uppvisar mellanbjälklagen större rörelser än bottenbjälklagen. När det gäller svikt, dvs den egna upplevelsen vid normal gång, upplevdes den dock som acceptabel även för mellanbjälklagen. Det bör dock här betonas att människors känslighet är starkt varierande.

Beträffande vibrationer orsakade av någon annan människa är bedömningen svårare av två skäl; dels är den lägsta egenfrekvensen avsevärt lägre än för konventionella träbjälklag, dels och kanske ännu viktigare är konstruktionen sådan att en vibration som alstras fortplantas till praktiskt taget hela huset med bibehållen storleksordning.

Det förhåller sig visserligen så att den vibration som alstras strax intill en person som går i bottenplanet är mindre än för konventionella träbjälklag, men om detta är tillräckligt för att kompensera konstruktionens sämre förmåga att "isolera" de två planen från varandra är tveksamt. Detta gäller båda de provade husen.

#### 4.1.3 Slutsater

- sviktegenskaperna hos bottenbjälklagen är goda, speciellt hos bjälklaget med plåt som blindbotten.
- sviktegenskaperna hos mellanbjälklaget är sämre, men bedöms som acceptabla.
- vibrationerna blir mindre än för konventionella bjälklag, men kopplingen mellan de två bjälklagen gör att de fortplantas lättare än vid konventionella bjälklag.

#### 4.2 Nedböjningar

Bottenbjälklagen har dimensionerats och tillverkats av Masonite Lättelement AB. Utöver egentyngden har de dimensionerats för en vanlig nyttig last (inkl mellanväggar m m) av 1,5 kN/m<sup>2</sup>. Nedböjningen på grund av nyttig last har beräknats till 10,1 mm vid spännvidden 7,5 m. Bjälklagselementen tillverkas med en överhöjning på några mm som kompenserar nedböjning på grund av egentyngd. Bjälklagen skall därför vara i stort sett helt plana direkt efter montage.

Bjälklagselementen får således beräkningsmässigt en nedböjning på ca L/750. Enligt SBN 21:312 godtas att nedböjningen av vanlig nyttig last inte överskrider L/600, dvs bjälklagselementen uppfyller med marginal kraven i SBN 80.

Nedböjningarna hos husen har successivt följts upp. I oktober-november 1984 och i januari 1985, dvs strax före inflyttning i husen, avvägdes samtliga bjälklag.

Tabell 4.2 A. Nedböjning hos bottenbjälklag vid årsskiftet 1984/85.  
 + = överhöjning  
 - = nedböjning

| Hus              | Nedböjning<br>mm | Lutning i tvärled<br>på husets bredd<br>mm | Anm     |
|------------------|------------------|--|---------|
| 1                | + 3              | 4  | Plywood |
| 2                | + 1              | 8  |         |
| 3                | + 1              | 5  |         |
| 4                | - 8              | 5  |         |
| 5                | + 1              | 1  |         |
| 6                | + 1              | 18   |         |
| 7                | + 2              | 2  |         |
| 8                | - 4              | 7  |         |
| 9                | - 7              | 3  |         |
| 10               | - 4              | 3  |         |
| 11               | - 4              | 10   |         |
| 12               | - 3              | 4  |         |
| 13               | - 1              | 2  |         |
| 14               | - 3              | 4  |         |
| 15               | - 2              | 4  |         |
| 16               | - 1              | 5  |         |
| 17               | - 2              | 6  |         |
| 18               | - 2              | 1  |         |
| Medel exkl hus 4 | - 1,8            |  |         |
| Samtliga         | - 1,4            | 5,1  |         |

Av tabellen framgår att vissa bottenbjälklag var några mm överböjda, andra böjde ned några mm. Störst nedböjning hade bottenbjälklaget med plywood på undersidan. Frånsett det sistnämnda bjälklaget var de övriga således i stort sett plana strax före inflyttning. I genomsnitt var lutningen i tvärled ca 5 mm över hela husets bredd.

I april 1985 startade A Lindskog och R Roos mätningar av bottenbjälklagens rörelser i hus 4-7 (se 34). Av bild 4.2 A framgår att rörelserna är små och ligger inom  $\pm 3$  mm.

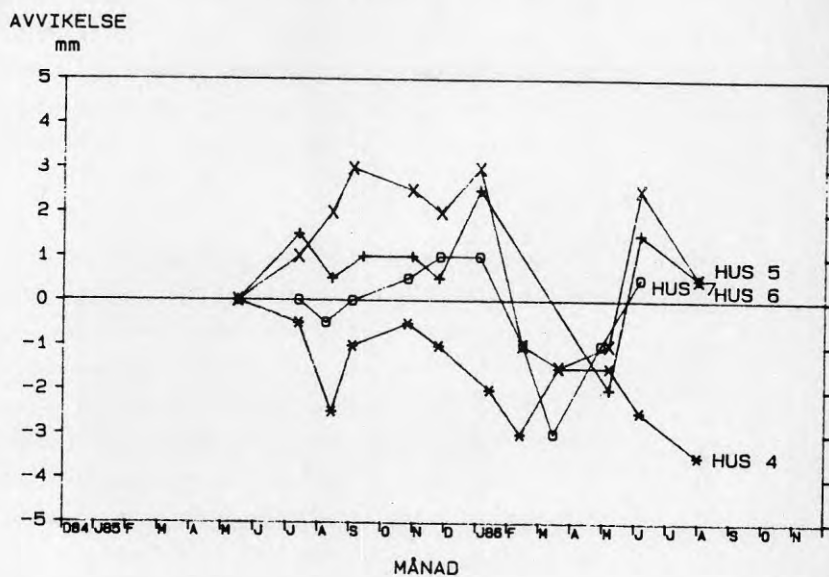


Bild 4.2 A Bottenbjälklagens rörelser mätt som avvikelser relativt en ståltråd som spänts upp i krypprummen.

Efter inflyttning avvägdes tre av husen i september 85. Nedböjningarna hade då ökat med mellan 3 och 8 mm. Detta förklaras helt av nyttig last från husägarnas möbler m m samt av de ovan nämnda rörelserna.

Vid garantibesiktningen i januari 1987 uppmättes lutningar hos två bjälklag på upp till 15 mm på en sträcka av 1,8 - 2,0 m. Med anledning härav gjordes 1987-04-21 en omfattande avvägning av bottenbjälklagen i hus 4 och 8.

Nedböjningen i hus 4 hade ökat från 8 mm strax före inflyttning respektive 12 mm i september 1985 till 21 mm. Lutningen mellan långfasaderna var densamma som före inflyttning (7 resp 8 mm).

Av bild 4.2 A framgår vidare att under perioden maj 85 till augusti 86 hade rörelserna hos bottenbjälklaget varit mycket små. Ökningen i nedböjning på 9 mm jämfört med sept 85 beror med all sannolikhet på att familjen i hus 4 i september 1986

avdelade vardagsrummet i två delar med hjälp av dubbla rader av bokhyllor i fältmitt. Lastökningen på grund av denna linjelast tillsammans med att blindbotten är av plywood (istället för plåt) är troligtvis orsakerna till nedböjningsökningen. Denna tillsammans med den ursprungliga lutningen mellan långfasaderna förklarar således lutningen 15 mm i vardagsrummet på längden 2 m.

Den lutning på 15 mm på 1,8 m längd som uppmätts för hus 8 i kök vid garantibesiktningen kan bero på att bottenbjälklaget är skevt. Den övre grundbalken lutar så att dess ena ände ligger ca 45 mm högre än den andra. Den nedre grundbalken är nästan helt horisontell. Detta innebär att det övre hörnet i vardagsrummet ligger högst. Orsaken härtill skulle kunna vara t ex tjälskjutning. Lutningen mellan långfasaderna har dock förändrats mycket litet sedan föregående mätning 85-01-15 (11 resp 7 mm) varför tjälskjutning i så fall skulle ha ägt rum under den första köldknäppen i januari (se bild 3.2 H). En annan orsak skulle kunna vara att lutningen hos den övre "soffbalken" fanns redan från början p g a felutsättning vid uppförandet. Det är dock svårt att i efterhand avgöra exakt vilken orsak som ligger bakom lutningen.

## 5 BOENDEMILJÖ

### 5.1 Uppläggnig

De 18 husen har följts upp genom mätningar av olika slag (se kap 4, 6 och 7). Som ett komplement till dessa mätningar och för att få en mer allsidig bild har en undersökning utförts av hur de boende upplever husens funktion. Undersökningen har skett i form av intervjuer med de boende i varje enskilt hus. Intervjuerna har gjorts på våren (23/4, 7/5, 3/6 1985) första respektive andra året (10/4, 15/4, 28/5 1986) efter inflyttning.

I god tid före intervjuerna har ett frågeformulär skickats ut till respektive husägare. Syftet var att husägarna i förväg skulle veta vilka frågor som i första hand var av intresse och att de skulle vara förberedda att besvara dem. Vid varje intervju deltog minst två personer från arbetsgruppen. Frågeformuläret gick igenom och svaren skrevs ned i direkt anslutning till varje fråga. Varje intervju varade ca en timme.

I efterföljande avsnitt redovisas en sammanställning av de svar som erhöles vid intervjuerna. Tonvikten har lagts på intervjuerna under 1986, eftersom detta har varit det egentliga uppföljningsåret. Redovisningen försöker beskriva den allmänna upplevelsen och erfarenheten av husens funktion. Självfallet finns det individuella variationer såväl i husens funktion som i de boendes upplevelser, men dessa har medtagits bara i den utsträckning de har bedömts vara av allmänt intresse. Vidare koncentreras framställningen till de aspekter som är av betydelse för de experiment som ingår i projektet.

### 5.2 Allmänna synpunkter

De 18 hushållen består till stor del av unga familjer utan barn. Vid det första intervjutillfället våren 1985 fanns det 35 vuxna och 7 barn. Ett år senare hade det tillkommit 2 barn. Antal boende per hus var då 2,42. Fördelningen framgår av tabell 5.2 A.

Tabell 5.2 A Antal boende fördelade på hushållsstorlek

| Antal vuxna | barn | Antal hus |
|-------------|------|-----------|
| 1           | -    | 1         |
| 2           | -    | 12        |
| 2           | 1    | 2         |
| 2           | 2    | 2         |
| 2           | 3    | 1         |

Att så stor andel av hushållen saknar barn innebär att husen oftast står tomma under dagtid.

Av de 18 hushållen bodde 14 tidigare i lägenhet. Trots det upplevde samtliga husägare att husets skötsel hittills varit enkel och problemfri. De flesta hushåll anser det viktigt att spara energi, dock endast i sådan grad att det ej går ut över boendekomforten.

De boende trivs bra eller till och med mycket bra med husen i allmänhet. När det gäller planlösningen är man speciellt förtjust i bottenvåningen och då framför allt med det stora och ljusa köket. De kritiska synpunkter som har framförts gäller först och främst vindfånget, som två av tre anser vara för trångt, vilket medfört problem att utnyttja det och att stänga och öppna dörren från vindfånget in i huset. Andra utrymmen som för några få känns trånga är tvättstuga och badrum.

Som framgår i kapitel 9 har varje hus fått en bruksanvisning med information om husets funktion och råd om husets skötsel. Samtliga hushåll hade tagit del av den och upplevt den som en värdefull information. Särskilt pekade några på beskrivningen av ventilationssystemet och av olika infästningsalternativ. Några saknade tips om inställning av varmvattenberedaren. Genomgående vill man använda bruksanvisningen som en handbok att slå i vid behov.



### 5.3 Ventilation

I så gott som samtliga hus används läge 2, "HEMMA", som normal-läge när man vistas i huset och läge 3, "MAX", vid matlagning. Läge 1, "BORTA", används av de flesta när huset står tomt, samt i vissa fall under kalla perioder på vintern.

Ungefär två av tre hushåll anser att ventilationen ej är tillräcklig vid matlagning, trots att man använder läge 3 och forcerat flöde (öppet spjäll i spiskåpan). De boende tycker att matoset sprider sig i hela huset. Någon skillnad mellan serie- respektive parallellströmning har i detta avseende ej framkommit.

I husen med parallellströmning tycker fem av de nio hushållen att ventilationen i badrummen är otillräcklig. Man tycker att luften lätt blir instängd och unken. Några liknande synpunkter har inte framkommit för hus med serieströmning.

Friskluftsventilerna har två lägen ett fullt öppet och ett med en liten springa. Normalt står ventilerna i fullt öppet läge, men när det är kallt ute väljer de flesta att ändra inställningen. Så gott som samtliga tycker att ventilerna fungerar bra och har, trots de extremt kalla vintrarna, inte upplevt något störande drag. Inte heller har man noterat någon kondens på fönstren.

Vädring genom att öppna fönster har förekommit i relativt stor utsträckning, framförallt under sommaren för att sänka innetemperaturen och få in frisk luft (9 av 18 hushåll). Under sommarhalvåret vädrar alla hushåll någon gång, i medeltal vädras det en gång om dagen. Den genomsnittliga vädringen varar 1 - 2 timmar och görs genom att öppna ett eller flera sovrumsfönster på vindsvåningen, men även fönster i vardagsrum och kök öppnas ibland.

Under vinterhalvåret vädras i mindre omfattning, 5 av 18 hushåll uppger att de aldrig vädrar. I medeltal för alla husen vädras det 5 - 10 minuter 1 - 2 gånger per vecka framförallt genom att öppna sovrumsfönster, men ibland genom att öppna fönster i kök. Skillnaderna mellan olika hushåll i vädringsvanor är emellertid mycket stora. I vissa fall vädras

för vädringens egen skull, i andra för att få ut dålig lukt och rök eller för att undvika kondens. Även omfattningen varierar starkt.

#### 5.4 Uppvärmning

De problem som uppstod med uppvärmningen under de första veckorna har berörts i kapitel 3. De synpunkter som framförs nedan gäller förhållandena under vintern 1985/86.

I samtliga hus utom tre upplevs inomhustemperaturen som behaglig, dvs man kan hålla 20-22 °C under uppvärmningssäsongen. I några få hus används fullt effekttillslag (90°-läget) i bottenvåningen under kalla perioder. I tvättstugan har värmesystemet dimensionerats för en temperatur på 16-18 °C. Detta upplevde många som för svalt. Två av tre tyckte golven var kalla i bottenvåningen. Vid snabba växlingar i utomhustemperaturen upplevde man att temperaturen drev iväg några grader. För att kompensera detta ställde man om termostaterna.

#### 5.5 Tvätt och torkning

Samtliga hushåll utom två följer rekommendationerna i bruksanvisningen och torkar normalt tvätten i torkskåpet utan att använda dess fläkt eller värme. Dörren till torkskåpet står öppen. Torktiden varierar mellan 12 och 36 timmar beroende på mängden och typen av tvätt. Någon enstaka gång när man har behov av kortare torktid sätts fläkt och värme på. Samtliga hushåll är nöjda med torkskåpet utom ett som hellre skulle ha velat ha torktumlare.

#### 5.6 Tappvarmvatten

Vid den första intervjuomgången våren 1985 visade det sig att 11 av husen hade mer än +55 °C vid tappställe i kök, dvs högre än avsett. Detta berodde på att varmvattenberedaren inte ställts in på rätt sätt. Detta åtgärdades vid intervjutillfället. Ett år senare hade samtliga hushåll avsedd vattentemperatur, utom ett som ville ha högre temperatur för att få

varmvattnet att räckta till vid dusch. 45-50 °C temperatur på varmvattnet vid tappstället upplevs som tillräckligt.

I genomsnitt uppgår antalet duschar respektive bad per vecka till ca 10 respektive 2 per hus. Mängden varmvatten upplevs som fullt tillräcklig. Endast vid något enstaka tillfälle har några få hushåll haft för liten mängd varmvatten.

### 5.7 Ljud

Husen upplevs som tysta för ljud utifrån. Däremot gör den öppna planlösningen att två av tre hushåll anser husen som lyhörda för ljud mellan olika rum. Av hushållsutrustningen tycker knappt hälften att tvättmaskinen är störande vid centrifugering. Någon enstaka har upplevt golvknarr.

När det gäller golven upplevs de normalt som stadiga att gå på utan störande svikt och vibrationer. Något enstaka hushåll har vid något tillfälle känt av svikt.

### 5.8 Övrigt

Vid intervjuerna har vissa övriga synpunkter kommit upp. De vanligaste har varit följande:

- Förrådsutrymmena upplever många som alltför små, trots att hushållen endast omfattar 2,4 personer i snitt.
- Några få skulle ha velat haft ett högskåp för kyl/sval och ett högskåp för frys, i stället för som nu ett högskåp för kyl/frys och ett avsett som skafferier.
- Boardskivor på insidan av ytterväggarna buktar inåt, framför allt vid hörn i kök. Vid garantibesiktningen påpekades buktighet i elva av husen. Orsaken till buktigheten är oklar.
- Springor uppstår mellan mellanbjälklag och gavelvägg. Springornas storlek uppges variera med årstiden. Vid garantibesiktningen påpekades detta fel i sex av

husen. Orsaken tycks vara att gavelväggen inte har varit tillräckligt förankrad i mellanbjälklaget. På ritningarna har någon förankring ej föreskrivits.

- Märken efter skruvskallar är vanligt förekommande. Orsaken är att spackel har påförts skruvskallarna efter montering av spånskivorna. När spånskivorna sedan har torkat ut, har skruvskallarna "rest sig" och blivit synliga genom den tunna plastmattan. En bidragande orsak kan också vara att bjälklagen monterades före tak och risk då fanns att spånskivorna blev blöta.

## 6 FUKT

### 6.1 Syfte och omfattning

I syfte att spara energi byggs småhusen i Sverige allt mer välisolerade och kraven på täthet skärps. Samtidigt som isolertjocklekarna ökas och husen tätas kommer rapporter om dålig lukt i nyproducerade hus. Finns det ett samband? Är det en högre fuktbelastning som förorsakar problemen och beror den i så fall på att husen är extremt välisolerade och täta? Frågorna är många och det finns för lite underlag för att kunna bestämma orsakerna.

Som ett led i att öka kunskaperna om fuktfunktionen i konstruktionerna till dagens småhus har TräteknikCentrum utfört fuktbestämningar för fyra av husen (nr 4, 5, 6 och 7) inom projektet LÄTTBYGG-85.

Undersökningen omfattade fuktmätningar i väggar, bottenbjälklag, kryprum samt utrymmet bakom stödbensväggen. Förutom fukt bestämdes även tjälnedträngning vid grundplint och rörelser hos bottenbjälklag (se kap 4.2.) Vid ett tillfälle bestämdes ventilationen i kryprummen.

Målet med undersökningen var att besvara följande frågor:

- Innebär utökad isolertjocklek större risk för fuktskador?
- Innebär täta hus större risk för fuktskador?
- Är luftspalt nödvändig i ytterväggar?
- Behövs ångspärr i ytterväggar?
- Hur inverkar stålplåt fukttekniskt som blindbotten i bottenbjälklag?
- Är kryprumsventilationen tillräcklig?
- Medför bottenbjälklagets stora spännvidd oacceptabla deformationer?
- Innebär det välisolerade bottenbjälklaget ett behov av ökat grundläggningsdjup?

För att kunna göra säkra bedömningar av de mätningar som utfördes i projektet eftersträvades det att göra husen så lika som

möjligt. De ändringar som gjordes bland annat för fuktmätningarna var att utesluta plastfolien i väggarna till ett hus (nr 5), ersätta plåten med plywood som undersida i bottenbjälklaget i ett annat hus (nr 4) samt utföra en del av fasaden till ett tredje hus med ventilerad fasadskiva (nr 7).

Följande avsnitt bygger dels på TräteknikCentrums rapport (34), som behandlar mätvärden fram till och med juni 1986, dels på opublicerade resultat från de fortsatta mätningarna till och med mars 1987.

## 6.2 Fuktmätningar

### 6.2.1 Mätmetod

För fuktmätningarna valdes den icke förstörande absolutbestämningssmetoden. Den tillgår så att provkroppar av gran med måtten 25 x 25 x 100 mm placeras i den konstruktionsdel där mätningar skall utföras (se bild 6.2 A). Efter det att provkroppen ställt in sig efter omgivningens klimat, bestäms provkroppens fuktkvot genom torkning och vägning. Noggrannheten för mätmetoden visade sig efter kontroll vara  $\pm 1$  procentenheter.

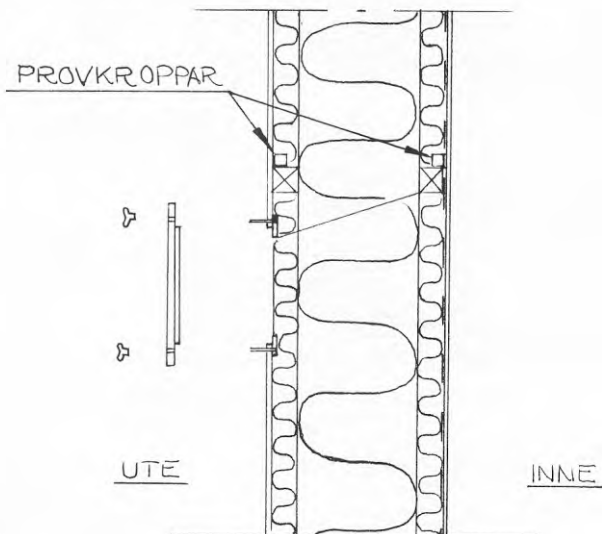


Bild 6.2 A Provkroppars placering i yttervägg.

För att komma åt provkropparna vid inspektion och byte konstruerades luckor i väggar och bjälklag (se bild 6.2 B och C). Stor vikt lades vid arbetet med att skapa luckor som inte påverkade mätningarnas resultat.

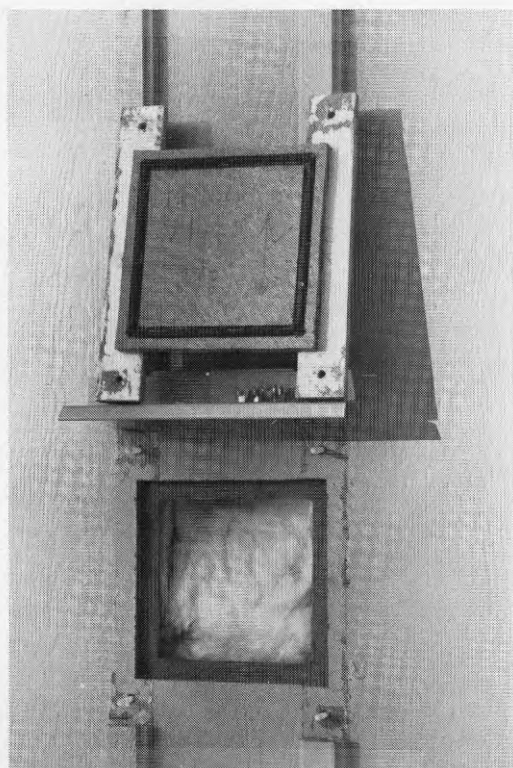


Bild 6.2 B Lucka i fasadskiva. Öppet läge.

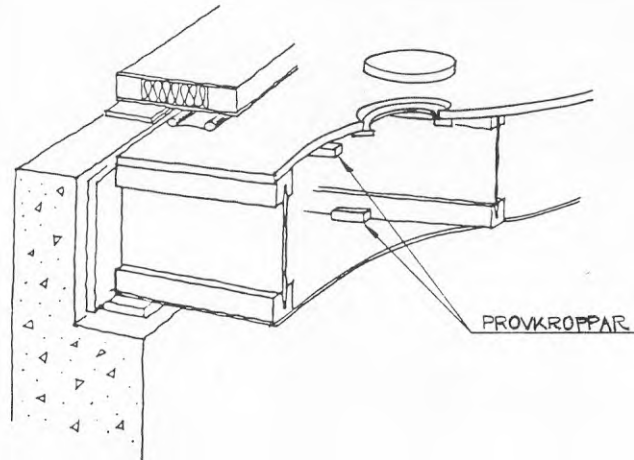


Bild 6.2 C Lucka i bottenbjälklag.

### 6.2.2 Ytterväggar

Mätresultat för väggar omfattar perioden december 1984 - mars 1987. Mätningarna i hus nr 7 började dock först i juli 1985.

Fuktkvoterna mot den varma sidan i väggarna visar värden med liten spridning. Resultaten varierar mellan 5 och 13 % beroende på årstid. Det har inte observerats några skillnader mellan vägg med ventilerad eller oventilerad fasadskiva respektive vägg med eller utan ångspärr. Däremot uppvisar den mät punkt i hus nr 7 (ventilerad fasadskiva) som befinner sig nära marken högre värden än övriga mätvärden mot väggens insida.

Mätvärdena mot fasadskivan varierar mer. Hus nr 5, som saknar plastfolie i ytterväggarna, har genomgående de högsta värdena. I början av mätperioden var skillnaderna stora, men de har successivt minskat. Det berodde troligen på att det regnade mer än normalt när huset byggdes (byggfukt).



Den högsta fuktkvot som erhöles var närmare 25 %. Ett mer genomsnittligt värde på högsta fuktkvot är ca 20 %, vilket motsvarar en relativ ånghalt på ca 77 %. De högsta värdena uppnåddes under vinterhalvåret. Väggens orientering har betydelse. Mät-punkter mot fasadskivorna på norrsidan visar en jämnare och något högre fuktkvot.

Skillnaderna mellan hus med och utan plastfolie är små. I detta fall saknar plastfolien betydelse vid en fuktteknisk bedömning och kan därför utelämnas. Till bilden hör dock att husen är frånluftventilerade med undertryck i huskroppen.

Resultaten från mätningarna av ventilerad fasadskiva visar skillnader endast under juni, juli och augusti vid en jämför-else med oventilerade väggar orienterade i samma riktning. Då är fuktkvoten i väggen med ventilerad fasadskiva mellan 2 och 3 procentenheter lägre än den oventilerade, mätt i samma rikt-ning.

De högsta uppmätta värdena i väggarna inträffade under vinterhalvåret. De låga temperaturerna under denna period minskar dock riskerna för eventuella mögelangrepp.

### 6.2.3 Bottenbjälklag

Oavsett hus och mätpunkternas placering i plan är resultaten för mätpunkterna i bottenbjälklagens överkant mycket lika. Den högsta fuktkvoten, ca 14 %, inträffade under sensommaren. Detta värde motsvarar den relativa ånghalten 62 %.

Även i underkant (se bild 6.2 C) är fuktkvoterna oberoende av placering i plan. Värdena är genomgående högre i underkant än i överkant av bottenbjälklagen. Den högsta fuktkvoten, 20 %, uppmättes i början av mätperioden. Därefter stabiliserades värdena omkring ca 17 %, vilket motsvarar en relativ ånghalt på ca 70 %. Som väntat uppmättes inga skillnader mellan bjälklag med blindbotten av stålplåt och blindbotten av plywood.

Värdena från mätningarna i bottenbjälklagen är lägre än de beräknade från den teoretiska bedömningen. Mätningarna visar att stålplåten som blindbotten varken är bättre eller sämre än dito av plywood.

#### 6.2.4 Kryprum

Kryprumsmätningarna visar under det första halvåret stor spridning. Mätvärdena ligger inom intervallet 13 - 29 %. De högsta värdena uppmättes under sommarhalvåret. Då uppstod även kondens mot plåten i hus nr 5. Dräneringen i området var vid detta tillfälle inte helt färdigställd. Spridningen minskade därefter under vinterhalvåret för att sedan öka igen till sommaren -86.

Mätpunkterna som är belägna nära centrum av kryprummet visar högre värden än de i hörnen.

Resultaten av fuktmätningarna i kryprummen visar att det är stor risk för mögelangrepp under sommarhalvåret. Trä bör användas med stor försiktighet i dessa kryprum.

#### 6.2.5 Vindsgarderob

Resultaten av mätningarna i vindsgarderoberna är mycket lika de som erhållits för väggarnas insidor. Fuktkvoterna är låga och föranleder inte någon oro.

### 6.3 Tjälnedträngning vid grundplint

På grund av bottenbjälklagets goda värmeisolerande egenskap minskar värmeavgivningen till kryprummet. Detta medför en lägre temperatur i marken kring grundplintarna. Den höga ventilationsgraden i kryprummen (se 6.4 nedan) bidrar också till att sänka temperaturen. Detta leder till ökad tjälnedträngning som kräver ett större grundläggningsdjup. Därför mättes tjälens nedträngning vid grundplintarna.

Enligt SBN 1980 skall LÄTTBYGG-husen grundläggas på minst 1,1 m djup. Det projekterade, och verkliga, värdet på 1,2 m är därför tillräckligt enligt SBN.

Med hjälp av tjälgränsmätare bestämdes tjäldjupet under två vintrar. Den lägsta nivån under markytan uppmättes till 0,7 m.

#### 6.4 Kryprumsventilation

Kryprummen till LÄTTBYGG-husen ventileras genom öppningar längs hela gavelsidorna (se bild 6.4 A). Öppningsarean i kryprummen är ungefär åtta gånger större än vad som krävs enligt SBN 1980 (se avsnitt 2.2), men är Z-formad. Det var därför av intresse att undersöka om ventilationsöppningarna ger en tillfredsställande luftning.

I augusti 1985 mättes luftomsättningen i kryprummen med spårgasmetoden. Omsättningarna varierade från ca fyra till elva per timme i de olika kryprummen. Dessa värden kan räknas om till ventilationsgraderna 1,6 - 4,4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h, vilket anger luftomsättningen per ytenhet bottenbjälklag och tid. Skillnaderna mellan husen kan bero på något olika terrängförhållanden och sjunkande temperatur, eftersom mätningarna utfördes under en eftermiddag. Vinden uppfattades som obefintlig eller mycket svag.

Resultaten uppfattades som mycket höga redan under mätningarnas utförande. Att förutsättningarna var lika vid mätningarna kontrollerades noga. Dessa resultat bör därför ses som ett utgångsläge inför fortsatta mätningar. Kryprummen är välventilerade, men kontrollmätningar behövs för att trovärdigt kunna fastställa ventilationens storlek.

#### 6.5 Rörelser hos bottenbjälklag

För att förenkla grundläggningen har bottenbjälklaget större spännvidd än vad som är normalt för småhus. De deformationer som förekommer orsakas av laster samt fukt- och

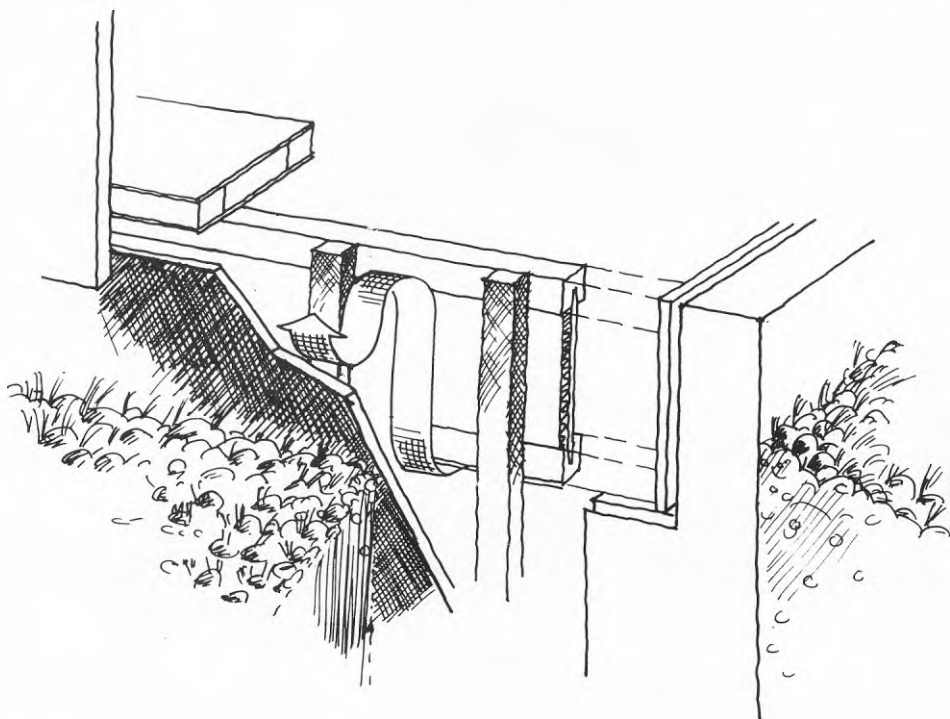


Bild 6.4 A Kryprummet ventileras genom en luftspalt som löper längs hela gavelsidorna.

temperaturskillnader. Kontrollmätningar har gjorts ungefär en gång i månaden sedan april 1985. Mätningarna har skett i samband med utbyte av provkroppar i kryprummen.

Bottenbjälklagets rörelser har mätts i förhållande till en ståltråd som spänts upp i kryprummen. Nedböjningen mäts vid bjälklagets centrum. Tråden, som är spänd mellan grundbalkarna, är stumt fastsatt i en av balkarna och löper i andra änden genom en ögla. På grund av utrymmeskäl var det mycket svårt att anordna en tyngd för att åstadkomma en bra sträckning. I stället sträcks tråden för hand.

Bjälklagen har inte rört sig lika. Både sänkningar och höjningar har förekommit. Resultaten visar att inga stora deformationer har skett. Rörelserna ligger inom ett 3 mm brett intervall från och med juli 1985 och ett år framåt.

#### 6.6 Slutsatser

- I de välisolerade ytterväggarna har inte uppmätts så höga fukthalter att risk för fuktskador bedöms föreligga.
- Ytterväggar utan plastfolie är obetydligt fuktigare än väggar med folie. När väggarna görs lufttäta saknar ångspärren praktisk taget fuktteknisk betydelse i hus med frånluftsventilation.
- Sett från fuktsynpunkt ger stålplåt som blindbotten mindre fuktrörelser än plywood och ingen risk för mögel. Bjälklaget med stålplåten kräver dock undertryck för att kompensera eventuell fuktdiffusion.
- Ytterväggar utan luftspalt har vintertid samma fuktkvoter som, men sommartid högre än ytterväggen med luftspalt.
- Trämateriäl (plywood och flänsar) exponerat mot kryppgrunden har uppnått så höga fuktkvoter att risk för mögel och röta föreligger. Sådant trä bör fungicidbehandlas.
- Bestämningen av tjälnedträngning antyder att den höga värmeisoleringsgraden i bottenbjälklaget inte föranleder skärpta krav på grundläggningsdjup.



## 7 **ENERGI, EFFEKT OCH RUMSKLIMAT**

### 7.1 Syfte och omfattning av mätningar

Ansvarig för projektering och uppbyggnad av mätsystemet samt för mättnings- och utvärderingsarbetet har varit Åke Blomsterberg vid Statens provningsanstalt (SP). Det för projektet speciellt utformade mätprogrammet grundar sig på rutiner som har utvecklats vid Solar Energy Research Institute i USA och inom IEA (48,27).

Projektet inleddes med en funktionskontroll och besiktning av samtliga hus innan de blev bebodda. Två av husen var obebodda under en månad under det första mätåret, dvs årsskiftet 1984-1985. Denna period utnyttjades för engångsmätningar där alla system noggrant studerades för att säkerställa att de fungerade på avsett sätt. Exempel på mätningar som utfördes innan husen var bebodda är:

- täthetsprovning av byggnadsstommens klimathölje (18 hus)
- uteluftsmätning med spårgas (två hus)
- luftomsättningsmätning med spårgas (två hus)
- kA-värdesmätning (produkten av k-värde och tillhörande area för hela byggnaden) (ett hus)
- termografering (nio hus)
- frånluftflödesmätning i ventilationskanaler (18 hus)

Efter avslutad funktionskontroll och besiktning vidtog kontinuerliga långtidsmätningar i bebodda hus. Dessa skedde genom veckoavläsningar under två år av elmätare, gradtimmätare, mätare av maximala eleffekten och vattenmätare. Klimatet registrerades som timmedelvärde med hjälp av en datalogger.

Mätgivare i långtidsmätningarna redovisas i bilaga E.

De boende förde dagbok under långtidsmätningarna. I dagboken har angivits antal hemmavarande mellan klockan 8 och 20 och mellan klockan 20 och 8.

Målsättningen med mätningarna har varit att analysera experimenthusens egenskaper vid olika driftssituationer för att kunna göra en bedömning av systemets funktion samt att identifiera eventuella behov av förändringar.

Utgående från erhållen kunskap om energiflödena och inomhusklimatet i experimenthusen har de olika delsystemen utvärderats med avseende på funktion, energibesparing och ekonomi. Särskilt har studerats:

- energibalansen månadsvis. (Tillskott: sol, personer, varmvatten, värme och hushållsel. Förluster: ventilation och transmission)
- det maximala eleffektbehovet
- luftomsättningen
- elradiatorer i jämförelse med takvärme vad beträffar energiförbrukning och komfort

## 7.2 Mätningarnas genomförande

### 7.2.1 Allmänt

För att erhålla en bild av energiflödena och inomhusklimatet i experimenthusen (se bild 7.1), har mätningar utförts under två års tid (feb 85 - dec 86). Mätningarna har dels bestått av en kontinuerlig mätvärdesinsamling, dels av kortare delstudier av komponenter i byggnaden. För de kontinuerliga mätningarna har installerats ca 10 mätgivare per hus för registrering av temperatur, förbrukad elenergi, drifttider för fläktar etc.



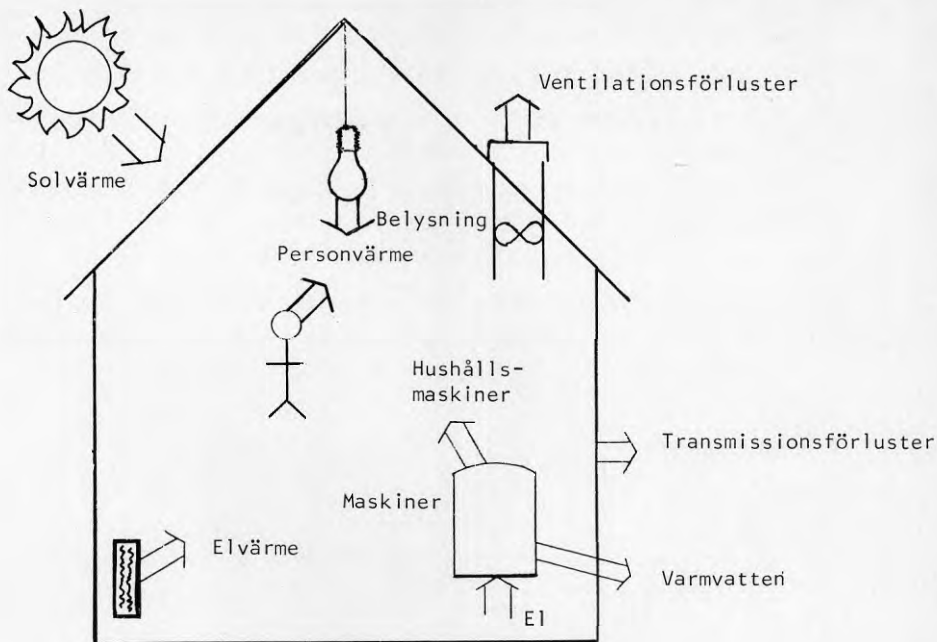


Bild 7.1 Energibalansen för husen.

Datainsamlingen har huvudsakligen skett genom att husägarna varje vecka läst av mätare uppsatta i husen. Avlästa mätvärden har lagrats i provninganstaltens minidator. En datalogger har gjort kontinuerliga mätningar av inneklimat i tre hus och uteklimat.

En nackdel med veckoavläsningar visade sig vara att det kan dröja mer än en vecka innan ett eventuellt fel upptäcks. Felavläsningar från mätarna och från avläsningsprotokollen komplicerade utvärderingen. Det största problemet var dock att i några hus skedde avläsningarna alltför sällan. Hanteringen av avläsningsprotokoll var tidskrävande.

### 7.2.2 Klimatförhållanden under mätperioden

Nedan angivna klimatförhållanden för mätåret har hämtats från väderstationen vid ett av experimenthusen. Förhållandena har jämförts med SMHI:s väderstation i Stockholm (ca 2 mil söder om experimenthusen). Medelvärden för Stockholm avser perioden 1931-1960.

Solinstrålningen på det horisontella planet finns redovisad i bild 7.2. En jämförelse har dessutom gjorts med referensåret

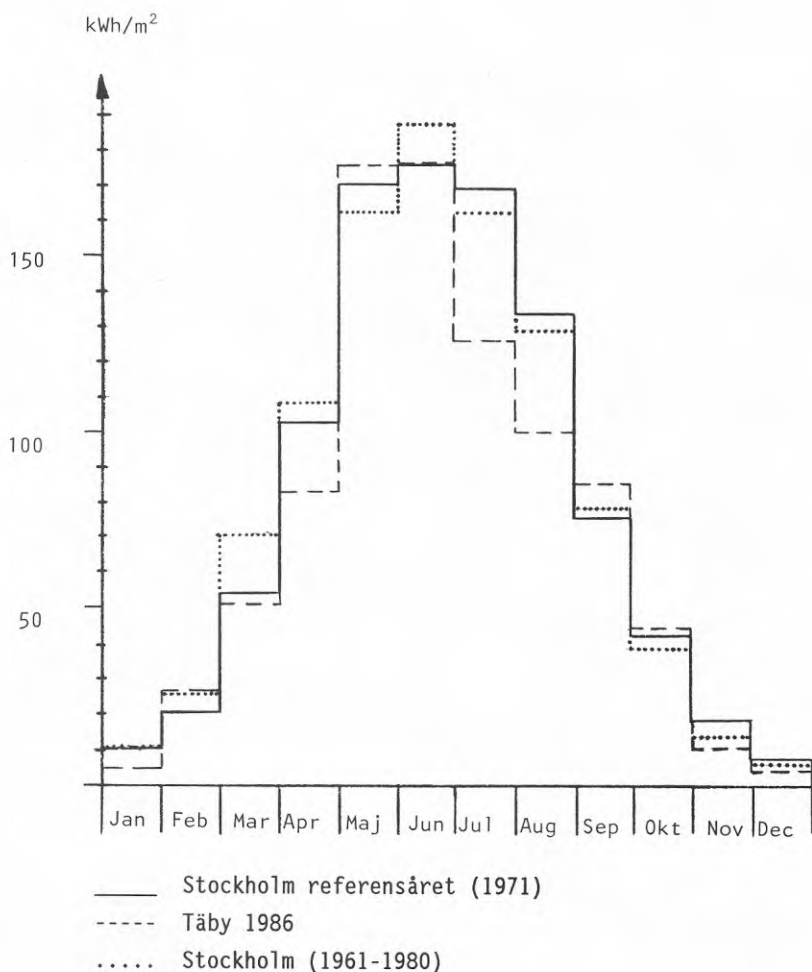


Bild 7.2 Solinstrålning mot horisontalplanet i Stockholm och Täby.

1971 för Stockholm. För referensåret finns timvärden, som har utnyttjats vid analysen av energiförbrukningen. Solinstrålningen under uppvärmningssäsongen har varit ungefär lika stor i Täby som i Stockholm, för normalåret och referensåret.

Medeltemperaturen under mätåret 1986 var något lägre, (0,6 K) än normalvärdet på + 6,3°C och 1,0 K lägre än normalåret 1971. Mätåret började kallare än normalt (se bild 7.3). Medeltemperaturen under februari var t ex 4.5 K lägre. Antalet gradtimmar relaterat till +20°C under eldningssäsongen (24 september till 8 maj) var 6% högre än för referensåret 105000 resp. 99300.

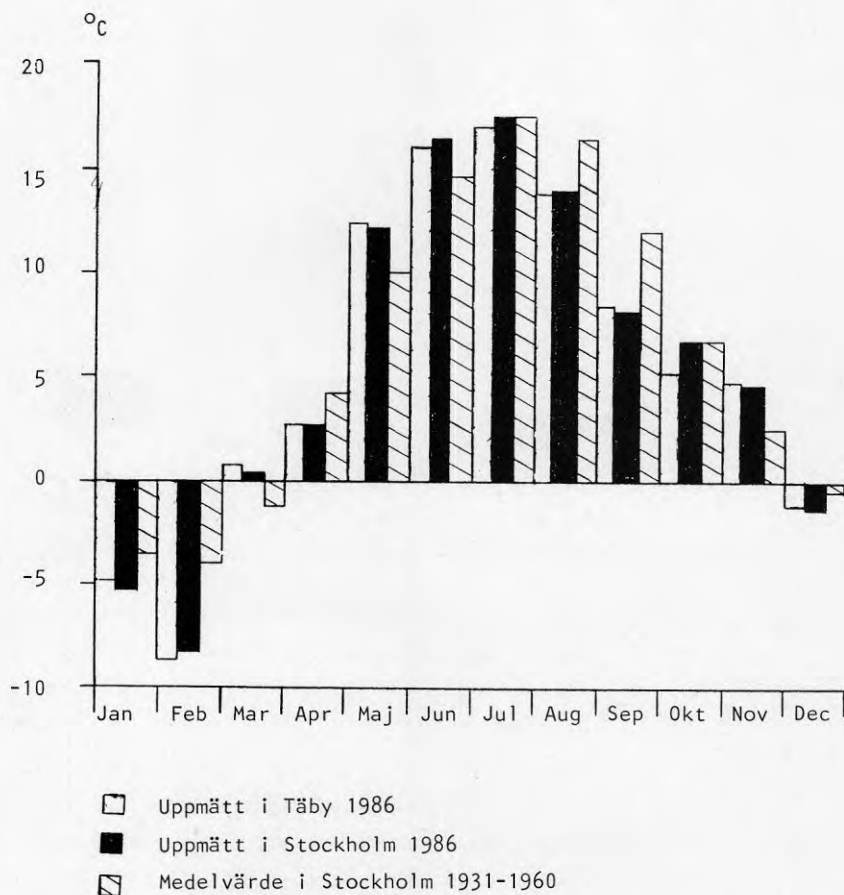


Bild 7.3 Utetemperatur.

### 7.3 Mätresultat

#### 7.3.1 Energibehov

Totalt under 1986 har husen med standardavvikelse (16 hus) förbrukat 6 650 (+-1 000) kWh för radiatoruppvärmning och 2 450 (+-1400) kWh för tappvarmvattenuppvärmning. Förbrukning av hushållsel (exkl.förråd och carport) uppgick till 3 350 (+-1 300) kWh. Den totala elförbrukningen var 12 450 (+-2 350) kWh. Den högsta enskilda förbrukningen var 16 250 kWh och den lägsta 8 800 (se även bilaga F). Energiförbrukningen för uppvärmning av varmvatten varierar mellan 800 kWh och 5650 kWh för de olika husen, vilket motsvarar en variation i varmvattenförbrukning mellan 18,5 m<sup>3</sup> och 71,5 m<sup>3</sup>.

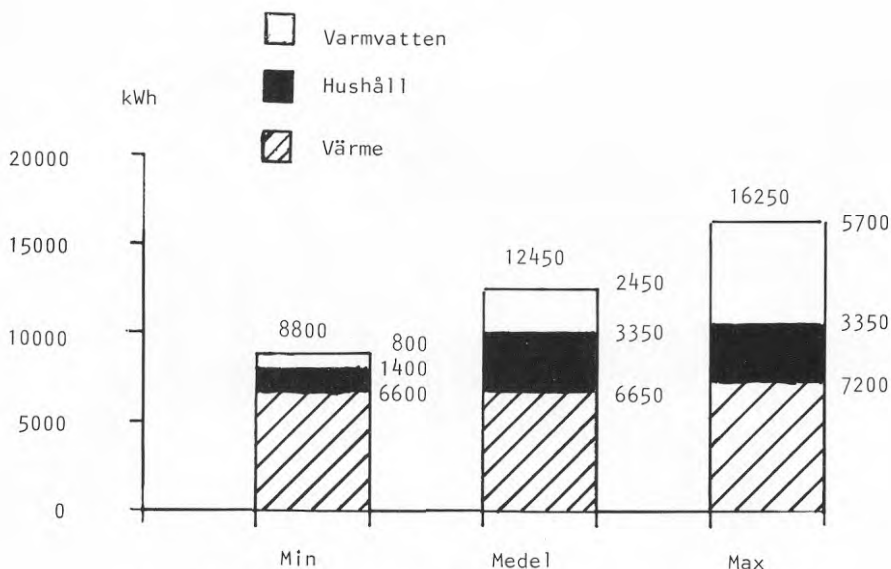


Bild 7.4 Uppmätt köpt elenergi under 1986.

#### 7.3.2 Effektbehov

För att kartlägga eleffektbehovet registrerades det maximala eleffektbehovet (exkl. förråd och carport) varje vecka i 10 av de 18 husen. Det registrerade behovet är ett medelvärde under 1 minut. Det största maximala behovet under 1986 varierade mellan 11 kW och 13,1 kW. Medelvärdet på det maximala eleffektbehovet varierade mellan 5,7 kW och 9,5 kW under 1986.

### 7.3.3 Innetemperaturer

Månadsmedeltemperaturen inomhus för hela huset har varierat mellan ca  $+16^{\circ}\text{C}$  och  $+23^{\circ}\text{C}$  under eldningsäsongen. Den låga temperaturen beror på sänkt termostatinställning i ett hus. Övriga hus ligger mellan  $+19^{\circ}$  och  $+23^{\circ}\text{C}$ . Som varmast blir det under sommaren då månadsmedeltemperaturen kan gå upp till  $+25^{\circ}\text{C}$  i ett hus där ingen är hemma och ventilationen inställd på bortaläget.

Månadsmedeltemperaturen ligger vanligtvis mellan  $+22$  och  $+23^{\circ}\text{C}$  under sommaren i bebodda hus (se bild 7.5) där vädring har förekommit i relativt stor utsträckning (se kapitel 5.3). Vid enstaka tillfällen under sommaren kan timmedeltemperaturen gå upp till  $+28^{\circ}\text{C}$  (se bild 7.6).

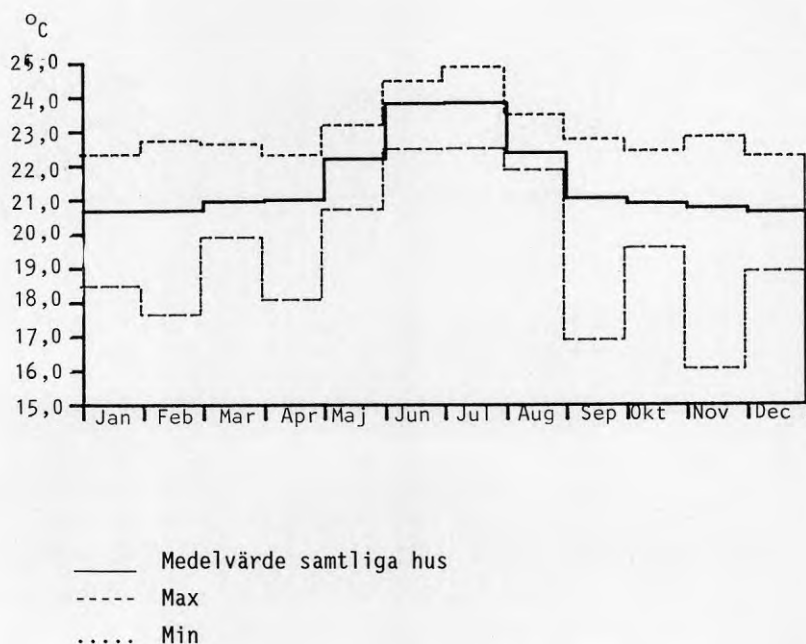


Bild 7.5 Uppmätt månadsmedelvärde på innetemperaturen.

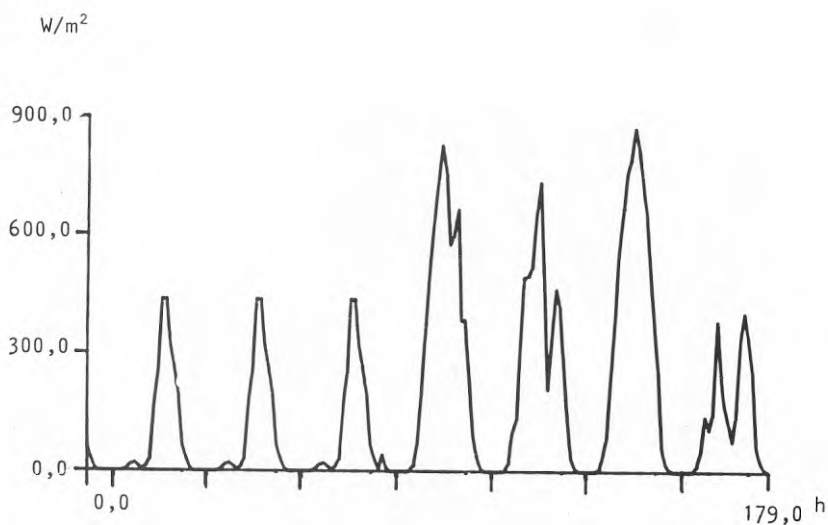
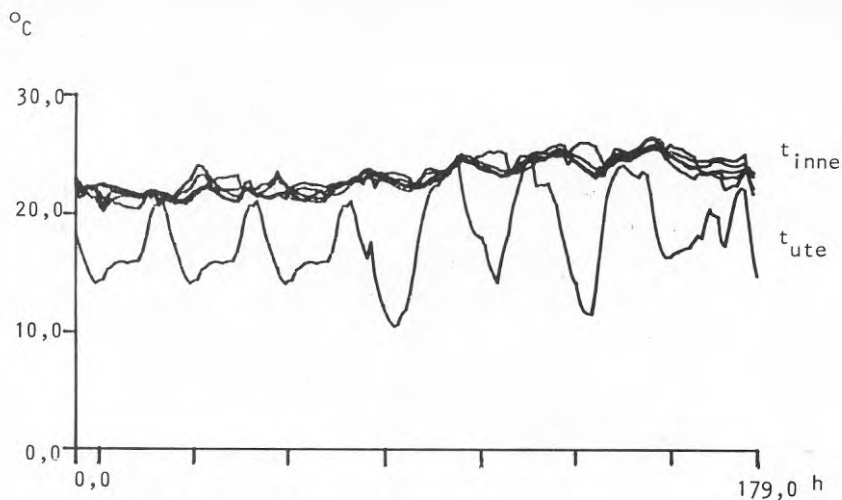


Bild 7.6 Innetemperaturen i hus 16 under tiden 860715-0718. Familjen var hemma större delen av tiden. Frånluftsfläkten var inställd på maxläget. Obs! att familjen uppger att de vädrar kraftigt varma sommardygn. Nedre diagrammet visar solinstrålningen på horisontalplanet.

Spridningen i temperatur i tiden och mellan olika rum är liten, trots i tid och rum varierande gratisvärme. Skillnaden i innetemperaturen mellan olika rum kan tidvis bli 2 K, förmodligen till viss del beroende på boendevanor. Skillnaden mellan bottenvåningen och ovanvåningen kan uppgå till 1,5 K under vintern.

#### 7.3.4 Lufttätethet

Byggnadens lufttätethet har bestämts med hjälp av över- resp. undertryck enligt svensk standard. Resultaten finns redovisade i tabell 7.1.

I samband med täthetsprovningen undersöktes också isoler- och täthetsutförandet med hjälp av en värmekamera. Målsättningen med termograferingen har i första hand varit att lokalisera de läckage (otätheter) som finns i konstruktioner och anslutningar. I samband med detta har även en enkel kontroll utförts (med värmekamera) av värmeisoleringen i ytterväggar och vindsbjälklag. Vid denna kontroll har endast hänsyn tagits till om stora brister och fel förekommit i isolerutförandet. Undantagna från termograferingen har varit bottenbjälklagen eftersom dessa ytor inte var åtkomliga i sådan utsträckning att en godtagbar bedömning av isolerfunktionen kunde göras.

Resultaten från termograferingen visar att inga uttalade köldbryggor finns. Luftläckagen som förekommer i husen är i allmänhet så små att även om åtgärder skulle vidtagas för att förbättra husens täthet ytterligare skulle man sannolikt inte uppnå mycket bättre täthet.

De slutsatser man kan dra av täthetsmätningen och termograferingen är att ingen av de enskilda luftläckagen är stora, men alla småläckage tillsammans medförde att målsättningen (1,0 oms/h) inte kunde hållas. För att undvika dessa problem krävs en bättre detaljprojektering och en noggrannare montering av husen.

Resultatet av täthetsmätningarna i husen varierar mellan 1.0 oms/h och 2.0 oms/h med ett medeltal på  $1,5 \pm 0,25$  oms/h (standardavvikelse). För hus 5 som saknar plastfolie, uppmättes en otäthet på 2,8 oms/h. Med den erfarenhet vi har av täthetsmätningar i andra hus, bedömer vi att tätheten i Lättbygg 85 husen är bättre än i traditionella hus. Som en jämförelse kan det vara av intresse att tätheten hos Hjältevads 1 1/2 plans hus brukar vara ca 0,7 oms/h. Husen är av ungefär samma storlek som experimenthusen och är fabriksbyggda.

Tabell 7.1. Sammanställning av täthetsprovningar. Värdena är angivna i antal luftomsättningar per timme vid 50 Pa. Volymen innanför tätskiktet är 325 m<sup>3</sup>. Den första täthetsmätningen (mätning 1) gjordes september 1984 och den sista mars 1985 (mätning 7). En ytterligare kontrollmätning (mätning 8) gjordes i mars 1987 efter långtidsmätningarnas avslutande.

| Mätning | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hus     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 1       |     |     | 1.6 |     |     |     |     |     |
| 2       | 2.3 |     | 1.7 |     |     |     |     |     |
| 3       |     |     | 1.4 |     |     |     |     |     |
| 4       |     |     | 1.7 |     |     |     |     |     |
| 5       |     |     | 2.8 |     |     |     |     | 4.1 |
| 6       |     |     | 1.7 | 1.6 | 1.2 |     |     |     |
| 7       |     | 1.6 | 1.4 |     |     |     |     |     |
| 8       |     |     |     |     |     | 1.2 |     | 1.2 |
| 9       |     |     |     |     |     | 1.5 |     |     |
| 10      |     |     |     |     |     | 1.6 |     | 1.7 |
| 11      |     |     |     |     |     | 1.3 |     |     |
| 12      |     |     |     |     |     | 1.8 | 1.7 | 1.8 |
| 13      |     |     |     |     |     | 1.4 |     |     |
| 14      |     |     |     |     |     | 2.2 | 2.0 | 1.9 |
| 15      |     |     |     |     |     | 1.6 | 1.8 |     |
| 16      |     |     |     |     |     | 1.0 |     | 1.2 |
| 17      |     |     |     |     |     | 1.9 | 1.5 | 1.8 |
| 18      |     |     |     |     |     | 2.0 | 1.7 | 1.7 |



Vid en jämförelse mellan mätresultatet från mätningarna i mars 1985 och de senaste mätningarna i mars 1987 har ingen påtaglig förändring av tätheten skett i husen förutom i hus 5.

Vid okulärkontroll konstaterades att en springa (1-2 cm) uppkommit mellan bjälklag och gavelytterväggar på ovanvåningen i några hus. Den slutsats man kan dra är att tätheten i hus 5, utan plastfolie, avsevärt försämrats (2,8 oms/h till 4,1 oms/h) på grund av ovannämnda springa medan denna inte haft någon inverkan på tätheten i de övriga husen. Vid kontroll med värmekamera framkom att anslutningar mot gavelväggarna i hus med springa var något mer nedkylda än i de övriga husen.

I två hus gjordes en täthetsprovning med stängda resp. öppna tilluftsdon. Resultatet från en täthetsprovning kan räknas om till en effektiv läckageyta (se tabell 7.2). Beräkningen görs enligt följande formel:

$$Q = L \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

Q = luftläckaget enligt en täthetsprovning, m<sup>3</sup>/s

L = effektiv läckageyta m<sup>2</sup>

$\rho$  = luftens densitet, kg/m<sup>3</sup>

p = tryckskillnaden över otätheterna, Pa

Tryckskillnaden har vid beräkningarna satts lika med 4 Pa, som är ett representativt värde för naturliga driftsförhållanden. Öppna tilluftsdon utgör för dessa två hus ca 1/3 av den totala otätheten vid undertryck (se tabell 7.2). Vid normal drift skapar frånluftsfläkten ett svagt undertryck i huset.

Tabell 7.2 Klimathöljets täthet med stängda resp öppna tilluftsdon vid ett undertryck på 50 Pa. Inom parentes anges den effektiva läckageytan vid ett undertryck på 4 Pa.

| Hus | Stängda tilluftsdon              | Öppna tilluftsdon                |
|-----|----------------------------------|----------------------------------|
| 12  | 1,6 oms/h (112 cm <sup>2</sup> ) | 2,3 oms/h (160 cm <sup>2</sup> ) |
| 17  | 1,7 oms/h (114 cm <sup>2</sup> ) | 2,2 oms/h (165 cm <sup>2</sup> ) |

Om vi antar att den totala effektiva läckageytan för tillufts-  
donen är densamma i alla husen, visar det sig att för det  
tätaste huset är den otäthet som öppna don utgör ( $50 \text{ cm}^2$ ) av  
samma storleksordning som byggnadskalets otäthet ( $58 \text{ cm}^2$ ). För  
det otätaste huset (utan plastfolie) är förhållandet donotäthet  
- total otäthet  $50/(204 + 50) = 0,20$  (20%)

### 7.3.5 Uteluftsflöden

Den totala tillförseln av uteluft har mätts upp med spårgas.  
Den tillämpade metoden (6) innebär att uteluftstillförseln till  
varje rum uppmäts. Spårgas tillförs varje rum på ett sådant  
sätt att en konstant spårgaskoncentration upprätthålls i hela  
huset. Med kännedom om tillförd spårgasmängd och verklig spår-  
gaskoncentration uträknas uteluftstillflödet:

$$Q = \frac{q}{C}$$

där  $Q$  = uteluftsflöde

$q$  = spårgasflöde

$C$  = spårgaskoncentration

Uteluftstillförseln kan mätas upp kontinuerligt under i princip  
obegränsad tid.

Mätningar i hus 3 och 14 visar att ca 0,3 oms/h ( $70 \text{ m}^3/\text{h}$ ) av  
uteluft tillförs husen när ventilationen är inställd på hemma-  
läget och ca 0,2 oms/h ( $50 \text{ m}^3/\text{h}$ ) vid bortaläget (se bild 7.7  
och 7.8). En viss variation i ventilationen med tiden kan iakt-  
tagas. Denna variation torde dock sakna praktisk betydelse.

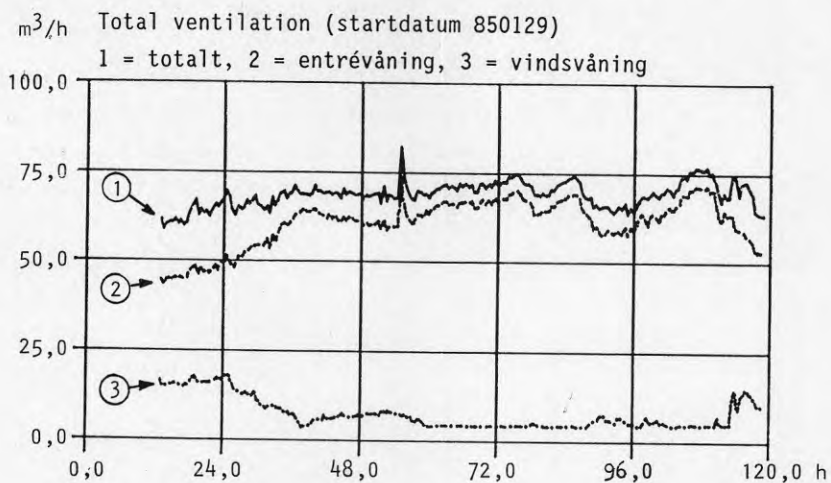


Bild 7.7 Uppmätt total uteluftsventilation i hus 3, under 5 dygn. Medelvärdet på uteklimatet var  $-14^{\circ}\text{C}$  och  $0,3\text{ m/s}$ . Fläkten var inställd på hemmaläget.

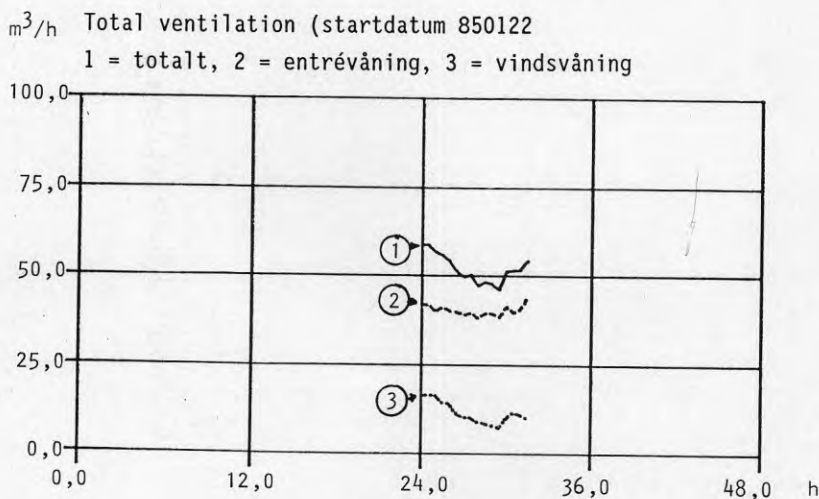


Bild 7.8 Uppmätt total uteluftsventilation i hus 14, under 1 dygn. Medelvärdet på uteklimatet var  $-0,9^{\circ}\text{C}$  och  $0,8\text{ m/s}$ . Fläkten var inställd på bortaläget.

Den uppmätta mekaniska frånluftventilationen (se avsnitt 7.3.7) är högre än (ca 25 %) den med spårgas uppmätta totala utelufttillförseln. En del av skillnaden kan förklaras med att den uteluft som kommer direkt utifrån till WC på bottenvåningen, samt till badrum och hall på ovanvåningen ej ingår i den med spårgas uppmätta utelufttillförseln. En rimlig slutsats är att den oavsiktliga ventilationen är mycket liten dvs all luft som lämnar huset går via fläkten. Med fläkten avstängd kan utelufttillförseln sjunka till 0,10 oms/h (25 m<sup>3</sup>/h) under en vinterdag (se bild 7.9).

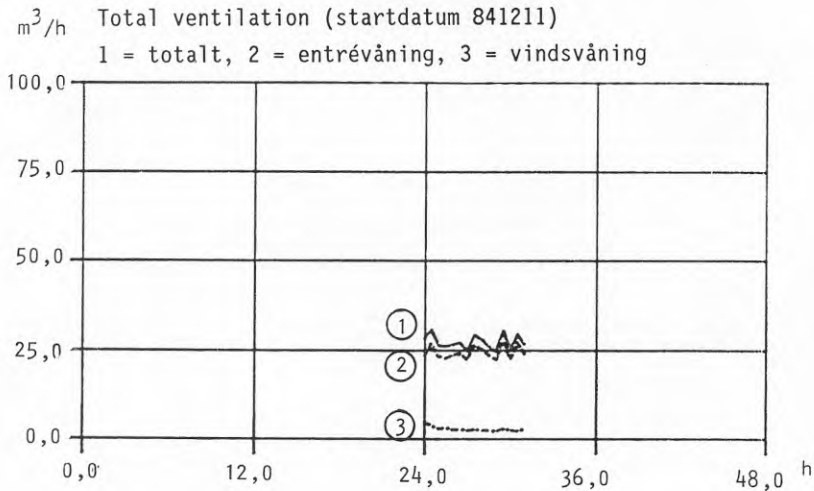


Bild 7.9 Uppmätt total uteluftsventilation i hus 3 under 1 dygn. Fläkten var avstängd.

Alla rum får uteluft direkt utifrån. Ingen skillnad i totalt luftflöde synes föreligga mellan ett hus med frånluft direkt från sovrummen (parallellströmning) och ett hus med frånluft indirekt från sovrummen (serieströmning) (se tabell 7.3). Jämförelsen mellan de två husen försvårades av att den projekterade totala frånluftsmängden från övervåningen är olika för hus med serieströmning (17,5 m<sup>3</sup>/h) och parallellströmning (35 m<sup>3</sup>/h) och att en skillnad i täthet rådde mellan de två undersökta husen. Tilluftsdonen och frånluftsfläktarna är dock lika i de två husen, vilket kan förklara att uteluftsflödena är nästan lika. Luftflödet inom huset mellan bottenvåningen och övervåningen torde vara olika.

Tabell 7.3. Uppmätt medelvärde på uteluftsventilation (uteluft som kommer direkt utifrån utan att först gå via ett grannrum), m<sup>3</sup>/h

| Ventilation                   | Serieströmning | Parallellströmning |
|-------------------------------|----------------|--------------------|
| Hus                           | 14             | 3                  |
| Utetemperatur                 | +1.0°C         | +0.6°C             |
| Vindhastighet                 | 0.6 m/s        | 0.6 m/s            |
| Antal timmar med<br>mätvärden | 17             | 12                 |
| -----                         |                |                    |
| Vardagsrum                    | 5              | 14                 |
| Hall b.v.                     | 28             | 10                 |
| Tvätttrum                     | 7              | 6                  |
| Kök                           | 1              | 3                  |
| Vindfång                      | 6              | 18                 |
| -----                         |                |                    |
| Summa bottenvåning            | 47             | 51                 |
| Stort sovrum                  | 9              | 10                 |
| Sovrum vid bad                | 4              | 5                  |
| Sovrum                        | 4              | 4                  |
| -----                         |                |                    |
| Summa övervåning              | 17             | 19                 |
| -----                         |                |                    |
| Summa                         | 64             | 70                 |

Tillförseln av uteluft direkt utifrån till enskilda rum varierar i hög grad med utetemperatur och vind. Den totala uteluftsventilationen förblir emellertid nästan oförändrad. När temperaturen sjönk drastiskt ökade uteluftstillförseln på bottenvåningen och minskade på övervåningen (se bild 7.7, 7.10-7.13). Detta torde bero på att det av termiska drivkrafter ökade trycket adderas till trycket av fläkten. Förmodligen ökade luftflödet inom huset från bottenvåningen till övervåningen. Om huset (hus 14) varit tätare hade denna omfördelning av ventilationen förmodligen ej varit så drastisk.

Mätningar av luftflödet genom tilluftsdonen visar att ca 1/3 av friskluften kommer in denna väg, medan resten kommer genom otätheter i väggar, tak och golv. Detta förhållande gäller när alla tilluftsdon är öppna och det råder svag vind och 0 C° utomhus. Täthetsprovning med öppna resp stängda tilluftsdon i två hus styrker ovannämnda mätresultat. Tilluftsdonen motsvarar således endast ungefär 1/3 av alla otätheter.

#### 7.3.6 Lokal luftomsättning

För att mäta den lokala luftomsättningen användes känd spårgas-teknik, där spårgasen betraktas som en förorening som "tvättas" bort med hjälp av uteluft. Tiden som går åt för denna "tvättning" är ett mått på den lokala luftomsättningen. Denna mättes på tre olika höjder i varje rum. Mätresultaten anger alltså hur väl olika delar av huset ventileras. Fördelningen av uteluft inom rummen är tillfredsställande.

Sovrummens ventilation påverkas inte av huruvida sovrumsdörrarna är stängda eller öppna. Ventilationen är densamma mitt i sovrummen som vid fönstret. Sistnämnda förhållande gäller även för vardagsrummet på bottenvåningen. Alla mätpunkter visar en godtagbar lokal luftomsättning.

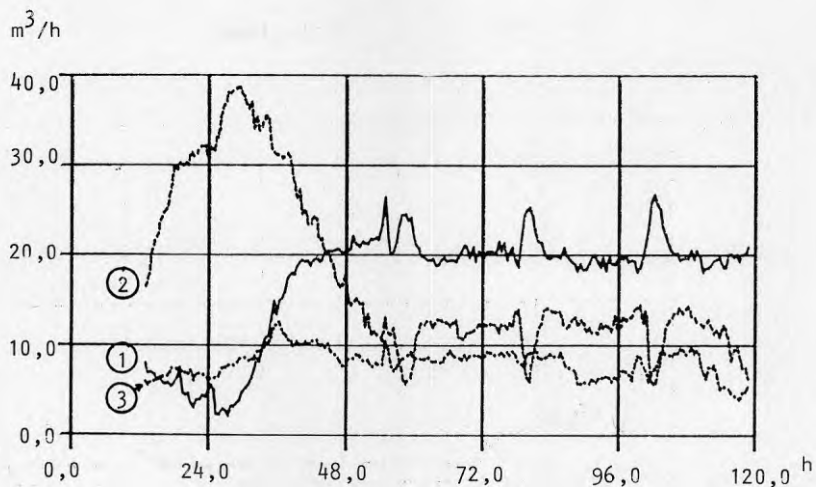


Bild 7.10. Uppmätt uteluftsventilation i enskilda rum i hus 3. Kanal 1 = vard.rum. Kanal 2 = hall bv. Kanal 3 = tvättstuga. För uteklimat se bild 7.13.

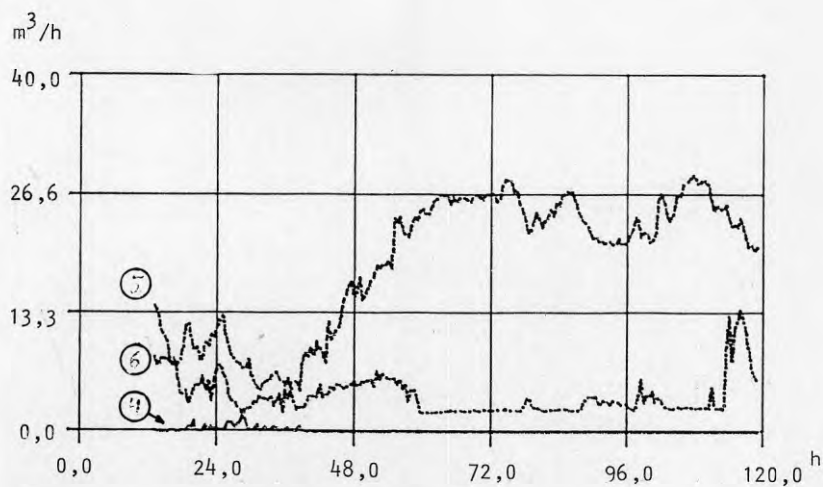


Bild 7.11. Uppmätt friskluftsventilation i enskilda rum i hus 3. Kanal 4 = kök. Kanal 5 = vindfång. Kanal 6 = stort sovrum. För uteklimat se bild 7.13.

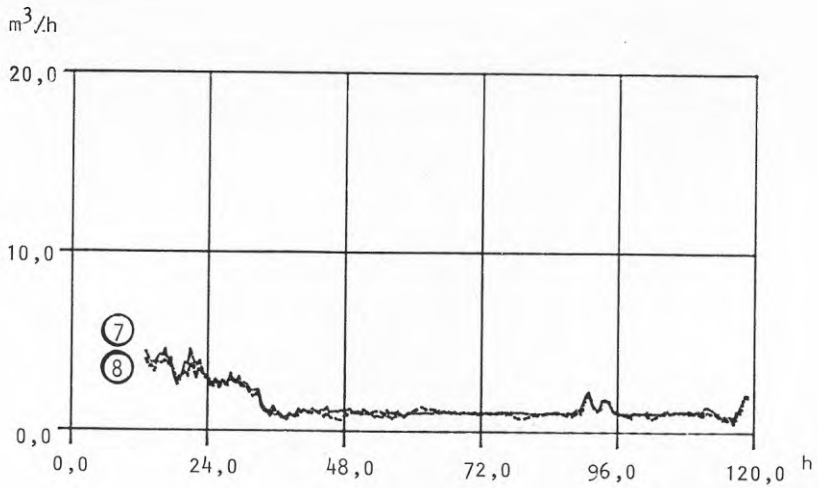


Bild 7.12. Uppmätt uteluftsventilation i enskilda rum i hus 3  
Kanal 7 = sovrum. Kanal 8 = sovrum.

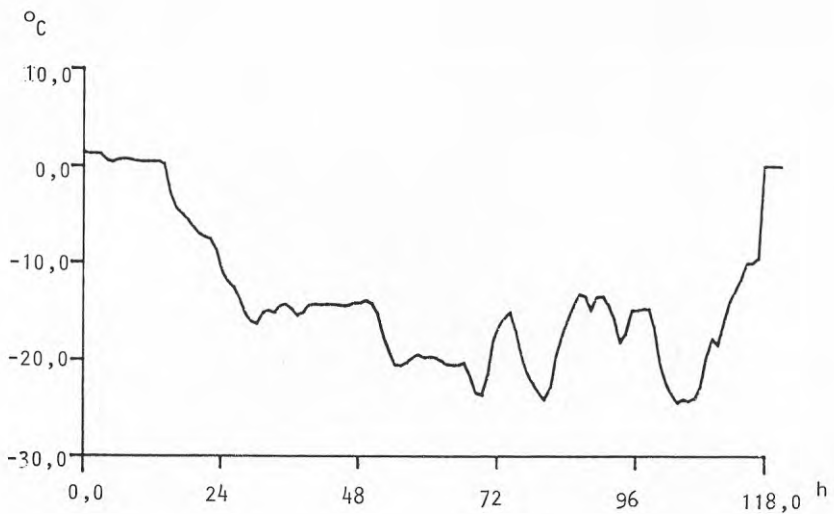


Bild 7.13. Utetemperatur under mätningarna av utelufts-  
ventilationen i hus 3 (se bild 7.7, 7.10 - 7.12).



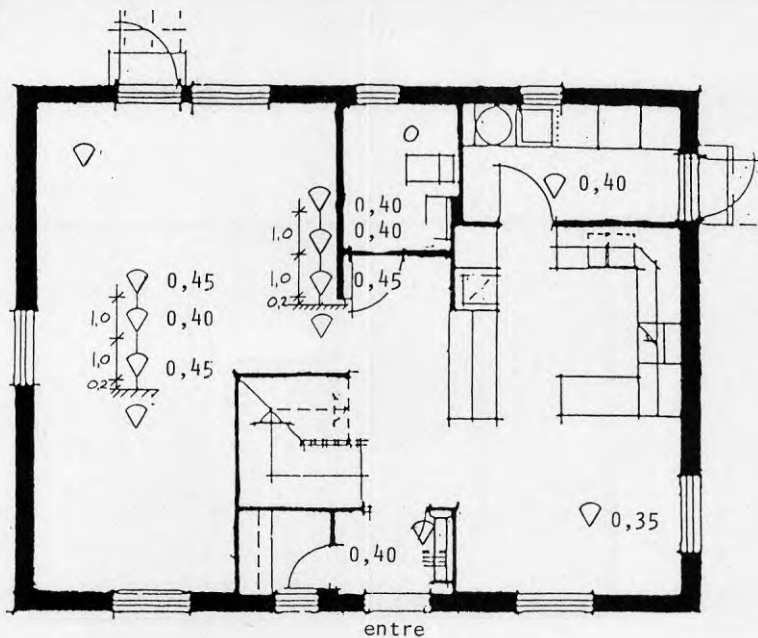


Bild 7.14. Uppmätt lokal luftomsättning (oms/h) mitt i rummen i hus 3 på bottenvåningen. Fläkten var inställd på hemmaläget och tilluftsdonen var öppna.

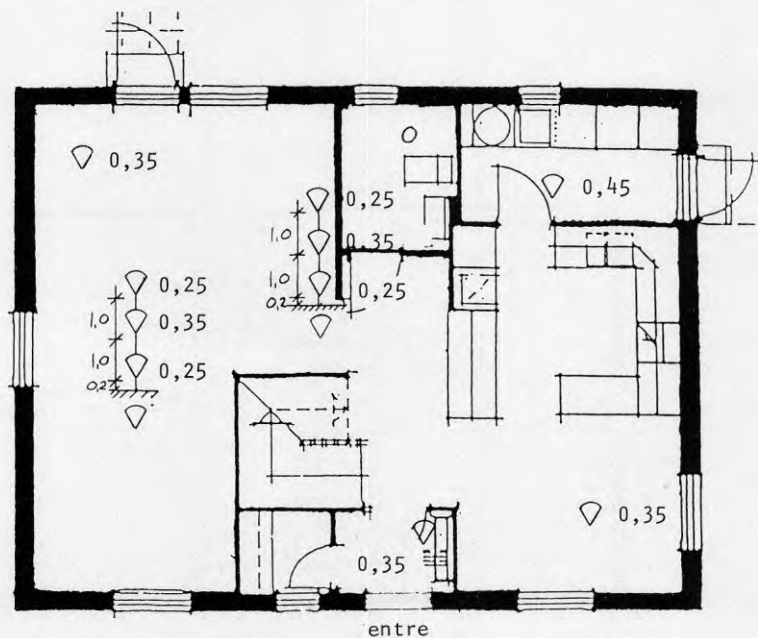


Bild 7.15. Uppmätt lokal luftomsättning (oms/h) mitt i rummen i hus 14 på bottenvåningen. Fläkten var inställd på hemmaläget och tilluftsdonen var öppna.

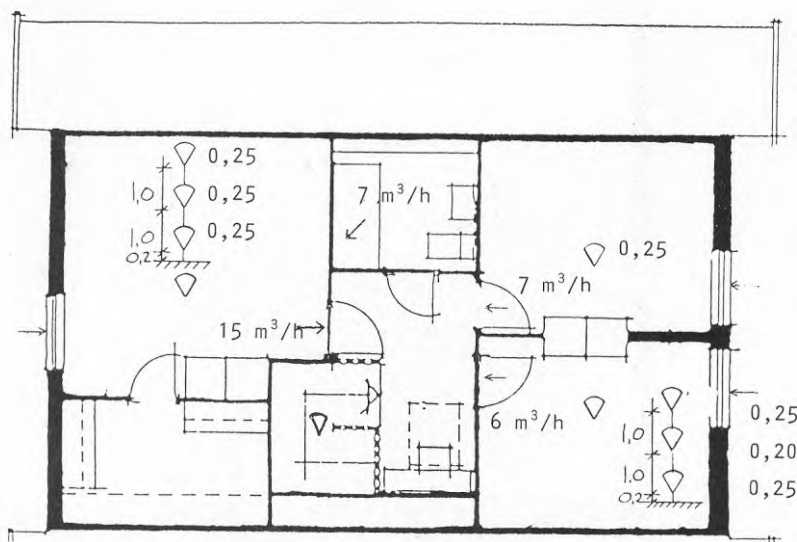


Bild 7.16. Uppmätt lokal luftomsättning (oms/h) mitt i rummen i hus 3 på ovanvåningen med "parallellströmning". Fläkten var inställd på hemmaläget och tilluftsdonen var öppna.

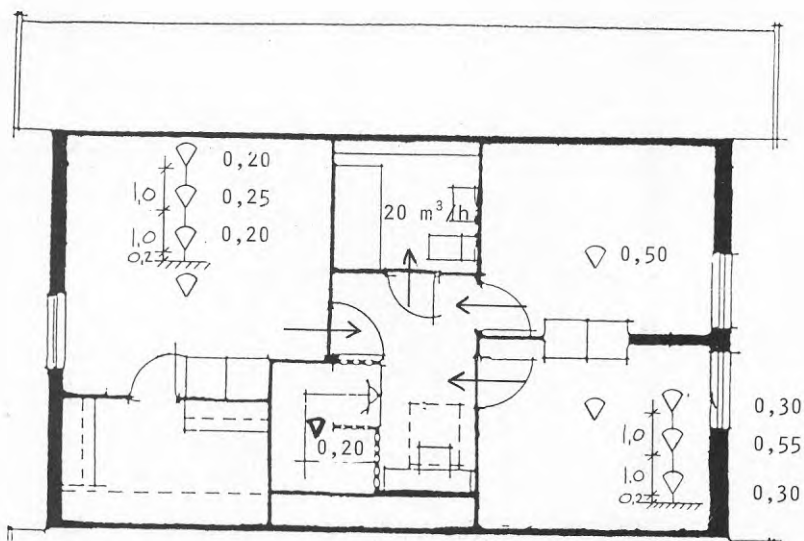


Bild 7.17. Uppmätt lokal luftomsättning (oms/h) mitt i rummen i hus 14 på ovanvåningen med "serieströmning". Fläkten var inställd på hemmaläget och tilluftsdonen var öppna.

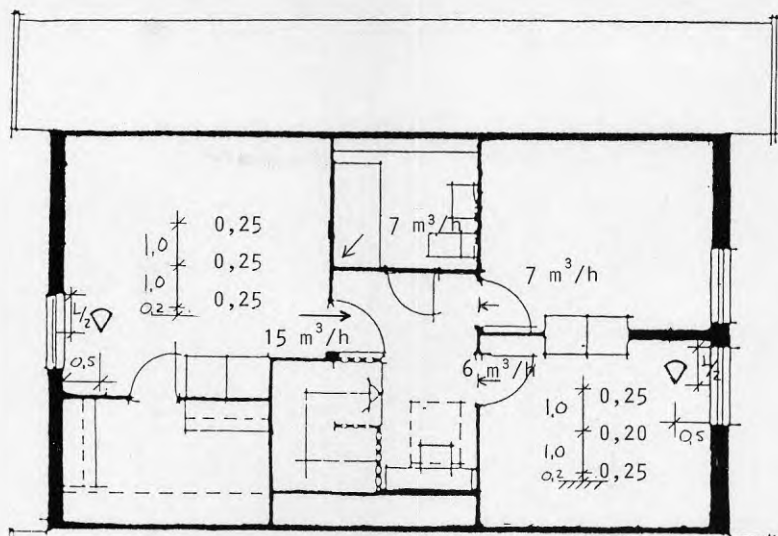


Bild 7.18. Uppmätt lokal luftomsättning (oms/h) vid fönstren i hus 3 med "parallellströmning". Fläkten var inställd på hemmaläget och alla tilluftsdon var öppna. Total frånluft var  $35 \text{ m}^3/\text{h}$ . Utomhustemperaturen var  $-2,5^\circ\text{C}$  och vindhastigheten  $0,2 \text{ m/s}$ .

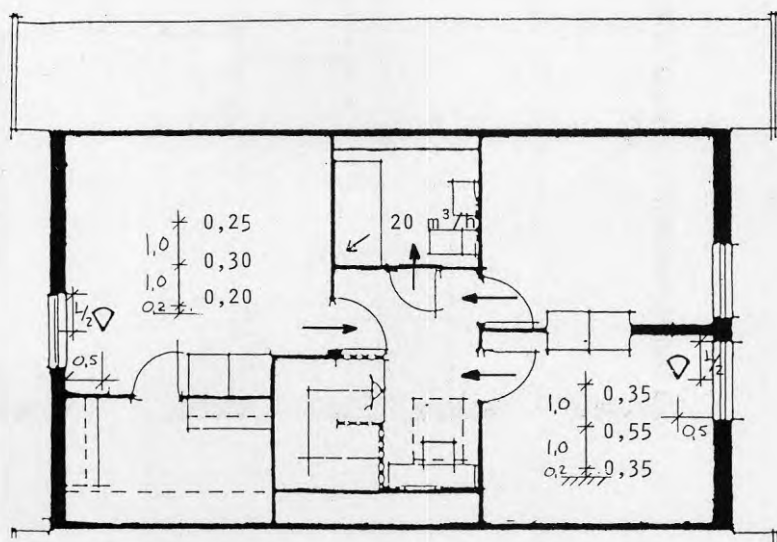


Bild 7.19. Uppmätt lokal luftomsättning (oms/h) vid fönstren i hus 14 med "serieströmning". Fläkten var inställd på hemmaläget och alla tilluftsdon var öppna. Total frånluft var  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ . Utomhustemperaturen var  $-2,5^\circ\text{C}$  och vindhastigheten  $0,2 \text{ m/s}$ .

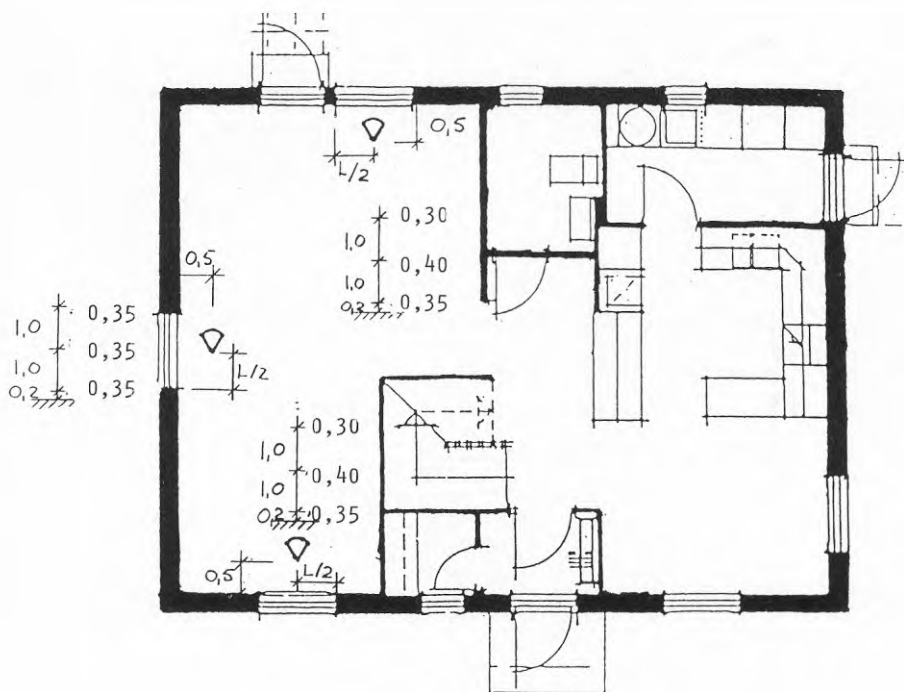


Bild 7.20. Uppmätt lokal luftomsättning (oms/h) vid fönstren på bottenvåningen i hus 14. Fläkten var inställd på hemmaläget och tilluftsdonen var öppna. Utomhus-temperaturen var  $-2^{\circ}\text{C}$  och vindhastigheten 3,8 m/s.

### 7.3.7 Frånluftsflöden

Frånluftsflödena i varje don kontrollerades med en termoanemometer försedd med en kalibrerad mätstos.

För bestämning av totala frånluftsflödet användes en kalibrerad mätning, som är ett icke justerbart, fast monterat mätdon för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer. Flödet bestäms genom mätning av den uppkomna tryckdifferensen över mätningen och genom avläsning på kalibreringskurva av motsvarande flöde. Det sannolika mätfelet har uppskattats till ca 8%.

Den första mätningen som gjordes efter det att ventilationsentreprenören justerat in systemet, visade ett alltför högt totalt frånluftsflöde (se bilaga F).

Ventilationsentreprenören byggde om och justerade in till projekterade värden så långt möjligt. Stora insatser gjordes för att injustera alla luftflöden, eftersom målet var att husen skulle ha så lika driftsförhållanden som möjligt. Efter denna andra injustering avvek luftflödena ännu mer från projekteringen (se tabell 7.4 och bilaga F).

Tabell 7.4. Uppmätta totala frånluftsflöden i april 1985 (m<sup>3</sup>/h)  
(0.5 oms/h motsvarar ett luftflöde av 117m<sup>3</sup>/h)

|  | <u>Bortaläge</u> | <u>Hemmaläge</u> | <u>Maxläge</u> |
|--|------------------|------------------|----------------|
| Projekterat                                    | 35               | 70               | 120            |
| Medelvärde<br>alla hus<br>(+standardavvikelse) | 97 +-4           | 125 +-5          | 132 +-6        |

Ytterligare en injustering gjordes av ventilationsentreprenören. Denna gång var luftflödena godtagbara i alla hus utom fyra (se bilaga F).

Efter en sista injustering har alla husen värden som i stort sett stämmer överens med projekteringen (se tabell 7.5 och bilaga F).

Tabell 7.5. Uppmätta totala frånluftsflöden (med standardavvikelse) i december 1985 (m<sup>3</sup>/h)

| Hus                    | Bortaläge | Hemmaläge | Maxläge |
|------------------------|-----------|-----------|---------|
| Projekterat            | 35        | 70        | 120     |
| Medelvärde<br>alla hus | 37 +-4    | 91 +-10   | 123 +-5 |

Efter långtidsmätningarnas slutförande gjordes en kontroll av de totala frånluftsflödena. Denna visade att luftflödena i genomsnitt sjunkit med 10-15 %. I ett hus hade luftflödena sjunkit med 40 % (se tabell 7.6 och bilaga F).

Tabell 7.6. Uppmätta totala frånluftsflöden med standardavvikelse i mars 1987 (m<sup>3</sup>/h)

| Hus                    | Bortaläge | Hemmaläge | Maxiläge |
|------------------------|-----------|-----------|----------|
| Projekterat            | 35        | 70        | 120      |
| Medelvärde<br>alla hus | 42 +-10   | 79 +-13   | 105 +-17 |

Frånluftsflödena vid respektive don uppmättes efter den första injusteringen och förhållandet mellan de olika donflödena visade sig stämma överens med de projekterade (se tabell 7.7).

Tabell 7.7. Uppmätta delluftsflöden (m<sup>3</sup>/h) för frånluft efter ventilationsentreprenörens första injustering. Frånluftsflödet i köket är beräknat som skillnaden mellan uppmätt total frånluft och summan av de övriga delluftsflödena. Om ventilationskanalerna är otäta medför detta att frånluftsflödet i köket överskattas.

| Plats                   | Projekterat | Uppmätt |
|-------------------------|-------------|---------|
| Hus 14 (serieströmning) |             |         |
| Tvätt                   | 17.5        | 20      |
| WC                      | 17.5        | 22      |
| Kök                     | 17.0        | (32)    |
| Bad                     | 17.5        | 20      |
|                         | 70          | 94      |

| Hus 3 (parallellströmning) |    |      |
|----------------------------|----|------|
| Tvätt                      | 16 | 13   |
| WC                         | 5  | 5    |
| Kök                        | 16 | (33) |
| Sov                        | 14 | 15   |
| Sov                        | 7  | 7    |
| Sov                        | 7  | 6    |
| Bad                        | 5  | 7    |
|                            | 70 | 87   |

Det största problemet med ventilationssystemet har alltså varit att få det att uppfylla kravet på luftflöden enligt projekteringen.

Kontrollmätningar visar att luftflödet genom fläkten är detsamma oavsett hur många tilluftsdon som är öppna eller hur frånluftsdonen (inom rimliga gränser) är inställda.

Registreringen av drifttiderna för de olika fläkthastigheterna visar på en genomsnittlig frånluftsventilation på 85 m<sup>3</sup>/h (0.36 oms/h). Frånluften är som högst under sommaren med månadsmedelvärden för alla husen på 95 m<sup>3</sup>/h (0.41 oms/h). Detta beror på att maxläget används oftare och minläget mera sällan. Utnyttjandet av fläkten varierar mycket från hus till hus (se tabell 7.8 och bilaga F).

Tabell 7.8 Drifttider för frånluftsfläkt under 1986.

| Fläktin-tällning      | Borta             | Hemma             | Max               |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Medelvärde för 16 hus | 19+-19%<br>1700 h | 69+-23%<br>6125 h | 12 +14%<br>1035 h |
| Maxvärde              | 43 %<br>3800 h    | 97 %<br>8500 h    | 42 %<br>3700 h    |
| Minvärde              | 0 %<br>9 h        | 14 %<br>1262 h    | 0 %<br>41 h       |

### 7.3.8 kA-värde

Experimentusens totala kA-värde, dvs produkten av k-värde och tillhörande area för hela byggnaden, har bestämts med "electric coheating" (27) för ett hus (nr 3). Alla värmekällor och ventilationssystem stängdes av. Huset lämnades obott under mätningarna. I varje rum installerades en elektrisk värmefläkt. Hela huset uppvärmdes till en konstant temperatur. Elförbrukningen, innetemperaturer och utetemperaturer mättes kontinuerligt. Parallellt med ovannämnda mättes även ventilationen



kontinuerligt med den tidigare nämnda spårgasmetoden (se kap 7.3.5). Under mätningarna täcktes fönstren för med svart plastfolie, detta för att minska inverkan av solinstrålningen. Mätningarna gjordes under flera dygn med mulet och kallt väder. Resultatet av mätningarna blir ett genomsnittligt totalt k-värde för hela klimatskärmen, en för byggnaden karakteristisk transmissionsfaktor.

Mätningen av kA-värdet visade ett något högre värde än det teoretiskt beräknade värdet (se tabell 7.9). Det uppmätta värdet har ansetts gälla och har använts i alla beräkningar. Den tillämpade mätmetoden har inte gjort det möjligt att bedöma k-värdet för de enskilda byggnadsdelarna.

Tabell 7.9. kA-värden (inkl fönster) W/K. Inom parentes anges ett korrigerat kA-värde, som erhålls om lufttemperaturen är densamma i krypgrunden som ute.

|       | Uppmätt | Beräknat |
|-------|---------|----------|
| Hus 3 | 60 (62) | 55(58)   |

## 7.4 Analys

### 7.4.1 Energibalans

För att analysera och jämföra energibalansen för experimenthusen i detalj utnyttjades energiberäkningsprogrammet STAWAD-SP (se bilaga D, 49,52). Det första steget var att se hur exakt STAWAD-SP kan beräkna de uppmätta värdena (se 7.3.1 och bilaga F) på tillförd värme från uppvärmningssystemet för mätåret 1986. För detta ändamål användes som ingångsdata till STAWAD-SP uppmätta värden på:

- luftflöde i ventilationskanaler (se kap 7.3.7)
- oavsiktlig ventilation, som inkl vädring uppskattats till 0,05 oms/h (12 m<sup>3</sup>/h) under vinterhalvåret

- kA-värde (se kap 7.3.8)
- innetemperaturen, där månadsmedelvärden under vintern använts som termostatinställning
- utetemperatur
- solinstrålning på det horisontella planet
- de boendes närvaro multiplicerad med 80 W per person (se bilaga F)
- hushållselförbrukning multiplicerad med 0,95 och med ett avdrag på 50 W för fläktvärme (se bilaga F)
- elförbrukningen för varmvattenberedning med tankförluster på 80 W (se bilaga F)

Vid beräkningarna studerades 14 av de 18 husen. För fyra hus finns det alltför stora brister i avläsningarna av mätarna. För varje hus har en månadsvis driftsprofil tagits fram, där dygnet delas in i två perioder (kl 8-20 och kl 20-8) med konstant gratisvärme. Ventilationen i varje hus har antagits vara konstant under månaden.

Uppvärmningsbehovet redovisas månadsvis som medelvärde för alla husen i bild 7.21. Jämförelsen mellan beräknat och uppmätt värmebehov för 14 hus visar att uppmätt årsvärmebehov i genomsnitt (6628 kWh) är 2 % högre än beräknat (6495 kWh). För flertalet enskilda hus visar beräkningmodellen god överensstämmelse med verkligheten såväl månadsvis som årsvis. I några fall är avvikelserna mellan 5 och 25 % på årsvärmebehovet (se bild 7.22). Möjliga förklaringar till detta är osäkerheten i de boendes närvaroanteckningar, storleken på vädringen, inställningen av elradiatorernas termostater.

Beräkningsmodellen har ansetts kunna användas för att beräkna medelvärdet på uppvärmningsbehovet för de 14 husen under andra driftsförhållanden.

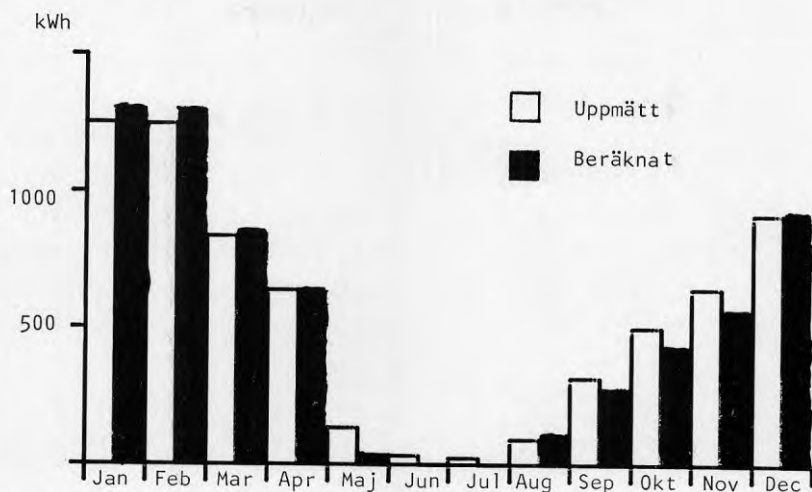


Bild 7.21 Uppvärmningsbehov per månad för 1986, uppmätt och beräknat medelvärde för alla husen.

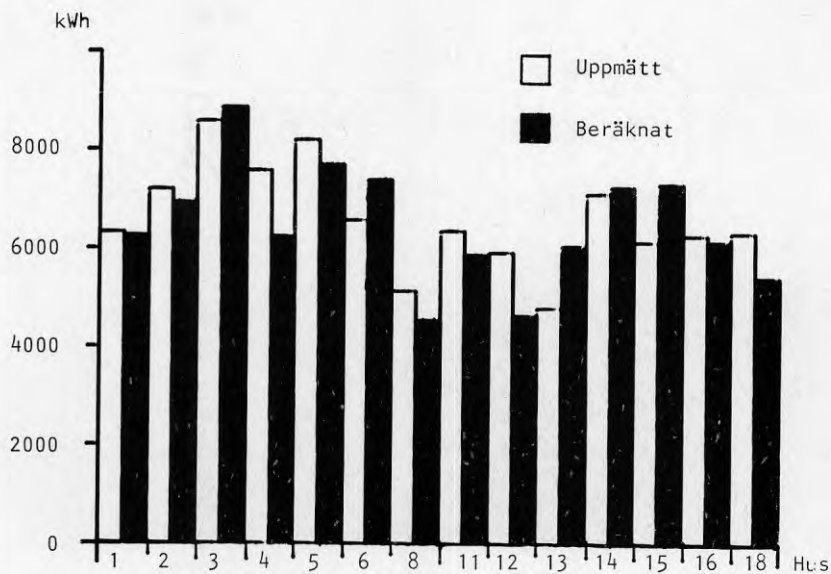


Bild 7.22. Uppvärmningsbehov för 1986, uppmätt och beräknat årsvärmebehov.

Det första steget var att undersöka vilken energiförbrukning som erhålls om alla husen har sina rumstermostater inställda på  $+20^{\circ}\text{C}$ , istället för det uppmätta medelvärdet på inställningen på ca  $+21^{\circ}\text{C}$ . Medelvärdet på årsvärmebehovet sänks då med 450 kWh från 6500 kWh till 6050 kWh.

Det andra steget var att ändra klimatförutsättningarna, eftersom mätåret var kallare än vad som är normalt. Normalåret 1971 för Stockholm medförde en ytterligare sänkning med 750 kWh till 5300 kWh, dvs en total elförbrukning på 11350 kWh (se bild 7.23). För att göra en rättvis jämförelse med en enligt ENORM projekterad energiförbrukning ökades hushållselförbrukningen från 3450 kWh till 4000 kWh, varmvattenförbrukningen från 2600 kWh till 3500 kWh och personvärmens från 1200 kWh till 1300 kWh.

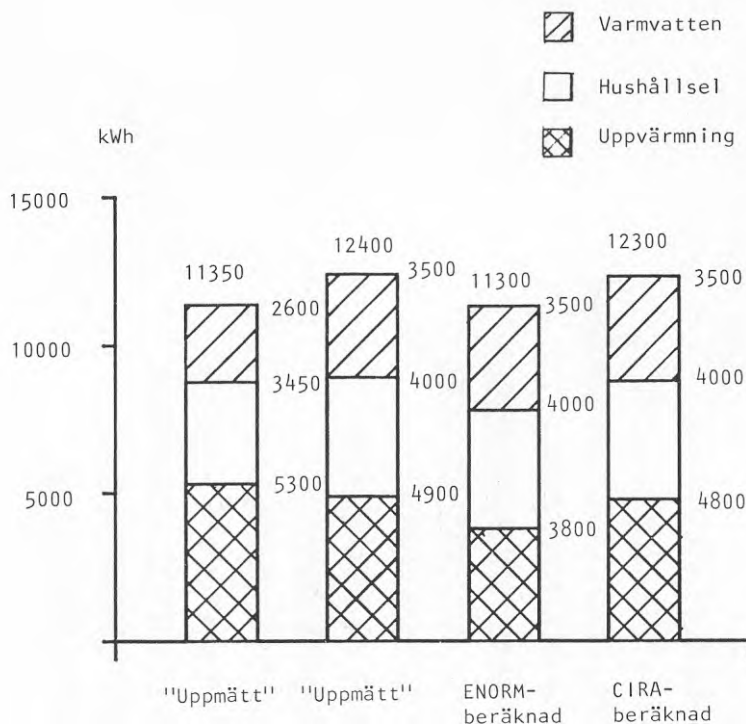


Bild 7.23. Elenergiförbrukning för Lättbygg 85 med korrigerade mätvärden enl STAWAD-SP resp med projekterade värden enligt ENORM och CIRA.

Den på detta sätt beräknade genomsnittliga totala elförbrukningen blir 12400 kWh, som skall jämföras med ENORM-förbrukningen på 11300 kWh. Parallellt med ENORM uppskattade energiberäkningsprogrammet CIRA (se CIRA-Reference Manual Lawrence Berkerey Laboratory, 1982) förbrukningen till 12300 kWh. Den uppsatta målsättningen på energisidan har alltså i stort sett uppnåtts.

Summan av transmissions- och ventilationsförluster har för referensåret 1971 med STAWAD-SP beräknats till 10700 kWh. Beräkningarna gjordes genom att beräkna det totala uppvärmningsbehovet när innetemperaturen är +20°C och utan hänsyn till solinstrålning och gratisvärme. Transmissionsförlusterna utgör 6950 kWh baserade på en transmissionsfaktor på 57,5 W/K och ventilationsförlusterna 3750 kWh baserade på en ventilationsfaktor på 31 W/K.

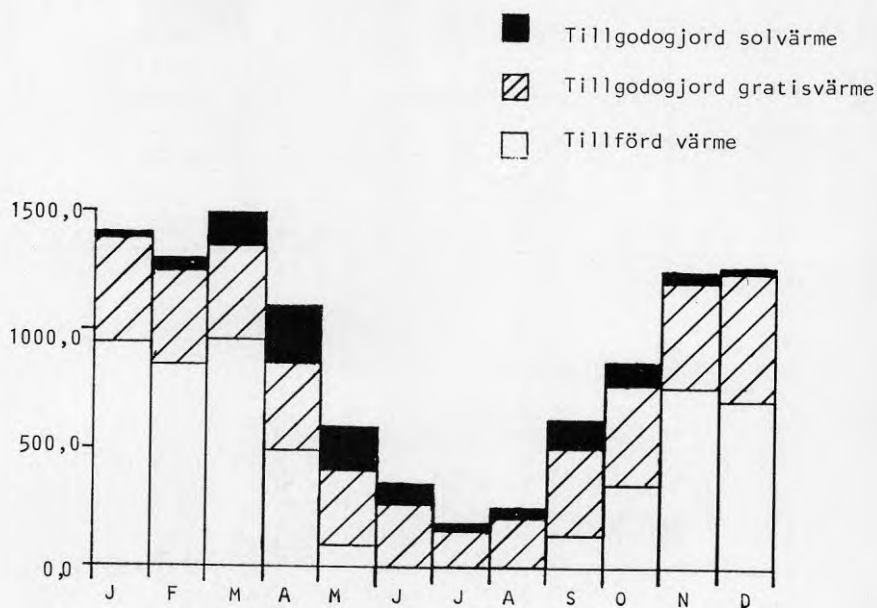


Bild 7.24. Värmetillskott under ett år, medelvärde för 14 hus. Uppmätta värden är korrigerade till att gälla referensåret 1971 och med innetemperaturen + 20°C.

De olika bidragen till husens uppvärmning beräknades med antagandet att gratisvärme (från hushållsel, personer och tappvarmvattenberedning) tillgodogörs före solvärme (se bild 7.24-7.26). Av tillförd gratisvärme på i medeltal 5200 kWh tillgodogörs 4300 kWh för husets uppvärmning. Mellanskillnaden höjer inomhustemperaturen över önskade  $+20^{\circ}\text{C}$  eller vädras bort. Under ett år kommer i medeltal 1900 kWh solvärme in genom fönstren och därav tillgodogörs 1100 kWh. De resterande 5300 kWh tillförs av uppvärmningssystemet.

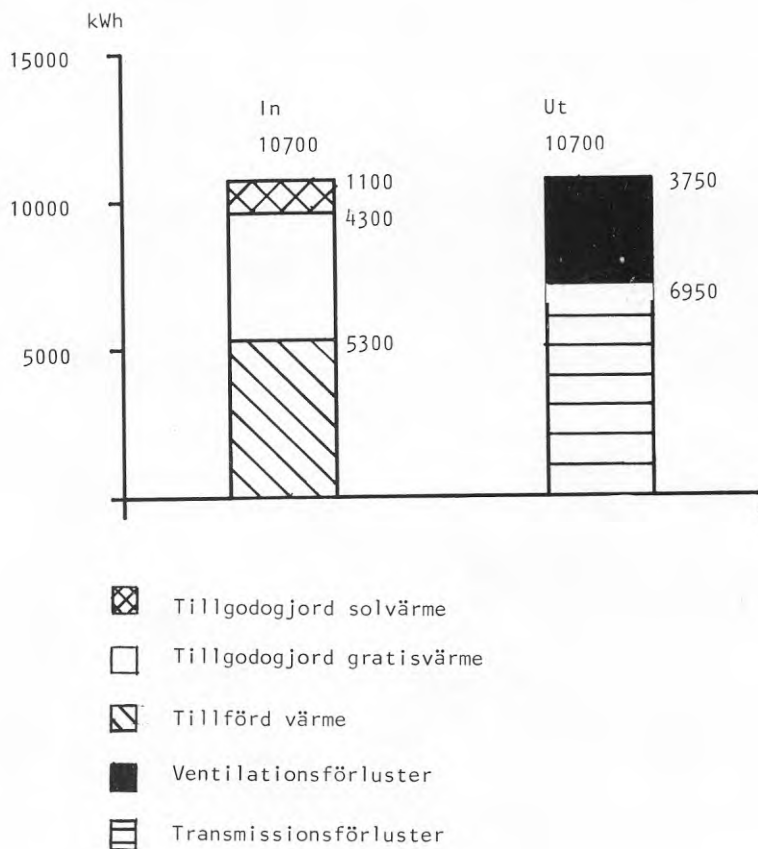


Bild 7.25. Energibalans för husen. Årsmedelvärde för 14 hus. Uppmätta värden är korrigerade till att gälla för referensåret 1971 och med inomhustemperaturen  $+20^{\circ}\text{C}$ .

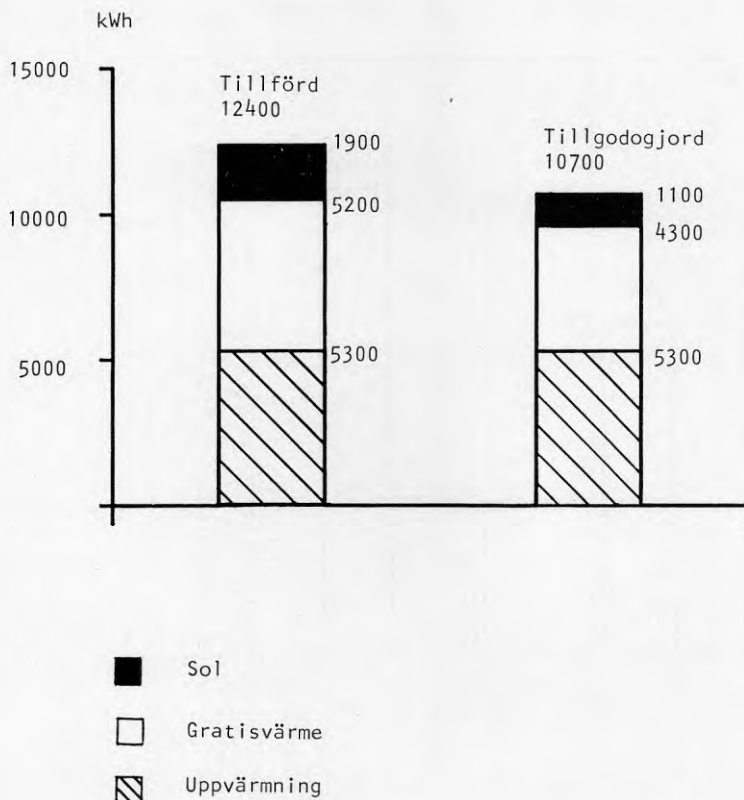


Bild 7.26. Tillförd värme och tillgodgjord värme för 1971.

Om husen hade haft en konstant ventilation på 0,5 oms/h hade uppvärmningsbehovet i medeltal ökat från 5300 kWh till 6600 kWh (se bild 7.27). Med den uppmätta ventilationen, men k-värdena ökade till att motsvara kraven i SBN 80, hade 5300 kWh ökat till 10000 kWh. Slutligen ett Lättbygg 85 hus med en ventilation på 0,5 oms/h och k-värden enligt SBN 80, skulle ha en genomsnittlig förbrukning för uppvärmning på 11400 kWh.

Driftsförhållandena (hushållsel-, tappvarmvattenförbrukningen och personvärmen) är i övrigt de samma som uppmättes i verkligheten. Den största energibesparingen har alltså uppnåtts tack vare den förbättrade standarden på klimatskärmen.

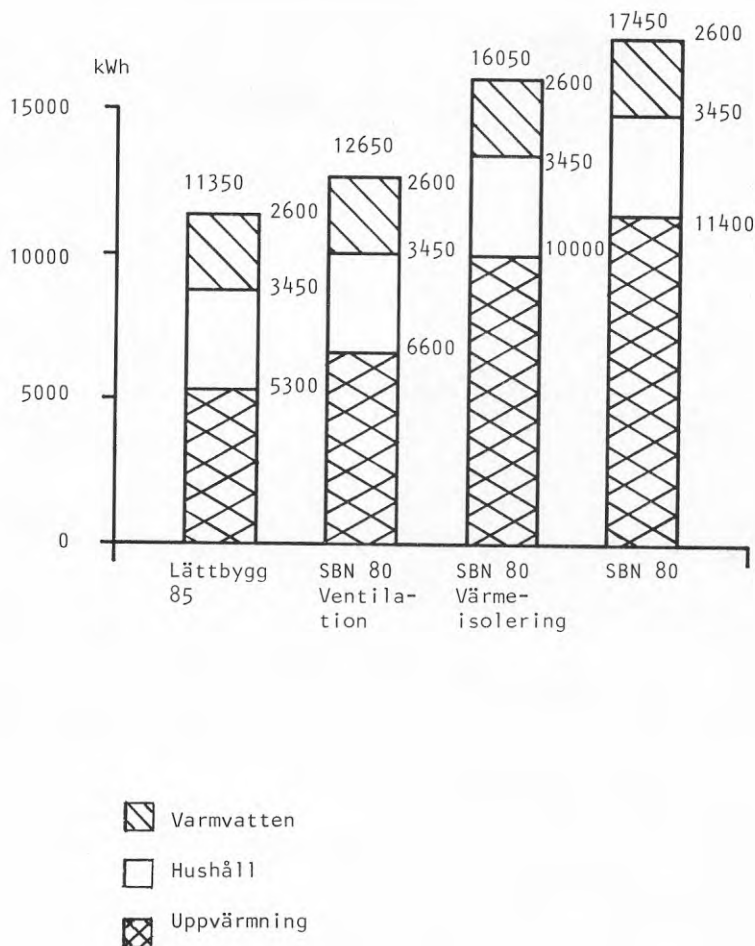


Bild 7.27 Årsmedelvärden på elenergiförbrukningen för Lättbygg 85 husen (L 85) dels med verklig och dels med SBN 80 värmeisolering och ventilation. Värdena har beräknats med STAWAD-SP, som stämmer väl överens med mätningarna på Lättbygg 85 husen.



Vid projekteringen av Lättbygg85-husen gjordes beräkningar av energibalansen för olika värmeisolerings- och ventilationsnivåer. Samma beräkningsfall genomförda med STAWAD-SP för de verkliga husen visar en högre total förbrukning för SBN 80 och Lättbygg 85. Beräkningarna gjordes dels med uppmätt (se bild 7.28) och dels med projekterad (se bild 7.29) hushållsel- och varmvattenförbrukning.

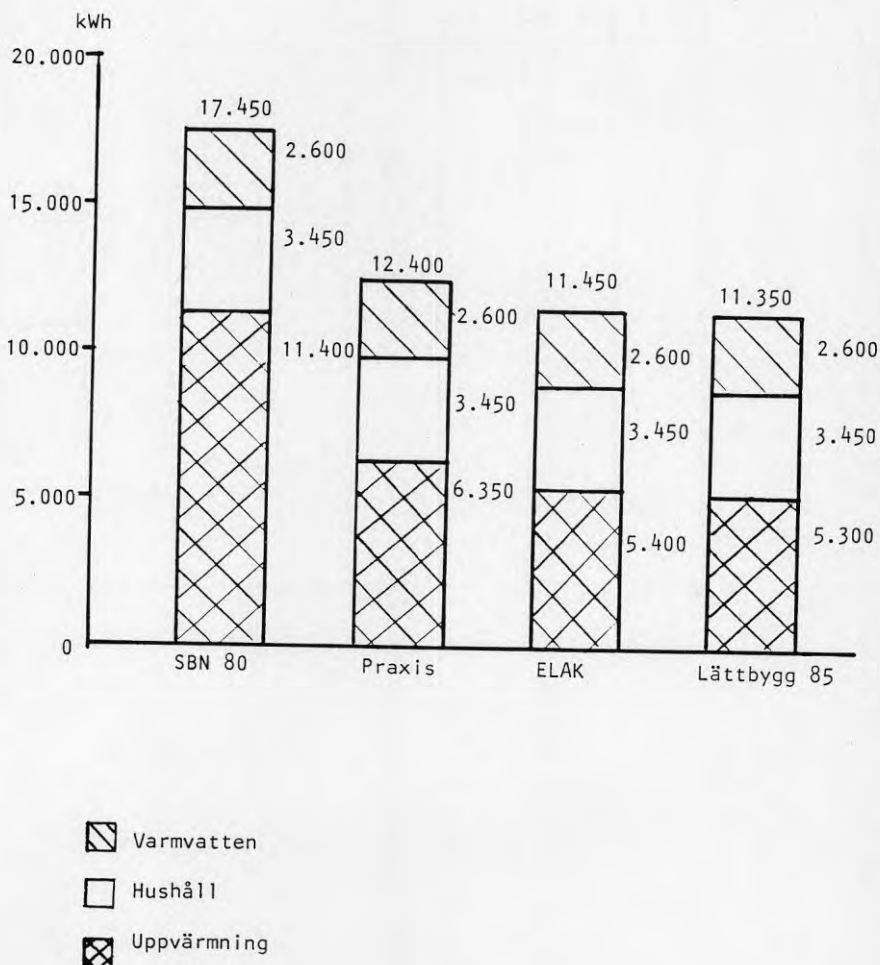


Bild 7.28 Årsmedelvärden på elenergiförbrukningen för Lättbygg 85 husen för olika värmeisolerings- och ventilationsnivåer. Värdena har beräknats med energiberäkningsprogrammet STAWAD-SP, som stämmer väl överens med mätningarna i Lättbygg 85 husen.

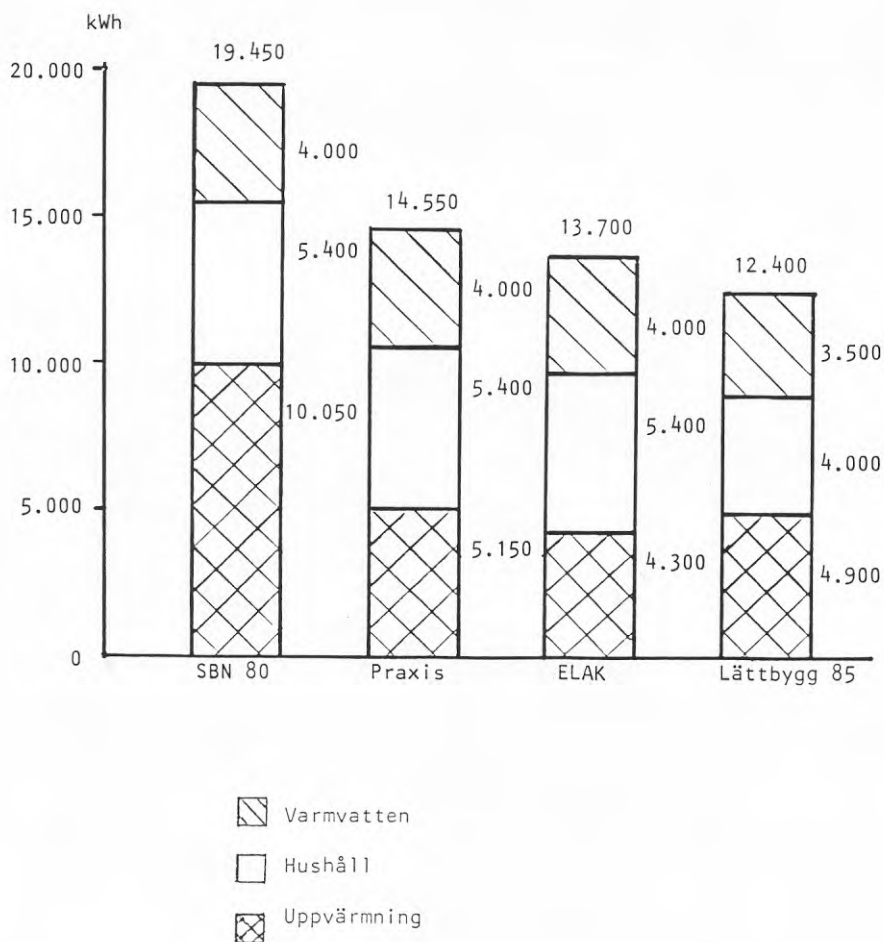


Bild 7.29 Årsmedelvärden på elenergiförbrukningen för Lättbygg 85 husen för olika värmeisolerings- och ventilationsnivåer. Värdena har beräknats med energiberäkningsprogrammet STAWAD-SP, som stämmer väl överens med mätningarna på Lättbygg 85 husen. OBS! Projekterade värden på hushållsel- och varmvattenförbrukningen har använts.

#### 7.4.2 Inomhusklimatet

Under normala driftsförhållanden är rumstemperaturen  $+20^{\circ}\text{C}$  i hela huset. Spridningen i innetemperaturen mellan olika rum kan tidvis bli 2 K, förmodligen till viss del beroende på boendevanor. Vid minusgrader kan det bli något svalare i tvättstugan på bottenvåningen.

Ventilationen fördelas väl inom huset (se kap.7.3.6). De boende kan kontrollera var ca 1/3 av uteluften kommer in, när alla fönster och dörrar är stängda. Den resterande uteluften kommer in genom otätheter.

Grundventilationen i WC och badrum i hus med "parallellströmning" har en tendens att bli för liten. Frånluftsdonets öppningsarea i dessa utrymmen är vid grundventilation (icke forcerat läge) mycket liten och sätts därför lätt igen av smuts.

Vid några tillfällen har risken för ev. kallras vid fönster studerats. Lufttemperaturen mättes upp på tre olika höjder (se bild 7.30 och 7.31). Alla tilluftsdon var öppna och frånluftsfläkten inställd på hemmaläget (ca 0,3 oms/h). Så länge som utetemperaturen ej understiger några minusgrader så har inte något kallras kunnat konstateras.

#### 7.4.3 Värmesystem

Enligt beräkningar med STAWAD-SP (se kapitel kap. 7.4.1) räcker inte effekten 2,2 kW på elradiatorerna till för att hålla  $+20^{\circ}\text{C}$  när utetemperaturen sjunker under ca  $-10^{\circ}\text{C}$ . Detta gäller framförallt de hus som har det lägsta tillskottet i form av gratisvärme. För de flesta Lättbygg 85-husen är gratisvärmens lägre än vad som förutsattes vid dimensioneringen av värmesystemet. Maxeffekten för elradiatorerna bör vara ca 3,5 kW. Eftersom temperaturen på övervåningen ofta är högre än på bottenvåningen, vore det även möjligt att omfördela effekten mellan våningarna.

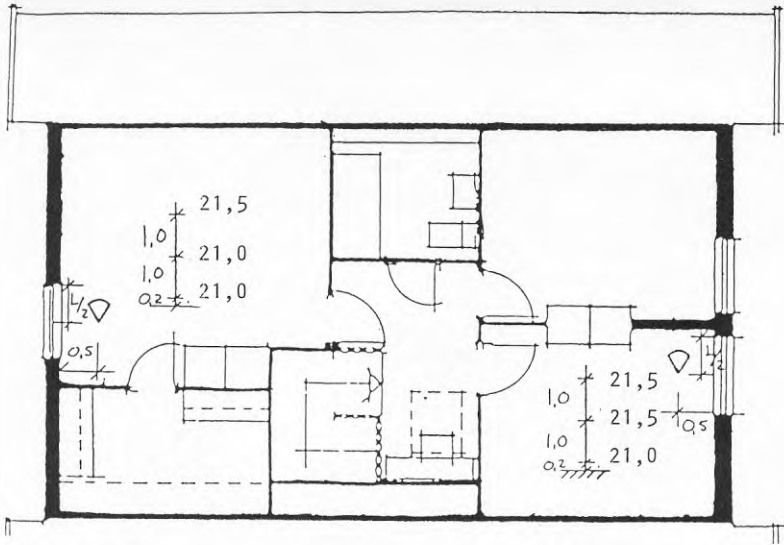


Bild 7.30 Uppmätt inomhustemperaturer i hus 3 ovanvåningen. Fläkten var inställd på hemmaläget och alla tilluftsdon var öppna. Utomhustemperaturen var  $-2,5^{\circ}\text{C}$  och vindhastigheten  $0,2\text{ m/s}$ .

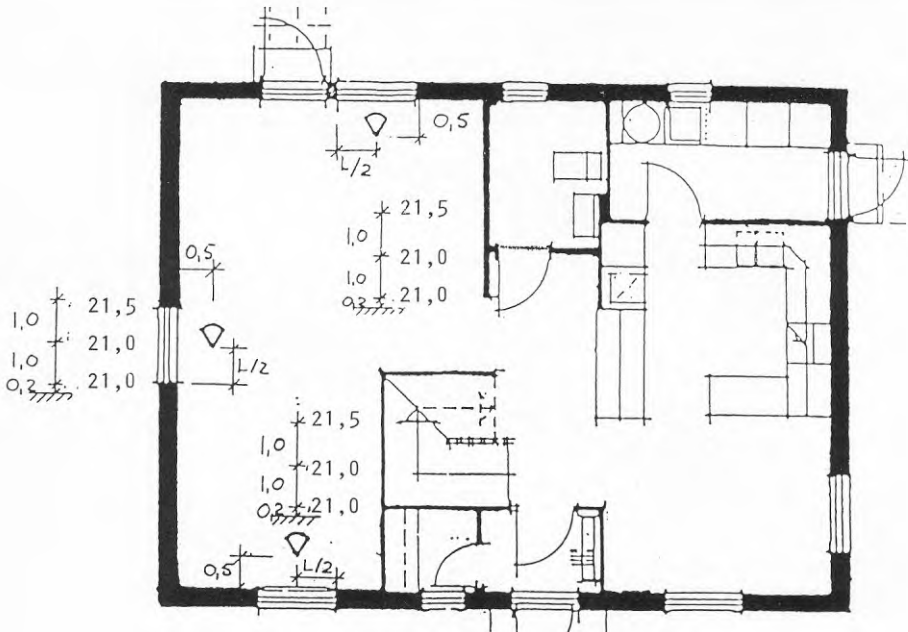


Bild 7.31 Uppmätt inomhustemperaturer i hus 3 bottenvåningen. Fläkten var inställd på hemmaläget och alla tilluftsdon var öppna. Utomhustemperaturen var  $-2^{\circ}\text{C}$  och vindhastigheten  $3,8\text{ m/s}$ .

## EKONOMI

Som nämnts tidigare är ett av de två huvudmålen för projekt LÄTTBYGG 85 att åstadkomma hus som har minst 10 % lägre byggkostnad (exkl tomt och byggherrekostnader) vid serieproduktion än jämförbara nyproducerade hus utförda enligt praxis vid samma tid (PRAXIS). Preliminära bedömningar indikerade besparingar på ca 54.000 kr för LÄTTBYGG 85 jämfört med PRAXIS (jfr kapitel 1). Utöver dessa besparingar i byggkostnad tillkommer besparingar i driftskostnad, framför allt energibesparing.

Såväl byggkostnaden som energibesparingen har noga följts upp. Uppföljningen av byggkostnaden har skett av Sune Andersson, Beräkningskonsulter AB. Mätning av energibehov har utförts av Statens provningsanstalt under ledning av Åke Blomsterberg. Som mätår har 1986 använts (se i övrigt kapitel 7, Energi, effekt och rumsklimat). Erhållna mätvärden har sedan korrigerats med år 1971 som referensår för utomhusklimat.

I detta kapitel redovisas de ekonomiska konsekvenserna av denna uppföljning. Redovisningen omfattar följande delar.

- 1) Byggkostnad
- 2) Driftskostnad
- 3) Årskostnad
- 4) Lönsamhetskalkyler för energisparåtgärder

### 8.1 Byggkostnad

Kostnadskalkyl har upprättats för fyra olika hustyper, nämligen

- LÄTTBYGG-huset
- SBN-huset, samma hus med minimikrav enligt Svensk Byggnorm
- PRAXIS-huset, samma hus utformat enligt husfabrikanternas praxis i 1983 års produktion.
- ELAK-huset, samma hus med krav enligt SBN för att få använda direktverkande elvärme.

För LÄTTBYGG-huset har Beräkningskonsulter upprättat en kalkyl för byggkostnaden i sin helhet (32). Kalkylen är upplagd på samma sätt som en normal anbuds kalkyl, dvs följande poster är särredovisade.

- Materialkostnad (M)
- Underentreprenader (UE)
- Arbetslön (A), dels i timmar, dels i kr
- Platsomkostnader
- Centraladministration, risk och vinst

Använda detaljpriser avser entreprenadpriser, dvs med avdrag för normala rabatter och årsavtal. Priserna bör betraktas som "riktprisnivå" utan hänsyn till konkurrens- och konjunkturläge. Resultatet av denna kalkyl visas i tabell 8.1.

Tabell 8.1. Produktionskostnad för LÄTTBYGG-huset.  
Prisnivå första kvartalet 1984

| Post                        | Kostnad<br>tkr |
|-----------------------------|----------------|
| Hus inkl carport            | 380            |
| Mark                        | 50             |
| Moms                        | 60             |
| Byggkostnad                 | 490            |
| Tomt- och anslutningsavgift | 180            |
| Byggherreomkostnader        | 80             |
| Övriga kostnader            | 260            |
| Produktionskostnad          | 750            |

Kostnaderna för de övriga husen (SBN, PRAXIS, ELAK) har ställts upp som en jämförelsekalkyl. Härvid har endast de byggdelar tagits med som innebär avvikelser från LÄTTBYGG-huset. Jämförelsekalkylen har utförts av Beräkningskonsulter (31) baserat på ett kalkylunderlag som beskriver de tekniska skillnaderna mellan de olika husen (se bilaga G). I tabell 8.2 har dessa skillnader översiktligt sammanställts.

Tabell 8.2 Översikt av tekniska skillnader mellan de olika hustyperna som underlag för jämförelsekalkyl.

|                         | SBN   | PRAXIS   | ELAK                      | LÄTTBYGG  |
|-------------------------|---|--|---------------------------|---|
| GRUND                   | A Krypgrund<br>B Platta på mark               | Krypgrund  | Krypgrund                 | Krypgrund   |
| KONSTR.                 | Korslagda regler av massivt trä               | Lättreglar                                       | Lättreglar                | Lättreglar  |
| ISOLERING               | vägg<br>tak<br>golv                           | 0.25<br>0.17<br>0.23                             | 0.17<br>0.12<br>0.20      | 0.13<br>0.11<br>0.11  |
| FÖNSTER                 | 3-glas k=2.0<br>öppn.bara                     | 3-glas k=2.0<br>öppn.bara                        | 3-glas k=2.0<br>öppn.bara | 3-glas, LE+gas, k=1.20<br>4-glas, k=1.55<br>fasta/öppn.bara |
| UPPVÄRMNING             | Vattenburen el                                | Vattenburen el                                   | Direktel                  | Direktel A. radiator<br>B. takvärme                         |
| VENTILATION             | Frånluft m. köks-<br>fläkt                    | A. FTX<br>B. FT                                  | A. FTX<br>B. FT           | Frånluft A. serie<br>B. Parallell                           |
| VARMVATTEN              | Elpanna                                       | A. Elpanna<br>B. FVP                             | A. VVB 300L<br>B. FVP     | VVB 200L  |
| HUSHÅLLS-<br>UTRUSTNING | Spis 60 cm, 4 pl<br>K/F: 200+155L<br>TM<br>TS | Spis 60 cm, 4 pl<br>K:345L<br>F:272L<br>TM<br>TS | Enl. praxis               | Spis 60 cm, 4 pl<br>K/F: 200+155L<br>Skafferi<br>TM<br>TS   |

I Beräkningskonsulters jämförelsekalkyl anges nettokostnaderna (se bilaga H). Vid jämförelser mellan olika hustyper har påslag gjorts med ca 21 % för centraladministration, risk, entreprenörsarvode och moms. Däremot har något påslag ej gjorts för arbetsplatsomkostnader (arbetsledning, maskiner, bodar m m) då dessa har bedömts vara lika, oberoende av hustyp. Normalt uppgår dessa till ca 20 % av nettokostnaden.

I tabell 8.3 redovisas en översikt av kostnadsskillnaderna mellan de olika hustyperna. Kostnadsskillnaderna anges som merkostnader för olika byggdelar med LÄTTBYGG-huset som referens. Merkostnaderna inkluderar påslag med 21 % enligt ovan.

Av tabell 8.3 framgår att samtliga hustyper är dyrare än LÄTTBYGG. Merkostnaden varierar bland annat beroende på vilken typ av värmeåtervinning som ingår. Alternativ A avser luftvärmeväxlare, medan B avser värmepump. Det har inte varit möjligt att på ett enhetligt sätt dela upp kostnaderna för uppvärmning, varmvatten och ventilation, varför de har angetts som en sammantagen siffra. I tabell 8.4 visas hur dessa kostnader sätts samman.

Av tabell 8.4 framgår bland annat att

- värmeåtervinning med frånluftsvärmepump (FVP) är mellan 12.000 och 14.500 kr dyrare än med luftvärmeväxlare
- direktel är mellan 11.900 och 15.000 kr billigare än vattenburen värme.



Tabell 8.3. Merkostnader i tkr jämfört med LÄTTBYGG-huset. Merkostnaderna inkluderar moms (12,87 %) samt kostnader för centraladministration, risk och entreprenörsarvode (ca 8 %). Tillsammans ca 21 % påslag på nettokostnaderna. Prisnivå första kvartalet 1984.

| Bygghet                             | SBN  | PRAXIS<br>1983       | ELAK                 | LÄTTBYGG |
|-------------------------------------|------|----------------------|----------------------|----------|
| Grund                               | 13,7 | 16,0                 | 16,2                 | 0        |
| Konstruktioner<br>(yttervägg + tak) | 4,1  | 7,3                  | 15,5                 | 0        |
| Fönster                             | -1,2 | -1,2                 | -2,2                 | 0        |
| Hushållsutrustning                  | -0,6 | 1,8                  | 1,8                  | 0        |
| Uppvärmning varmvatten, ventilation | 11,9 |                      |                      | 0        |
| -luftvärmväxlare(A)                 |      | 25,8                 | 12,7                 |          |
| -värmepump (B)                      |      | 39,7                 | 24,7                 |          |
| Summa                               | 27,9 | 49,0 (A)<br>63,5 (B) | 45,0 (A)<br>57,0 (B) | 0        |

Tabell 8.4. Kostnader för uppvärmning-, varmvatten- och ventilationsinstallationer. Prisnivå första kvartalet 1984

| Hus Typ  | Specifikation                   | Nettokostnad tkr | Mer-kostnad tkr |
|----------|---------------------------------|------------------|-----------------|
| SBN      | Vattenburen värme               | 6,3              |                 |
|          | Elpanna för RV + TVV            | 11,0             |                 |
|          | Frånluft                        | 7,0              | 24,3            |
| PRAXIS A | Vattenburen värme               | 6,3              |                 |
|          | Elpanna för RV + TVV            | 11,0             |                 |
|          | FTX                             | 18,0             | 35,3            |
| B        | Vattenburen värme               | 6,3              |                 |
|          | Elpanna för RV                  | 11,0             |                 |
|          | FT + FVP för TVV                | 30,0             | 47,3            |
| ELAK A   | Direktelvärm                    | 2,9              |                 |
|          | FTX                             | 18,0             |                 |
|          | VVB 300 liter                   | 4,1              | 25,0            |
| B        | Direktel för tillsatsvärme      | 2,9              |                 |
|          | FT                              | -                |                 |
|          | FVP för TVV & förvärmad tilluft | 32,0             | 34,9            |
|          |                                 |                  |                 |
| LÄTTBYGG | Elradiatorer                    | 2,9              |                 |
|          | Frånluft                        | 8,0              |                 |
|          | VVB 200 liter                   | 3,6              | 14,5            |

I kapitel 1 bedömdes den sammanlagda besparingen i byggkostnad till ca 54.000 kr relativt PRAXIS. Av tabell 8.3 framgår att den verkliga besparingen uppgår till 49.000 resp 63.500 kr beroende på om värmeåtervinning sker med luftvärmexlare eller frånluftsvärmepump. Jämfört med byggkostnaden 490.000 enligt tabell 8.1 uppgår besparingen således till mellan 10 och 13 %. Detta innebär att projektets mål på minst 10 % besparing har uppnåtts.

## 8.2 Driftskostnad

Driftskostnaderna för LÄTTBYGG-husen har beräknats dels av projektgruppen, dels av Spareken som försålt husen. Av tabell 8.5 framgår att beräkningarna totalt ger ungefär samma resultat, även om enskilda poster kan variera något.

Tabell 8.5. Bedömda driftskostnader under ett år. Prisläge första kvartalet 1984

| Post          | Projektgruppen<br>kr | Spareken<br>kr |
|---------------|----------------------|----------------|
| Vatten        | 600                  | 1.000          |
| Renhållning   | 500                  | 600            |
| Försäkring    | 800                  | 400            |
| El            | 3.700                | 3.600          |
| Garantibelopp | 1.900                | 1.700          |
| Övrigt        | 200                  | 100            |
| Summa         | 7.700                | 7.400          |

## 8.3 Årskostnad

LÄTTBYGG-husens preliminära försäljningspris uppgick till 765.000 kr. Detta finansieras med bottenlån, statligt bostadslån, experimentbyggnadslån och kontantinsats enligt tabell 8.6.

Tabell 8.6. Preliminär finansiering av LÄTTBYGG-husen

| Lån                        | Belopp<br>tkr | Villkor                             |
|----------------------------|---------------|-------------------------------------|
| Bottenlån                  | 522,4         | 40 år, serie 11,2 %                 |
| Statligt bostadslån        | 186,5         | 30 år, ann, 11,75 %                 |
| Experimentbyggnadslån, BFR | 25,0          | Ränte- och amorteringsfritt 5-10 år |
| Kontantinsats              | 31,1          |                                     |
| Summa                      | 765,0         |                                     |

Med denna finansiering av kapitalkostnaderna och med driftkostnader enligt Sparekens kalkyl fås boendekostnaden år 1 efter slutlig placering av lån enligt tabell 8.7.

Tabell 8.7. Boendekostnader år 1 efter slutlig placering av lån

| Post                                  | kr/år            | kr/m <sup>2</sup> ,år | kr/mån       |
|---------------------------------------|------------------|-----------------------|--------------|
| Räntor (netto vid 50 % marginalskatt) | 23.091           | 194                   | 1.920        |
| Amortering                            | 3.345            | 28                    | 280          |
| Drift<br>- varav energi               | 7.400<br>(3.600) | 62<br>(30)            | 620<br>(300) |
| Summa                                 | 33.836           | 284                   | 2.820        |

## 8.4 Lönsamhetskalkyler

Lönsamhetskalkylerna syftar till att redovisa hur olika åtgärder påverkar kostnaderna och om de är lönsamma eller ej. Fortsättningsvis kommer följande åtgärder att närmare granskas.

- a) Utökad isolering
- b) Tvätt och torkning
- c) Behovsstyrd ventilation
- d) Värmeåtervinning
- e) Avlopp (WSS)

Lönsamheten är beroende av dels hur investeringskostnaderna finansieras, dels hur löpande besparingar värderas. Innan vi går in på analysen av de enskilda åtgärderna finns det anledning att närmare precisera dessa beräkningsförutsättningar.

Vid ekonomiska beräkningar som avser mer än ett år måste kostnader och intäkter räknas om till en gemensam tidpunkt (diskonteras) med hjälp av en kalkylränta. I energisammanhang har ofta använts 4 % som real kalkylränta (39). Denna räntenivå har dock kritiserats som alltför låg, varför 6 % har föreslagits (17).

För lönsamhetsbedömningar används här följande modell. De extra investeringarna för att spara 1 kWh varje år under åtgärdens brukstid (sparkostnaden, kr/(kWh/år)) jämförs med nuvärdet av att spara 1 kWh varje år under brukstiden. Vid nuvärdesberäkningarna har utgått från Byggnadsstyrelsens antaganden om en ökning av drift- respektive underhållskostnaderna med 2 respektive 1 % per år i fast penningvärde. Detta innebär att följande kalkylräntor används.

Tabell 8.8 Kalkylräntor, %

|           | 4 | 6 |
|-----------|---|---|
| Kapital   | 4 | 6 |
| Drift     | 2 | 4 |
| Underhåll | 3 | 5 |

I tabell 8.9 anges exempel på lönsamhetsgränser (nuvärde energibesparing) vid energipriserna 30, 60 resp 90 öre/kWh.

Tabell 8.9. Nuvärde av att spara 1 kWh varje år under brukstiden vid ett energipris på 0,30 kr/kWh

| Brukstid<br>År | Real kalkylränta<br>% | Nuvärde av energibesparing<br>kr/(kWh/år) vid energipriset<br>(öre/kWh) |       |       |
|----------------|-----------------------|---|-------|-------|
|                |                       | 30  | 60    | 90    |
| 10             | 2                     | 2,69  | 5.38  | 8.07  |
|                | 3                     | 2,56  | 5.12  | 7.68  |
|                | 4                     | 2,43  | 4.86  | 7.29  |
|                | 5                     | 2,32  | 4.64  | 6.96  |
|                | 6                     | 2,21  | 4.42  | 6.63  |
| 15             | 2                     | 3,85  | 7.70  | 11.55 |
|                | 3                     | 3,58  | 7.16  | 10.74 |
|                | 4                     | 3,36  | 6.72  | 10.08 |
|                | 5                     | 3,11  | 6.22  | 9.33  |
|                | 6                     | 2,915.  | 5.82  | 8.73  |
| 40             | 2                     | 8,20  | 16.40 | 24.60 |
|                | 3                     | 6,93  | 13.86 | 20.79 |
|                | 4                     | 5,94  | 11.88 | 17.82 |
|                | 5                     | 5,15  | 10.30 | 15.45 |
|                | 6                     | 4,51  | 9.02  | 13.53 |

Vid lönsamhetsbedömningar för statligt belånade småhus kompli-  
ceras bilden av subventioner av olika slag. I detta projekt är  
framför allt räntebidrag aktuella. Detta innebär att staten  
betalar en del av räntekostnaderna för både bottenlånet och det  
statliga bostadslånet. Detta görs för att hålla nere de första  
årens boendekostnader. För LÄTTBYGG-husen har detta inneburit  
att husägarna första året betalar 4,8 % garanterad ränta på  
bottenlån + bostadslån. Därefter stiger den garanterade räntan  
med 0,5 % om året. Det bör noteras att den garanterade räntan  
räknas på det ursprungliga lånebeloppet, ej på kvarvarande

skuld som banken räknar ränta på. För ett serielån på 100.000 kr med 11,2 % ränta och en löptid på 40 år innebär detta att räntebidrag kommer att utgå enligt tabell 8.10.

Tabell 8.10. Räntebidrag för ett 40-årigt serielån på 100.000 kr med 11,2 % ränta

| År    | Skuld<br>kr | Amort<br>kr | Ränta<br>kr | Räntebidrag<br>kr |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
| 1     | 99668       | 332         | 11200       | 6400              |
| 2     | 99335       | 333         | 11163       | 5863              |
| 3     | 99001       | 334         | 11126       | 5236              |
| 4     | 98665       | 335         | 11088       | 4788              |
| 5     | 98329       | 336         | 11051       | 4251              |
| 6     | 97991       | 338         | 11013       | 3713              |
| 7     | 97652       | 339         | 10975       | 3175              |
| 8     | 93313       | 340         | 10937       | 2637              |
| 9     | 96971       | 341         | 10899       | 2099              |
| 10    | 96629       | 342         | 10861       | 1561              |
| 11    | 96285       | 344         | 10822       | 1022              |
| 12    | 95941       | 345         | 10784       | 484               |
| Summa |             |             | 131918      | 41318             |

Dessa räntebidrag anges i löpande priser. Vid en nuvärdesberäkning måste hänsyn tas till att inflationen "urholkar" värdet av dessa bidrag. Detta kan göras genom att diskontering sker med en räntesats som är summan av den reala kalkylräntan och inflationen. I tabell 8.11 redovisas nuvärdet av räntebidraget enligt tabell 8.10.

Tabell 8.11. Nuvärde av räntebidrag och räntor i tabell 8.9

| Diskonterings-<br>ränta<br>kr | Nuvärde<br>räntebidrag<br>kr | Nuvärde<br>räntor %<br>kr |
|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 8                             | 29613                        | 83103                     |
| 10                            | 27534                        | 75190                     |
| 12                            | 25693                        | 68403                     |
| 14                            | 24056                        | 62545                     |
| 16                            | 22593                        | 57463                     |
| 18                            | 21280                        | 53028                     |

Med exempelvis en real kalkylränta på 6 % och en inflation på 4 %, dvs med diskonteringsräntan 10 %, blir nuvärdet av räntorna 75190 och av räntebidraget 27534, dvs av räntorna på 75190 betalar staten 27534 kr.

Det förtjänar dock att påpekas att eftersom det är privatpersoner som står för lånen är räntorna avdragsgilla. Med en marginalskatt på 50 % innebär detta att samhället betalar hälften av räntekostnaderna. Värdet av ränteavdraget är därför bara hälften av beloppet, eftersom det annars hade varit avdragsgillt. För en investering på 100 000 kr innebär räntebidraget i vårt exempel en faktisk subventionering på 13767 kr i nuvärde.

Av tabell 8.10 kan utläsas att en investering på 100 000 kr det första året medför nettoräntor på 2400 kr  $[(11200-6400) \times 0.50]$  och amortering på 332 kr, dvs kapitalkostnader på 2732 kr eller 2,732 %.

Låt oss nu mot denna bakgrund övergå till att närmare studera lönsamhet hos de åtgärder som nämndes i inledningen till detta avsnitt.

### Utökad isolerförmåga

Tidigare har redovisats att klimathöljet för LÄTTBYGG-huset blev billigare trots mer isolering än i de övriga hustyperna. Detta förklaras av att den förenklade byggnadstekniken inneburit större besparingar än merkostnaden för den utökade isolerförmågan. I tabell 8.11 särredovisas kostnaderna för regler, isolering och övrigt i de olika delarna av klimathöljet. Siffrorna är direkt hämtade ur Beräkningskonsulters jämförelsekalcul.

Tabell 8.12. Jämförelsekostnader för klimathöljet. Prisläge första kvartalet 1984

| Bygghedel      |           | SBN   | PRAXIS | ELAK  | LÄTTBYGG |
|----------------|-----------|-------|--------|-------|----------|
| Bottenbjälklag | Isolering | 2300  | 3000   | 3300  | 6100     |
|                | Reglar    | 4500  | 5800   | 5700  | 6100     |
|                | Övrigt    | 8300  | 8200   | 8200  | 12500    |
| Ytterväggar    | Isolering | 5100  | 5700   | 8200  | 8400     |
|                | Reglar    | 5900  | 6300   | 8600  | 4800     |
|                | Övrigt    | 27000 | 27000  | 27000 | 24100    |
| Yttertak       | Isolering | 7200  | 8500   | 10000 | 10000    |
|                | Reglar    | 6800  | 7100   | 7700  | 5100     |
|                | Övrigt    | 19200 | 19200  | 19100 | 15400    |
| Klimathöljet   | isolering | 14600 | 17200  | 21500 | 24500    |
|                | Reglar    | 17200 | 19200  | 22000 | 16000    |
|                | Övrigt    | 54500 | 54400  | 54300 | 52000    |



Merkostnaderna för utökad isolering består dels av själva isoleringen, men också av kraftigare regler och balkar. I vissa fall utnyttjas dessa förstärkningar till att förenkla konstruktionen i övrigt. Det kan då vara knivigt att avgöra om balk/regeländringen skall hänföras till den utökade isolerförmågan eller till den förenklade konstruktionen. I detta fall har vi valt att helt hänföra merkostnaderna för balkar och regler till den utökade isolerförmågan. Med denna utgångspunkt fås merkostnaderna för utökad isolering enligt tabell 8.13.

Tabell 8.13. Merkostnader för utökad isolering

|                 | SBN | PRAXIS | ELAK  | LÄTTBYGG |
|-----------------|-----|--------|-------|----------|
| Bottenbjälklag  | -   | 2400   | 2700  | 6500     |
| Ytterväggar     | -   | 1200   | 7000  | 2700     |
| Yttertak        | -   | 1900   | 4500  | 1300     |
| Fönster, dörrar | -   | -      | -     | 1500     |
| Summa           | -   | 5500   | 14200 | 12000    |

Mot denna merkostnad står en energibesparing. Med energibehov enligt bild 7.27 fås energibesparingar och sparkostnader enligt tabell 8.14. Härav framgår att sparkostnaden för LÄTTBYGG 85 relativt SBN är ca 2,60 kr/(kWh/år).

Med en brukstid på 40 år, ett energipris på 0,30 kr/kWh och en real kalkylränta på 4 % är nuvärdet av energibesparingen ca 5,90 kr/(kWh/år), dvs högre än sparkostnaden. Utökad isolering är således lönsam ur samhällets synvinkel.

Som jämförelse kan nämnas att Bostadsstyrelsens riktlinjer för bedömning av energisparåtgärders lönsamhet anger 5 kr/(kWh/år) som lönsamhetsgräns. Med hänsyn till de subventioner som är aktuella vid statliga bostadslån är utökad isolering mycket lönsam ur privatekonomisk synvinkel.

Tabell 8.14. Sparkostnad för utökad isolering. Prisläge första kvartalet 1984. Energibehovet baserar sig på beräkningar med STAWAD-SP, där hushållsenergiförbrukningen är 5 400 kWh/år och varmvattneförbrukningen 4 000 kWh/år. Ventilationen är 0,5 oms/h+0,05 oms/h.

|                                  |             | SBN   | PRAXIS | ELAK  | LÄTTBYGG |
|----------------------------------|-------------|-------|--------|-------|----------|
| Energibehov totalt enl STAWAD-SP | kWh/år      | 19450 | 16500  | 15550 | 14800    |
| Energibesparing rel SBN          | kWh/år      | -     | 2950   | 3900  | 4650     |
| Sparkostnad rel SBN              | kr/(kWh/år) | -     | 1,85   | 3,65  | 2,55     |

### Tvätt och torkning

Tvättning och torkning av tvätt kan ske på olika sätt och med varierande ekonomiskt utfall. I projekt LÄTTBYGG 85 har vi titat på valet mellan torktumlare och torkskåp samt på valet av tvättmaskin.

I tabell 8.15 jämförs torkskåp med torktumlare. Den senare finns i två typer. Evakueringstypen är avsedd att anslutas till en kanal för evakuering av den fuktiga luften, medan kondens-typen används där denna möjlighet saknas. En familj på fyra personer antas tvätta ca 700 kg tvätt per år. Om den centrifugeras i tvättmaskinen med 800 r/min åtgår ca 280 kWh mer per år för att torka all tvätt i torkskåp jämfört med torktumlare. Merkostnaden för inköp är dock minst 1400 kr exkl moms.

Sparkostnaden blir minst 5 kr/(kWh/år). Med en brukstid på 10 år, en real kalkylränta på 4 % och energipriset 0,30 kr/kWh blir nuvärdet av energibesparingen ca 2,40 kr/(kWh/år), dvs torkskåpet är lönsammare även om all tvätt torkas i det. Som nämnts tidigare räknar vi dock med att tvätten till 80 % kan torkas i torkskåpet med gratisvärme som annars skulle ha släppts ut. Detta innebär att torkskåpet har både lägre investeringskostnad och lägre energibehov än torktumlaren. Vi har därför valt torkskåpet.

Tabell 8.15. Jämförelser mellan torkskåp och torktumlare. Priserna avser byggmästarpris exkl moms vid ca 20 exemplar, prisnivå 2:a kv 1983. Energibehovet avser 700 kg tvätt per år och centrifugering vid 800 r/min

|                                | Pris<br>kr | Energibehov<br>kWh/år |
|--------------------------------|------------|-----------------------|
| Torkskåp                       | 1200       | 910                   |
| Torktumlare,<br>evakueringstyp | 2600       | 630                   |
| Torktumlare,<br>kondensstyp    | 3600       | 630                   |

Vid torkning av tvätt i torkskåp eller torktumlare är tvättmaskinens centrifugeringsförmåga viktig. Högre varvtal betyder mindre vatten kvar i kläderna och vid torkning blir energiåtgången lägre. Se tabell 8.15.

Tabell 8.16. Energibehov för torkning av tvätt

| Centrifugerings-<br>hastighet<br>r/min | Energibehov<br>torktumlare<br>kWh/kg | Energibehov<br>torkskåp<br>kWh/kg |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 500                                    | 1,2                                  | 1,7                               |
| 800                                    | 0,9                                  | 1,3                               |
| 1000                                   | 0,8                                  | 1,2                               |

I projektet hade vi möjlighet att välja mellan två maskiner med 500 resp 1000 r/min centrifugeringshastighet. Energibesparingen vid den högre hastigheten blir ca 0,5 kWh/kg tvätt. Detta motsvarar ca 350 kWh/år för en 4-personersfamilj. Merkostnaden uppgick till ca 600 kr exkl moms (prisnivå tredje kvartalet -84). Detta ger en sparkostnad på ca 1,70 kr/(kWh/år), vilket är lägre än värdet av energibesparingen, 2,40 kr/(kWh/år) enligt ovan. Tvättmaskinen med det högre varvtalet är således

Lönsam ur samhällsekonomisk synvinkel. Med hänsyn till de subventioner som utgår vid statliga bostadslån är lönsamheten ännu bättre ur privatekonomisk synvinkel. Vi valde därför tvättmaskinen med centrifugeringshastigheten 1000 r/min.

### Brukarstyrd ventilation

Som redovisats i kapitel 2 finns det möjlighet för de boende att styra luftomsättningen med hjälp av en enkel kontrollpanel vid entrén till huset. De projekterade värdena visade en genomsnittlig luftväxling under uppvärmningsperioden på 0,29 oms/h (67 m<sup>3</sup>/h). Den uppföljning som gjorts under 1986 av drifttider och luftflöden ger något högre luftomsättning, 0,36 oms/h (85 m<sup>3</sup>/h). Anledningen är som tidigare berörts att luftflödena har blivit något högre än projekterat på grund av injusteringsproblem.

Tabell 8.17. Luftomsättning under uppvärmningsperioden vid behovsstyrd ventilation. Ventilerad volym 234 m<sup>3</sup>

| Driftsfall/läge | Projekterat |       |                   | Mätning 1986 |       |                   |
|-----------------|-------------|-------|-------------------|--------------|-------|-------------------|
|                 | h           | Oms/h | m <sup>3</sup> /h | h            | Oms/h | m <sup>3</sup> /h |
| Max             | 4           | 0,50  | 120               | 2,8          | 0,52  | 123               |
| Hemma           | 12          | 0,30  | 70                | 16,8         | 0,39  | 91                |
| Borta           | 8           | 0,15  | 35                | 4,4          | 0,16  | 37                |
| Medel           |             | 0,28  | 67                |              | 0,36  | 85 ± 7            |

Jämfört med övriga småhus med mekanisk ventilation innebär brukarstyrningen en minskad luftomsättning under uppvärmningsperioden med ca 40 m<sup>3</sup>/h. Energibesparingen blir då 1300 kWh/år enligt bild 7.27. Merkostnaden för brukarstyrningen uppgår till ca 600 kr (inkl 21 % pålägg, prisläge första kvartalet 1984).

Sparkostnaden blir således knappt 0,50 kr/(kWh/år). Med en brukstid på 15 år, ett energipris på 0,50 kr/kWh och en real kalkylränta på 4 % av nuvärdet är energibesparingen 3,40 kr/(kWh/år). Brukarstyrningen är således mycket lönsam såväl ur samhällets som ur husägarnas synvinkel.

### Värmeåtervinning

Frågan om värmeåtervinning har ofta väckts. Det alternativ som har varit aktuellt för LÄTTBYGG 85 är en frånluftsvärmepump (FVP) för tappvarmvatten. Med ett tappvarmvattenbehov på 3500 kWh/år och en praktisk systemårsvärmefaktor på 2,0 blir energibesparingen 1750 kWh/år. Merkostnaden för investeringen uppgår enligt tabell 8.18 till ca 13800 kr.

Tabell 8.18. Merkostnad för frånluftsvärmepump. Källa Bahco. Prisinivå andra kvartalet -84

| Specifikation                         | Kostnad kr |
|---------------------------------------|------------|
| Frånluft med frånluftsvärmepump       | 23000      |
| Frånluft med 200 l varmvattenberedare | 11600      |
| Merkostnad exkl pålägg                | 11400      |
| " inkl 21 % pålägg                    | 13800      |

Härutöver tillkommer en underhållskostnad, som har uppskattats till 2 %. Med brukstiden 15 år och en real kalkylränta på 5 % (underhåll) motsvarar nuvärdet ca 20,8 % av investeringen. Totalt uppgår således merkostnaden till ca 16600 kr. Sparkostnaden blir ca 9,50 kr/(kWh/år). Värdet av energibesparingen är dock endast 3,40 vid 4 % real kalkylränta och ett energipris på 0,30 kr/kWh. Frånluftsvärmepumpen är således inte lönsam ur samhällsekonomisk synvinkel. För lönsamhet skulle krävas att dagens energipris ökade till drygt 0,80 kr/kWh.

Det statliga räntebidraget innebär enligt ovan en subventionering på ca 13,8 %, dvs merkostnaden minskar med ca 1900 kr. Sparkostnaden blir då ca 8,40 kr/(kWh/år). Med hänsyn till att räntorna är avdragsgilla kan avkastningskravet sättas något lägre. Med 0 % real kalkylränta blir nuvärdet av energibesparingen 4,5 kr/(kWh/år), dvs lägre än sparkostnaden. Frånluftsvärmepumpen är således inte heller lönsam ur privatekonomisk synvinkel.

Senare undersökningar (54) har visat att värmefaktorn i praktiken är ca 3.0 och att merkostnaden inkl. 21% pålägg blir ca 9700 kr. Tar man dessutom hänsyn till värmeförlusterna från varmvattenberedaren (80W) blir energibesparingen 2800 kWh/år och sparkostnaden med i övrigt oförändrade antaganden 4.20 kr/(kWh/år), dvs samhällsekonomiskt är FVP inte lönsam, däremot skulle investeringen privatekonomisk vara lönsam.

Enligt senare uppgift från en leverantör (Elektro Standard) vid årsskiftet 1987/88 var merkostnaden enbart ca 4400 kr, vilket gör investeringen lönsam såväl ur samhällets som den enskildes synvinkel.

### Avlopp

I moderna hus har WC-stolar normalt 6 liters spolmängd. I vattenbesparingssystemet WSS (Water Saving System) från Gustavsberg är det möjligt att minska spolmängden till 3 liter. I WSS-systemet ingår en hävertbrunn som ackumulerar en större mängd spolvatten, så att man får en tillräcklig självrensning i ledningarna. Merkostnaderna består dels i kostnaderna för hävertbrunnen, dels i en något dyrare WC-stol. Normalt kan en hävertbrunn klara flera lägenheter /småhus.

I LÄTTBYGG 85 ligger husen relativt utspridda. Detta har medfört att det av tekniska skäl behövs en hävertbrunn per hus - en ekonomiskt ogynnsam lösning. Merkostnaden per hus blir då inklusive 21 % påslag ca 1700 kr.

Tabell 8.18. Merkostnad för WSS-systemet. Prisläge 4:e kvartalet -83

| Specifikation     | Kostnad, kr |
|-------------------|-------------|
| 1 st hävertbrunn  | 1200        |
| 2 st WC-stol      | 200         |
| Summa exkl påslag | 1400        |
| " inkl påslag     | 1694        |

Med i medeltal 2,85 personer per hus blir vattenbesparingen enligt Gustavsberg ca 27 m<sup>3</sup>/år. Med ett vattenpris på 4,35 kr/m<sup>3</sup> och kalkylräntan 4 % blir nuvärdet av vattenbesparingen

under 15 års brukstid ca 1300 kr. Investeringen är således inte lönsam ur samhällsekonomisk synvinkel.

Det har dock på senare tid ifrågasatts om hävertbrunnen är nödvändig för principens långvariga funktion. Om det är möjligt att slopa hävertbrunnen förändras förutsättningarna för lönsamhetskalkylen på ett avgörande sätt jämfört med vad som var aktuellt när åtgärden övervägdes för LÄTTBYGG 85.





## 9 INFORMATION OCH DOKUMENTATION

Projektet har varit föremål för information på olika sätt till de direkt berörda (de boende, referensgruppen) och till intresserade (fackpress, konferenser etc) inom och utom landet. I samband härmed och som en del i rapporteringen har olika former av dokument utarbetats. I det följande presenteras ett sammandrag av utförd information och dokumentation.

### 9.1 Bruksanvisning för husets skötsel

När man köper en bil, en hushållsapparat eller liknande följer det med en mer eller mindre omfattande bruksanvisning. På samma sätt bör det även vara vid köp av ett hus, men så är inte alltid fallet.

Syftet med att ta fram en bruksanvisning för Lättbygg 85 har två aspekter. Den ena är att ge de boende en kort beskrivning av hur huset är konstruerat. Den andra är att ge tips om hur de boende kan hushålla med energi och vad man bör beakta för att få en så problemfri skötsel som möjligt.

Bruksanvisningen har utformats med hjälp av bland annat norska förebilder (10) och omfattar följande avsnitt:

- Utvändig skötsel
- Invändig skötsel
- Energihushållning
- Tekniska data
- Checklista

Avsnittet om utvändig skötsel innehåller dels en beskrivning av hur tak, fasader, fönster, dörrar och kryprum är konstruerade, dels tips om hur huset bör skötas utvändigt.

På motsvarande sätt beskrivs i avsnittet om invändig skötsel hur uppvärmning, ventilation, vatten och avlopp, hushållsappa-

rater samt väggar och golv har utformats och vad man bör tänka på i fråga om justering, rengöring, infästning i väggar o d.

I avsnittet energihushållning redogörs för hur huset fungerar energitekniskt och lämnas tips om hur man kan hålla nere sin energikonsumtion.

Tekniska data omfattar uppgifter om ytor, volymer, klimat-höljet, ytskikt och utrustning, men även anvisningar var service kan fås.

Slutligen ingår en checklista som talar om med vilka intervall olika åtgärder bör göras. Checklistan kan sägas vara en kort sammanställning av de viktigaste tips som lämnats i tidigare avsnitt.

## 9.2 Intern information till referensgruppen och de boende

För att få synpunkter och råd såväl under utformningen som uppföljningen, har projektet haft stöd av en kunnig och erfaren referensgrupp (se tabell 1.3 A). Tillsammans med övriga deltagare i projektet har vi haft 7 mycket givande möten.

Tabell 9.2 A Möten med referensgruppen.

| Tidpunkt    | Ämne   |
|-------------|--|
| 13 april 83 | Ventilationshearing  |
| 19 juni 83  | Täthetshearing   |
| 27 okt 83   | Preliminära resultat från alternativprojekt-eringen. Plan för genomförande i Visinge |
| 21 aug 85   | Program för mätning och uppföljning. Besök i Visinge.                                |
| 5 sept 85   | Erfarenheter från byggnationen.<br>Resultat av vissa tidiga mätningar                |
| 20 feb 86   | Fukt och energi  |
| 25 sept 86  | Resultat från första årets mätningar   |

För att informera de boende om projektet och dess genomförande, och så tidigt som möjligt ta del av deras synpunkter och erfarenheter, har informationsmöten arrangerats på kvällstid vid fyra tillfällen. Det första mötet ägde rum den 5 december 1984 i samband med inflyttningen i de första husen. Ett andra möte hölls den 2 februari 1985 strax efter sista inflyttningen. Därefter har det varit ett möte efter det att husen hade bebotts i ca 1 resp 2 år (18 nov 1985 och 21 april 1987). Vid sidan av denna information har intervjuer gjorts med respektive husägare i samband med boendemiljöundersökningen.

### 9.3 Externa presentationer och visningar

Projektet har mötts av ett intresse, inte bara i Sverige utan även i utlandet. I tabell 9.3 A har sammanställts ett urval av de presentationer och visningar som har ägt rum för intresserade utanför projektet.

Tabell 9.3 A Exempel på externa presentationer och visningar.

|          |  |
|----------|--|
| 84-08-29 | Trä & Teknik 84, Göteborg  |
| 84-10-15 | Visning för kommuner, byggtreprenörer, byggkonsulter och arkitekter  |
| 84-10-16 | Visning för svensk småhusindustri  |
| 85-03-27 | Visning och presentation för västtyska journalister  |
| 85-10-28 | Presentation för Statens planverk  |
| 86-05-22 | Domicile 1986. Seminar on energy efficient Swedish housing. Föreläsning och visning för amerikanska byggare m fl |
| 86-06-01 | I stället för kärnkraft. TV2   |
| 86-09-29 | AIVC-konferens, London   |
| 86-09-09 | Föreläsning och visning för Institut Wohnen und Umwelt från Darmstadt  |
| 86-10-20 | Informationmöte i Jönköping för svensk småhusindustri  |
| 87-06-12 | Presentation för Statens planverk  |
| 87-08-20 | Bo 87, Umeå  |
| 87-08-26 | Building Physics in Nordic Countries. Lund   |
| 87-09-30 | Wood Frame Housing 87, Oslo  |

#### 9.4 Dokumentation

Projektet finns dokumenterat i artiklar, broschyrer och rapporter. De viktigaste finns samlade nedan.

##### Artiklar

Lättbygg 85. Förenklad byggteknik ger billigare bostad Byggnadstidningen 18.84

Ekonomiska småhus  
Byggindustrin 19.84

Småhusköparna vinnare när industri och myncigheter samverkar  
Byggindustrin 20.85

Låga boendekostnader genom förenklad teknik  
Bygg & Teknik 5.84

Enklare tekniska lösningar gör småhus 60.000 kr billigare  
Bygg & Trävaruhandeln 5.84

Lättbygg 85 - projekt för en ny hustyp med låga driftkostnader  
Husbyggaren 4.84

Lätt småhussystem lovar låg kostnad  
Byggmästaren 5.84

User controlled exhaust fan ventilation in one-family houses  
Proceedings from the 7th AIVC Conference, London 1986

Energy Efficiency using modern wood frame construction in one-family houses  
Wood Frame Housing 87, Oslo 1987

Broschyrer

Lättbygg 85. Lägre byggkostnader, lägre energikostnader, lägre boendekostnader. Faluhus, Swanboard Masonite, Arne Johnson Ingenjörbyrå, 1984

Lättbygg 85. Ett nytt och enklare sätt att bygga småhus Arne Johnson Ingenjörbyrå, Swanboard Masonite, Faluhus, 1985

Enklare teknik ger bättre totalekonomi  
Arne Johnson Ingenjörbyrå 1986

Rapporter

Ohlsson, Sven, 1983, Svikt- och vibrationsstudie av lätt bjälklag med stor spännvidd. (Chalmers Tekniska Högskola, avd för Stål- och Träbyggnad) Int skr S 83:18. Göteborg

Ohlsson, Sven, 1984, Svikt- och vibrationsegenskaper hos bjälklag inom projekt LÄTTBYGG 85. (Chalmers Tekniska Högskola, avd för stål- och träbyggnad.) Int skr S 84:17. Göteborg.

Lindskog, Anders och Roos, Robert, 1987, Studie av fuktproblem i högisolerade träkonstruktioner. Examensarbete i byggnadsteknik. (Träteknikcentrum.) Stockholm.



## 10 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Projektet har haft som syfte att projektera och bygga ett energisnålt småhus med låg årskostnad, anpassat till 80-talets krav. Det övergripande målet har varit att åstadkomma ett hus med

- \* minst 10% lägre byggkostnad (hus + grund) vid serieproduktion än jämförbara småhus i 1984 års produktion (PRAXIS-hus)
- \* minst 40% lägre behov av betald energi än jämförbara småhus utförda enligt Svensk Byggnorm (SBN-hus).

Båda dessa mål har i stort sett uppnåtts. Byggkostnaden har sänkts med ca 10%. Behovet av köpt energi har reducerats med ca 40%.

Utgångspunkten för projekteringen av Lättbygg 85 husen har varit ett välisolerat och tätt småhus. Genom att kombinera känd teknik och några nya tekniska lösningar till en fördelaktig systemlösning har 18 praktiskt taget identiska friliggande småhus uppförts. Nedan redovisas kort de slutsatser som dragits.

### Ventilation

I ett välisolerat och tätt hus är kraven på ett genomtänkt ventilationssystem särskilt stora. Lättbygg 85 husen har försetts med ett brukarstyrt frånluftssystem.

Tilluften tas in genom speciella reglerbara uteluftsdon monterade i yttervägg ovanför fönster. I praktiken har det visat sig att ca 1/3 av den totala tilluften kommer in denna väg. Resten kommer in genom otätheter. Under varje sådant fönster sitter en elradiator för att minska risken för kallras. Under normala vinterdagar har inget kallras kunnat konstateras.

Frånluften tas ut från våtutrymmena med en fläkt monterad på taket. Denna fläkt kan husägarna enkelt ställa in på tre olika hastigheter (max, hemma, borta). Husägarna kan alltså bestämma

nivån på ventilationen och till viss del var friskluften kommer in i huset. Väljer husägaren att stänga alla tilluftsdon så påverkas inte det totala frånluftsflödet nämnvärt, men husägaren har däremot ingen kontroll över var uteluften kommer in.

Om brukaren får möjlighet att påverka ventilationen kan luftomsättningen, utan att brukaren upplever några problem med luftkvalitén, minskas så att den som genomsnitt under året är lägre än den föreskrivna 0,5 oms/h. För en familj med två personer som har sitt arbete utanför hemmet kan årsgenomsnittet reduceras till ca 0,3 oms/h.

Med en utförlig bruksanvisning kompletterad med muntlig information tycks det vara möjligt för brukarna att förstå hur ventilationen fungerar, hur den påverkar energiförbrukningen och hur den skall skötas.

De för Lättbygg 85 valda frånluftsflödena skulle dock kunna vara bättre anpassade till förekommande behov. Framför allt skulle det vara önskvärt med ett väsentligt större max flöde.

|       | I Lättbygg 85<br>valda (och uppnådda) oms/h |        | I kommande projekt<br>rekommenderade oms/h |
|-------|---|--------|--|
| Max   | 0,5   | (0,52) | 1,0  |
| Hemma | 0,3   | (0,39) | 0,3  |
| Borta | 0,15  | (0,16) | 0,1  |

En noggrann injustering av luftflödena synes vara synnerligen viktig. Det kan också vara fördelaktigt att ge brukaren möjlighet att då och då kontrollera att de inställda flödena behålls. En enkel och billig luftflödesmätare vore önskvärd.

Ett korrekt luftflöde genom sovrummen är angeläget. Av denna anledning har två olika system provats. Det ena är en något förbättrad version av den konventionella lösningen. Uteluften tas in genom ytterväggen, passerar sovrummet, går vidare via ett undertak i hallen till badrummet och ut (serieströmning).



På detta sätt erhålls ett tämligen kraftigt flöde genom badrummet, som är lika med summan av flödena genom de tre sovrummen.

I det andra systemet kommer uteluften på samma sätt in genom ytterväggen och passerar sovrummen men går sedan direkt ut via frånluftsfläkten (parallellströmning). Detta borde ge ett säkrare flöde genom sovrummen men luftflödet genom badrummet blir betydligt lägre. Mätningar visar att luftflödet genom sovrummen blir tillfredställande även med serieströmning. Det större flödet genom badrummet är önskvärt.

### Uppvärmning

Energisnåla småhus har beräkningsmässigt enligt t.ex. ENORM mycket låga effektbehov. I praktiken kan bl.a. gratisvärmens bli mindre än förutsatt, vilket kan medföra att installerad effekt inte räcker till för att hålla en inomhustemperatur på 20°C i hela huset. Fel i uppskattningen av gratisvärmens får större betydelse i ett lågenergihus, eftersom gratisvärmens har större relativ betydelse i ett lågenergihus.

Även fördelningen av installerad effekt inom huset framför allt mellan ovanvåning och bottenvåning är av betydelse. För att kunna hålla önskad inomhustemperatur i Lättbygg 85 husen har kompletteringar med ytterligare radiatorer skett.

### Energisnåla installationer

Installationerna i huset har utformats så energi- och vattensnåla som är möjligt med idag lätt tillgänglig teknik. Hushållsapparater har valts bland de energisnålaste som finns på marknaden. Den uppmätta förbrukningen för hushållsel är låg, men det är svårt att dra några slutsatser om hur stor del av den låga förbrukningen som beror på installationerna resp. de boende. För detta krävs mer detaljerade mätningar.

Att torka tvätt utan att slå på värmen i torkskåpet fungerar bra enligt de boende om man accepterar en längre torktid och om dörren till torkskåpet står öppen.

En varmvattenberedare med en volym på 200 liter har visat sig vara tillräcklig utom vid några enstaka tillfällen. Likaså har en varmvattentemperatur på 45-50°C vid tappstället räckt till.

Disk- och tvättmaskin ansluts direkt till kallvatten.

### Lufttäthet

Energisnåla hus bör byggas täta, för att möjliggöra kontrollerad ventilation istället för oavsiktlig ventilation. Lättbygg 85 husen har en genomsnittlig täthet på 1,5 oms/h, medan målsättningen var 1,0 oms/h. Den uppnådda tätheten kombinerad med de aktuella reglerbara tilluftsdonen innebär att ca 1/3 av uteluften kommer in genom dessa don och resten av uteluften där det råkar finnas otätheter. Om den önskade täthetsnivån hade uppnåtts hade brukaren kunnat kontrollera var ca 1/2 av friskluften kommer in istället för 1/3. En ännu högre förtillverkningsgrad omfattande även taket hade sannolikt gett tätare hus.

Ett av Lättbygg 85 husen saknar plastfolie. Huset är väsentligt otätare m h t luftläckage. Någon skillnad från fuktsynpunkt mellan detta hus och andra hus har inte kunnat konstateras. En väsentlig faktor i sammanhanget är dock att husen är frånluftventilerade.

### Förenklad byggteknik

Lättbygg 85 husen har utformats arkitektoniskt som ett traditionellt 1 1/2 plans hus. Fördelen med detta är att den sammanlagda vägg- och takytan är liten i förhållande till boendeytan. Husens stomme är uppbyggd av lättreglar och lättbalkar, vilket bl.a. innebär att köldbryggornas omfattning minskar jämfört med en traditionell regelkonstruktion.

Grundläggningen har förenklats genom att utföra den med endast fyra plintar och två betongbalkar ( normalt krävs 9 - 11 plintar och 5 balkar). Bottenbjälklaget spänner fritt över hela husets bredd 7,2 m mellan ytterväggarna på långfasaden. Trots detta är svikt- och vibrationsegenskaperna bättre än traditionella bjälklag.

Bottenbjälklaget är utformat dels med blindbotten av plywood, dels med blindbotten av plåt. M h t fukt visar mätningarna inte helt oväntat att ingen skillnad föreligger mellan dessa två typer. Trä exponerat mot krypnumret innebär dock en större risk för mögel och röta. Nedböjningarna är dock mindre med stålplåt. Sviktegenskaperna är bättre med stålplåt som blindbotten.

Ytterväggar med regler ca 1200 mm och board som innerskivor har inte varit problemfria - boardskivorna i många hus buktar inåt. Orsaken till buktigheten är ännu inte klarlagd.

I de välisolerade ytterväggarna har inte uppmätts så höga fukthalter att risk för fuktskador bedöms föreligga.

#### Boendemiljö

De boende trivs bra med husen i allmänhet. Vindfånget har dock visat sig fungera mindre bra. Utrymmet är litet och dörren in till hallen kommer i konflikt med kläder som hänger på kapphyllan.

#### Det framtida småhuset

Med erfarenheter hämtade ur det genomförda projektet kan följande förslag till riktlinjer för utformning av framtida energisnåla och ekonomiska småhus lämnas. Huset bör vara:

- \* välisolerat, minst ELAK-nivå på värmeisoleringen
- \* lufttätt, max 1 oms/h vid 50 Pa
- \* försett med ett effektivt och energisnålt ventilationssystem
- \* byggt med lättbyggteknik
- \* tillverkat med största möjliga "torra" byggande i fabrik och kortast möjliga montagetid till tätt tak på byggarbetsplats
- \* försett med ett enkelt uppvärmningssystem
- \* utrustat med energi- och vattensnåla installationer
- \* utrustat med energisnåla hushållsapparater
- \* utrustat med en bruksanvisning anpassad till brukaren



## LITTERATUR

- 1 Andersson, Johnny och Kling, Rolf, 1985, Vattenskadesäkra och utbytbara installationer. (Byggforskningsrådet.) Rapport R81:1985. Stockholm.
- 2 Berglund, Yngve och Graf, Johan, 1986. Energiförbrukning i nya småhus. En teknisk-statistisk undersökning. Examensarbete 179. Institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation. (Tekniska Högskolan.) Stockholm.
- 3 Bergström, Björn och Samuelsson, Sture, 1985, Kryprumsgrundläggning. Provhus - Örbyhus. (Byggforskningsrådet.) Rapport K63:1985. Stockholm.
- 4 Berndtsson, Lennart m fl, 1982. Energisnålt varmvatten i bostadshus. (Byggforskningsrådet.) Rapport T2:1982. Stockholm.
- 5 Björk, Curt, 19.., Huset som energisystem. (Tekniska Högskolan i Linköping.) Rapport LiTH-IKP-R-292. Linköping.
- 6 Blomsterberg, A., 1984. "The influence of Climate and Ventilation System on Airtightness Requirements." Proceedings of 5th AIC Conference in Reno, Nevada, USA.
- 7 Carlsson, Björn m fl, 1979, Lufttäthet och värmeisolering. Byggnadstekniska lösningar. (Byggforskningsrådet.) Rapport T24:1979. Stockholm.
- 8 Direktelvärme i småhus, lågtemperaturuppvärmning av byggnader m m, 1982. (Statens planverk.) PFS 1982:3. Stockholm.
- 9 Diskmaskiner, 1983. (Konsumentverket.) Råd & Rön. Stockholm.
- 10 Dreier, Carsten, 1981, Bruksanvisning for Steinkjerhus.(Inn-Trondelag Skogsindustri A/S.) Innskog, Norge.

- 11 Electrolux Produktionskatalog 1983. Stockholm.
- 12 Elmroth, Arne och Höglund, Ingemar, 1972, Småhusgrundläggning med kryprum. Byggforskningens informationsblad B13:1972. Stockholm.
- 13 Eriksson, Olof, 1983, Electrolux och verkligheten, Konsumenträtt och Ekonomi 3/83. Stockholm.
- 14 Experimentbyggnader i Norden, 1986. (Byggforskningsrådet.) Rapport T5:1986. Stockholm.
- 15 Forsgren, L, Värmeteknisk undersökning av byggnader med stomme av I-profilutformade masonitereglar och -balkar. (Chalmers Tekniska Högskola, husbyggnadsteknik.) Pulb 79;2, Göteborg.
- 16 Glashandbok 83. 1983. Emmaboda Glas.
- 17 Hakkarainen, Esa, 1983, Att beräkna kostnader och lönsamhet för energiteknik. (Energiforskningsnämnden.) Efn-rapport nr 5. Stockholm.
- 18 Harrysson, Christer, 1981, Brukarbetingade variationer i energiåtgång hos småhus. (Chalmers Tekniska Högskola, avd för byggnadskonstruktion.) Arbetsrapport 1981:1. Göteborg.
- 19 Harrysson, Christer, 1984, Värmekapacitetens betydelse för småhusets effekt- och energibehov, 1984. (Chalmers Tekniska Högskola, avd för byggnadskonstruktion.) Rapport 1984:2. Göteborg.
- 20 Harrysson, Christer, 1985. Energisparåtgärder för nya småhus - Optimering genom helhetssyn. (Träteknikcentrum.) Träteknikrapport 88. Stockholm.
- 21 Harrysson, Christer och Thorn, Åke, 1982, Lätt, tätt och väl isolerat sänker småhuskostnaden. (Byggmästaren 3/82)

- 22 Harrysson, Christer, 1985, Kostnadsbesparing för småhus i trä. Produktionsmetoder och byggsystem. (Byggeforskningsrådet.) Rapport R72:1985. Stockholm.
- 23 Harrysson, Christer, 1985, Kostnadsbesparing för småhus i trä. Grundkonstruktioner. (Byggeforskningsrådet.) Rapport R73:1985. Stockholm.
- 24 Holmgren, Åke, 1981, Fönsterhålet. Inbyggnad av träfönster i nya hus. (Byggeforskningsrådet) Rapport R15:1981. Stockholm.
- 25 Hushållens energikonsumtion, 1976, Rapport till handelsdepartementet. (Konsumentverket.) Stockholm.
- 26 Idéhandbok, 1985, Driftinstruktioner, underhållsinstruktioner. (Statens energiverk.) Stockholm.
- 27 International Energy Agency 1985. "Monitoring and Performance Evaluation: Procedures and Guidelines" (arbetsrapport).
- 28 Johansson, Christer och Pettersson, Bertil, 1982, Takvärme - energiförbrukning och inomhusklimat. (Byggeforskningsrådet.) Rapport R12:1984. Stockholm.
- 29 Jonsson, Jan-Åke, 1978, VILLA -80, fjorton energisnåla hus i Umeå. 1. byggskedet. (Byggeforskningsrådet.) Rapport R47:1978, Stockholm.
- 30 Jonsson, Jan-Åke, 1980, VILLA -80, fjorton energisnåla hus i Umeå. 2. boendeskedet. (Byggeforskningsrådet.) Rapport R98:1980, Stockholm.
- 31 Jämförelsekostnader LÄTTBYGG 85, 1985. (Beräkningskonsulter AB.) Stockholm.
- 32 Kostnadskalkyl LÄTTBYGG 85, 1984. (Beräkningskonsulter AB.) Stockholm.

- 33 Kronvall, Johnny, 1985, Sätt ventilen rätt i vind och kryprum. (Byggeforskningsrådet.) Byggeforskning 8;1985, s 15-16. Stockholm.
- 34 Lindskog, Anders och Roos, Robert, 1987, Studie av fuktproblem i högisolerade träkonstruktioner. Examensarbete i byggnadsteknik. (Träteknikcentrum.) Stockholm.
- 35 Lindskoug, Nils-Eric, 1984, Täbyprojektet, Energisnåla hus i Täby. (Byggeforskningsrådet.) Rapport R13:1984, Stockholm.
- 36 Lundgren, Åke S, 1983, Möglets mekanik. Etablering på trä. (Byggeforskningsrådet.) Rapport R138:1983. Stockholm.
- 37 Lundin, L., Aiff, O., Blomsterberg, Å., 1982. "Kontinuerliga ventilationsmätningar med spårgas." SP-RAPP 1982:23, Borås.
- 38 Lundström, Erik, 1982. Boendevanornas inverkan på energiförbrukningen i småhus. (Byggeforskningsrådet.) Rapport T46:1982. Stockholm.
- 39 Mattsson, Bengt, 1985, Samhällets diskonteringsränta. Ekonomisk debatt 1985:7, s 498-506.
- 40 Munther, Karl, 198., Energisparåtgärder i småhus med direktelvärm, 198.. (FERA.) Rapport A12. Stockholm.
- 41 Munther, Karl, 1982. Energisnåla småhus. (Byggeforskningsrådet.) Rapport R110:1982. Stockholm.
- 42 Mätning och debitering av varmvatten, 1983, Principbetänkande från Värmemätning utredningen. (Bostadsdepartementet.) Ds Bo 1983:4. Stockholm.
- 43 Mätning visar: Så här förbrukar vi elen, 1981. (Sydkraft, Marknadsavdelningen.) Malmö.



- 44 Norgård, Jorgen S, 1979, Husholdningar och energi. Rapport nr 4 fra DEMO-projektet. (Danmarks Tekniske Højskole, Lyngby.) Polyteknisk forlag.
- 45 Ohlsson, Sven, 1984, Svikt, vibrationer och styvhet hos bjälklag. Dimensionsmetoder. (Byggforskningsrådet.) Rapport T20:1984. Stockholm.
- 46 Ohlsson, Sven, 1984, Svikt- och vibrationsegenskaper hos bjälklag inom projekt LÄTTBYGG 85. (Chalmers Tekniska Högskola, avd för stål- och träbyggnad.) Int skr S 84:17. Göteborg.
- 47 Sandberg, M., 1985. "Ventilationseffektivitet lyckat och mindre lyckat, några praktiska exempel". VVS/Energi, 10/85, Stockholm.
- 48 Solar Energy Research Institute, 1980. "Program Area Plan: Performance Evaluation of Passive/Hybrid Solar Heating and Cooling Systems." Denver, Colorado, USA.
- 49 Ståhl, B., Wader, K., 1982. "Energiberäkningsprogram STAWAD", Lunds Tekniska Högskola, Lund.
- 50 Strååt, Matts, 1983, Energiaspekten ständigt i fokus, Konsumenträtt och Ekonomi 2/83. Stockholm.
- 51 Tvättmaskiner, centrifuger, torktumlare, 1983. (Konsumentverket.) Råd & Rön. Stockholm.
- 52 Wader, K., 1984. "Små och medelstora energiberäkningsprogram". Lunds Tekniska Högskola, Husbyggnadsteknik, Lund.
- 53 Varmluftsgn och konventionell ugn, Principiell provning av två uppvärmningssystem, 1982. (Konsumentverket) Rapport 1982:1-01. Stockholm.
- 54 Svensson, A & Blomqvist, C & Mellin, A Värmeåtervinning är ventilationsluft meddelande M 85:10, Statens Institut för Byggnadsforskning, Gävle



## Bilaga A

ENERGI- OCH EFFEKTBEHOVSBERÄKNING  
enligt ENORM

Karl Munther  
Statens planverk

Per-Olof Carlson  
ARNE JOHNSON Ingenjörbyrå AB

## ANVÄNDA INDATA

=====

Objekt: LÄTTBYGG 85 - alt SBN  
Ort: Stockholm

## ALLMANT

Uppvärm area: 120 (m<sup>2</sup>)  
Fönsterandel av väggar: 12.1 (%)  
Uppvärm volym: 275 (m<sup>3</sup>)  
Ventilerad volym: 234 (m<sup>3</sup>)  
Värme kapacitet: 75 (Wh/gr c, m<sup>2</sup>)

## BRUKARBEROENDE DATA

Innetemperatur: 20.0 (gr c)  
Belysning, processvärme: 5000 (kWh/år) varav 80 % tillg f uppv.  
Varmvatten: 4000 (kWh/år) varav 20 % - ' -  
Personvärme: 1300 (kWh/år) varav 100 % - ' -  
Ej nyttiggjord energi: 400 (kWh/år) varav 0 % - ' -  
(i vissa fall fläktar mm)

## VENTILATIONS DATA

| Driftsfall   | Drifttid<br>(timmar) | Luftoms.<br>(ggr/tim) | Värmeåterv.<br>(%) | Läckage<br>(ggr/tim) |
|--------------|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Fläkt avst.  | 0.0                  | -                     | -                  | 0.00                 |
| Fläkt basv.  | 24.0                 | 0.50                  | 0                  | 0.00                 |
| Fläkt fullv. | 0.0                  | 0.70                  | 0                  | 0.00                 |

Frånluftventilation

## FÖNSTERDATA

| Glasparti | Orientering | Glasarea | Solfaktor | Skuggningsf. | Lutning |
|-----------|-------------|----------|-----------|--------------|---------|
| 1         | N           | 2.6      | 0.75      | 0.60         | 0       |
| 2         | O           | 2.0      | 0.75      | 0.60         | 2       |
| 3         | S           | 3.0      | 0.75      | 0.60         | 0       |
| 4         | V           | 3.0      | 0.75      | 0.60         | 0       |

## TRANSMISSIONSDATA

| Byggdel | Area  | K-värde | KA-värde | Ev. Red.faktor |
|---------|-------|---------|----------|----------------|
| Tak     | 57.8  | 0.20    | 11.6     |                |
| Vägg    | 104.2 | 0.30    | 31.3     |                |
| Golv    | 69.6  | 0.30    | 20.9     | 0.60           |
| Fönster | 15.1  | 2.00    | 30.2     |                |
| Dörr    | 5.0   | 1.00    | 5.0      |                |
| övrigt  | 28.9  | 0.20    | 5.8      |                |

---

Summa KA-värde: 96.3 (W/gr C)

BERÄKNADE UTDATA

Objekt: LÄTTBYGG 85 - alt SBN  
Ort: Stockholm

MÅNADERNAS ENERGI BALANSER (kWh)

| Mån Uppv.<br>dag. | Förluster |        |            | Utnyttj. gratis-<br>energi, helår |      |     | Till-<br>gängl.<br>sol | Köpt energi<br>uppv.<br>(rad) | energi<br>tot |
|-------------------|-----------|--------|------------|-----------------------------------|------|-----|------------------------|-------------------------------|---------------|
|                   | helår     | vinter | trans vent | EL+VV                             | pers | sol |                        |                               |               |
| Jan 31.0          | 2298      | 1641   | 657        | 407                               | 110  | 65  | 65                     | 1715                          | 2513          |
| Feb 28.3          | 2113      | 1509   | 604        | 371                               | 101  | 74  | 74                     | 1567                          | 2294          |
| Mar 31.0          | 2078      | 1484   | 594        | 407                               | 110  | 143 | 143                    | 1417                          | 2215          |
| Apr 30.0          | 1515      | 1082   | 433        | 394                               | 107  | 217 | 217                    | 797                           | 1569          |
| Maj 31.0          | 994       | 710    | 284        | 407                               | 110  | 317 | 317                    | 159                           | 957           |
| Jun 0.0           | 495       | 0      | 0          | 390                               | 106  | 0   | 314                    | 0                             | 772           |
| Jul 0.0           | 221       | 0      | 0          | 174                               | 47   | 0   | 306                    | 0                             | 798           |
| Aug 0.0           | 341       | 0      | 0          | 269                               | 73   | 0   | 261                    | 0                             | 798           |
| Sep 23.0          | 758       | 414    | 166        | 394                               | 107  | 166 | 175                    | 90                            | 862           |
| Okt 31.0          | 1295      | 925    | 370        | 407                               | 110  | 135 | 135                    | 642                           | 1440          |
| Nov 30.0          | 1671      | 1193   | 478        | 394                               | 107  | 85  | 85                     | 1085                          | 1857          |
| Dec 31.0          | 1997      | 1426   | 571        | 407                               | 110  | 54  | 54                     | 1426                          | 2223          |
| Tot 266.2         | 10383     | 4423   | 1256       | 8897                              |      |     |                        |                               |               |
|                   | 15775     | 4157   | 1198       | 2146                              |      |     |                        | 18297                         |               |

ARSENERGIBEHOV (kWh/år)

VÄRMEENERGI:

|  |       |
|--|-------|
| - Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare): | 8897  |
| - Varmvatten:                            | 4000  |
| ELPANNA:                                 |       |
| - Nettobehov:                            | 12897 |
| - Bruttobehov (Verkn.grad 100.0 %):      | 12897 |
| - D:o per m <sup>2</sup> uppvärmd area:  | 107   |

BELYSNING, PROCESSER, DRIVENERGI:

|   |      |
|---|------|
| - Belysning, processer mm:              | 5400 |
| - D:o per m <sup>2</sup> uppvärmd area: | 45   |
| - D:o per m <sup>2</sup> uppvärmd area: | 45   |

VINTERNS FÖRLUSTER (kWh)

|                   |      |         |      |      |      |         |      |
|-------------------|------|---------|------|------|------|---------|------|
| Tak               | 1246 | Vägg    | 3369 | Golv | 1350 | Fönster | 3255 |
| Dörr              | 539  | övrigt  | 623  |      |      |         |      |
| Styrd ventilation | 4157 | Läckage | 0    |      |      |         |      |

ÖVRIGT

Gradtimmar under vintern: 107,786 Gradtimmar hela året: 116,939  
 Ekvivalent k-värde för fönster: 1.26 (W/m<sup>2</sup> gr c)  
 Vinterns tillgodogjorda solenergi: 1196 (kWh)

Transmissionsfaktor (T): 96.3 Ventilationsfaktor (V): 38.6  
 Förlustfaktor (F): 134.9 Ekv förlustfaktor (Fe): 123.8

Dimensionerande effekt för uppvärmning: 4.1 (kW)  
 Tidskonstant (Värmekap\*Uppv area/Förlustfaktor): 67 (h)  
 Dimensionerande utetemperatur (DUT): -15.9 (grC)

Energibalansberäkning enligt ENORM Datum: 07-07-1987 Tid: 12:47:43

## ANVÄNDA INDATA

=====

Objekt: LATTBYGG 85 - alt PRAXIS  
Ort: Stockholm

## ALLMANT

Uppvärmd area: 120 (m<sup>2</sup>)  
Fönsterandel av väggar: 12.1 (%)  
Uppvärmd volym: 275 (m<sup>3</sup>)  
Ventilerad volym: 234 (m<sup>3</sup>)  
Värmekapacitet: 75 (Wh/gr c, m<sup>2</sup>)

## BRUKARBEREDENDE DATA

Innetemperatur: 20.0 (gr c)  
Belysning, processvärme: 5000 (kWh/år) varav 80 % tillg f uppv.  
Varmvatten: 4000 (kWh/år) varav 20 % - ' -  
Personvärme: 1300 (kWh/år) varav 100 % - ' -  
Ej nyttiggjord energi: 400 (kWh/år) varav 0 % - ' -  
(i vissa fall fläktar mm)

## VENTILATIONS DATA

| Driftsfall   | Drifttid<br>(timmar) | Luftoms.<br>(ggr/tim) | Värmeåterv.<br>(%) | Läckage<br>(ggr/tim) |
|--------------|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Fläkt avst.  | 0.0                  | -                     | -                  | 0.10                 |
| Fläkt basv.  | 24.0                 | 0.50                  | 60                 | 0.10                 |
| Fläkt fullv. | 0.0                  | 0.70                  | 60                 | 0.10                 |

Balanserad ventilation

## FÖNSTER DATA

| Glasparti | Orientering | Glasarea | Solfaktor | Skuggningsf. | Lutning |
|-----------|-------------|----------|-----------|--------------|---------|
| 1         | N           | 2.6      | 0.75      | 0.60         | 0       |
| 2         | O           | 2.0      | 0.75      | 0.60         | 2       |
| 3         | S           | 3.0      | 0.75      | 0.60         | 0       |
| 4         | V           | 3.0      | 0.75      | 0.60         | 0       |

## TRANSMISSIONSDATA

| Bygghel | Area  | K-värde | KA-värde | Ev. Red. faktor |
|---------|-------|---------|----------|-----------------|
| Tak     | 57.8  | 0.17    | 9.8      |                 |
| Vägg    | 104.2 | 0.25    | 26.1     |                 |
| Golv    | 69.6  | 0.23    | 16.0     | 0.60            |
| Fönster | 15.1  | 2.00    | 30.2     |                 |
| Dörr    | 5.0   | 1.00    | 5.0      |                 |
| övrigt  | 28.9  | 0.17    | 4.9      |                 |

---

Summa KA-värde: 85.6 (W/gr C)

Energibalansberäkning enligt ENORM Datum: 07-07-1987 Tid: 12:47:45

## BERÄKNADE UTDATA

Objekt: LATTBYGG 85 - alt PRAXIS  
Ort: Stockholm

## MÅNADERNAS ENERGIBALANSER (kWh)

| Mån Uppv.<br>dag. | Förluster |       |      | Utnyttj. gratis-<br>energi, helår |      |      | Till-<br>gängl.<br>sol | Köpt energi<br>uppv.<br>(rad) | energi<br>tot |
|-------------------|-----------|-------|------|-----------------------------------|------|------|------------------------|-------------------------------|---------------|
|                   | helår     | trans | vent | EL+VV                             | pers | sol  |                        |                               |               |
| Jan 31.0          | 1853      | 1458  | 394  | 407                               | 110  | 65   | 65                     | 1269                          | 2067          |
| Feb 28.3          | 1703      | 1341  | 362  | 371                               | 101  | 74   | 74                     | 1157                          | 1884          |
| Mar 31.0          | 1675      | 1318  | 356  | 407                               | 110  | 143  | 143                    | 1014                          | 1812          |
| Apr 30.0          | 1221      | 961   | 260  | 394                               | 107  | 217  | 217                    | 503                           | 1275          |
| Maj 12.2          | 801       | 248   | 67   | 407                               | 110  | 259  | 317                    | 24                            | 822           |
| Jun 0.0           | 399       | 0     | 0    | 314                               | 85   | 0    | 314                    | 0                             | 772           |
| Jul 0.0           | 178       | 0     | 0    | 140                               | 38   | 0    | 306                    | 0                             | 798           |
| Aug 0.0           | 275       | 0     | 0    | 216                               | 59   | 0    | 261                    | 0                             | 798           |
| Sep 8.8           | 611       | 141   | 38   | 394                               | 107  | 97   | 175                    | 13                            | 785           |
| Okt 31.0          | 1044      | 821   | 222  | 407                               | 110  | 135  | 135                    | 391                           | 1189          |
| Nov 30.0          | 1347      | 1060  | 287  | 394                               | 107  | 85   | 85                     | 761                           | 1533          |
| Dec 31.0          | 1610      | 1267  | 343  | 407                               | 110  | 54   | 54                     | 1038                          | 1836          |
| <hr/>             |           |       |      |                                   |      |      |                        |                               |               |
| Tot 233.2         |           | 8616  |      | 4262                              |      | 1129 |                        | 6171                          |               |
|                   | 12715     |       | 2329 |                                   | 1154 |      | 2146                   |                               | 15571         |

## ARSENERGIBEHOV (kWh/år)

## VÄRMEENERGI:

|  |       |
|--|-------|
| - Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare): | 6171  |
| - Varmvatten:                            | 4000  |
| ELPANNNA:                                |       |
| - Nettobehov:                            | 10171 |
| - Bruttobehov (Verkn.grad 100.0 %):      | 10171 |
| - D:o per m2 uppvärmd area:              | 85    |

## BELYSNING, PROCESSER, DRIVENERGI:

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| - Belysning, processer mm:  | 5400 |
| - D:o per m2 uppvärmd area: | 45   |
| - D:o per m2 uppvärmd area: | 45   |

## VINTERNS FÖRLUSTER (kWh)

|                   |     |        |         |      |     |         |      |
|-------------------|-----|--------|---------|------|-----|---------|------|
| Tak               | 989 | Vägg   | 2622    | Golv | 967 | Fönster | 3040 |
| Dörr              | 503 | övrigt | 1947    |      |     |         |      |
| Styrd ventilation |     | 1553   | Läckage | 776  |     |         |      |

## ÖVRIGT

Gradtimmar under vintern: 100,659 Gradtimmar hela året: 116,939

Ekvivalent k-värde för fönster: 1.42 (W/m2 gr c)

Vinterns tillgodogjorda solenergi: 880 (kWh)

Transmissionsfaktor (T): 85.6 Ventilationsfaktor (V): 23.1

Förlustfaktor (F): 108.7 Ekv förlustfaktor (Fe): 100.0

Dimensionerande effekt för uppvärmning: 3.1 (kW)

Tidskonstant (Värmekap\*Uppv area/Förlustfaktor): 83 (h)

Dimensionerande utetemperatur (DUT): -15.2 (grC)

## ANVÄNDA INDATA

=====

Objekt: LÄTTBYGG 85 - alt ELAK  
Ort: Stockholm

## ALLMANT

Uppvärm area: 120 (m2)  
Fönsterandel av väggar: 12.1 (%)  
Uppvärm volym: 275 (m3)  
Ventilerad volym: 234 (m3)  
Värme kapacitet: 75 (Wh/gr c, m2)

## BRUKARBEROENDE DATA

Innetemperatur: 20.0 (gr c)  
Belysning, processvärme: 5000 (kWh/år) varav 80 % tillg f uppv.  
Varmvatten: 4000 (kWh/år) varav 20 % - ' -  
Personvärme: 1300 (kWh/år) varav 100 % - ' -  
Ej nyttiggjord energi: 400 (kWh/år) varav 0 % - ' -  
(i vissa fall fläktar mm)

## VENTILATIONS DATA

| Driftsfall   | Drifttid<br>(timmar) | Luftoms.<br>(ggr/tim) | Värmeåterv.<br>(%) | Läckage<br>(ggr/tim) |
|--------------|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Fläkt avst.  | 0.0                  | -                     | -                  | 0.10                 |
| Fläkt basv.  | 24.0                 | 0.50                  | 60                 | 0.10                 |
| Fläkt fullv. | 0.0                  | 0.70                  | 60                 | 0.10                 |

Balanserad ventilation

## FÖNSTER DATA

| Glasparti | Orientering | Glasarea | Solfaktor | Skuggningsf. | Lutning |
|-----------|-------------|----------|-----------|--------------|---------|
| 1         | N           | 2.6      | 0.75      | 0.60         | 0       |
| 2         | O           | 2.0      | 0.75      | 0.60         | 2       |
| 3         | S           | 3.0      | 0.75      | 0.60         | 0       |
| 4         | V           | 3.0      | 0.75      | 0.60         | 0       |

## TRANSMISSIONSDATA

| Byggsdel | Area  | K-värde | KA-värde | Ev. Red.faktor |
|----------|-------|---------|----------|----------------|
| Tak      | 57.8  | 0.12    | 6.9      |                |
| Vägg     | 104.2 | 0.17    | 17.7     |                |
| Golv     | 69.6  | 0.20    | 13.9     | 0.60           |
| Fönster  | 15.1  | 2.00    | 30.2     |                |
| Dörr     | 5.0   | 0.80    | 4.0      |                |
| övrigt   | 28.9  | 0.12    | 3.5      |                |

---

Summa KA-värde: 70.7 (W/gr C)



## BERÄKNADE UTDATA

Objekt: LÄTTBYGG 85 - alt ELAK  
Ort: Stockholm

## MÅNADERNAS ENERGI BALANSER (kWh)

| Mån dag.  | Förluster helår |             | Utnyttj. gratis-energi, helår |      |      | Tillgängl. sol | Köpt energi uppv. (rad) | energi tot |       |
|-----------|-----------------|-------------|-------------------------------|------|------|----------------|-------------------------|------------|-------|
|           | trans           | vinter vent | EL+VV                         | pers | sol  |                |                         |            |       |
| Jan 31.0  | 1598            | 1204        | 394                           | 407  | 110  | 65             | 65                      | 1015       | 1813  |
| Feb 28.3  | 1469            | 1107        | 362                           | 371  | 101  | 74             | 74                      | 923        | 1650  |
| Mar 31.0  | 1445            | 1088        | 356                           | 407  | 110  | 143            | 143                     | 784        | 1582  |
| Apr 30.0  | 1054            | 794         | 260                           | 394  | 107  | 217            | 217                     | 336        | 1108  |
| Maj 1.4   | 691             | 24          | 8                             | 407  | 110  | 173            | 317                     | 0          | 798   |
| Jun 0.0   | 344             | 0           | 0                             | 271  | 73   | 0              | 314                     | 0          | 772   |
| Jul 0.0   | 154             | 0           | 0                             | 121  | 33   | 0              | 306                     | 0          | 798   |
| Aug 0.0   | 237             | 0           | 0                             | 187  | 51   | 0              | 261                     | 0          | 798   |
| Sep 0.0   | 527             | 0           | 0                             | 394  | 107  | 26             | 175                     | 0          | 772   |
| Okt 31.0  | 900             | 678         | 222                           | 407  | 110  | 135            | 135                     | 248        | 1045  |
| Nov 30.0  | 1162            | 875         | 287                           | 394  | 107  | 85             | 85                      | 576        | 1348  |
| Dec 31.0  | 1389            | 1046        | 343                           | 407  | 110  | 54             | 54                      | 817        | 1615  |
| <hr/>     |                 |             |                               |      |      |                |                         |            |       |
| Tot 213.7 |                 | 6816        |                               | 4170 |      | 972            |                         | 4699       |       |
|           | 10970           |             | 2232                          |      | 1129 |                | 2146                    |            | 14099 |

## ARSENERGIBEHOV (kWh/år)

## VÄRMEENERGI:

|  |      |
|--|------|
| - Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare): | 4699 |
| - Varmvatten:                            | 4000 |
| DIREKTEL:                                |      |
| - Nettobehov:                            | 8699 |
| - Bruttobehov (Verkn.grad 100.0 %):      | 8699 |
| - D:o per m2 uppvärmd area:              | 72   |

## BELYSNING, PROCESSER, DRIVENERGI:

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| - Belysning, processer mm:  | 5400 |
| - D:o per m2 uppvärmd area: | 45   |
| - D:o per m2 uppvärmd area: | 45   |

## VINTERNS FÖRLUSTER (kWh)

|                   |      |         |      |      |     |         |      |
|-------------------|------|---------|------|------|-----|---------|------|
| Tak               | 669  | Vägg    | 1709 | Golv | 806 | Fönster | 2913 |
| Dörr              | 386  | övrigt  | 958  |      |     |         |      |
| Styrd ventilation | 1488 | Läckage | 744  |      |     |         |      |

## ÖVRIGT

Gradtimmar under vintern: 96,453      Gradtimmar hela året: 116,939  
Ekvivalent k-värde för fönster: 1.46 (W/m<sup>2</sup> gr c)  
Vinterns tillgodogjorda solenergi: 781 (kWh)

Transmissionsfaktor (T): 70.7      Ventilationsfaktor (V): 23.1  
Förlustfaktor (F): 93.8      Ekv förlustfaktor (Fe): 85.7

Dimensionerande effekt för uppvärmning: 2.6 (kW)  
Tidskonstant (Värmekap\*Uppv area/Förlustfaktor): 96 (h)  
Dimensionerande utetemperatur (DUT): -14.7 (grC)

## ANVÄNDA INDATA

=====

Objekt: LÄTTBYGG 85 - alt LÄTTBYGG 4-glas  
Ort: Stockholm

## ALLMÄNT

Uppvärmd area: 120 (m<sup>2</sup>)  
Fönsterandel av väggar: 12.1 (%)  
Uppvärmd volym: 275 (m<sup>3</sup>)  
Ventilerad volym: 234 (m<sup>3</sup>)  
Värme kapacitet: 75 (Wh/gr c, m<sup>2</sup>)

## BRUKARBEREDENDE DATA

Innetemperatur: 20.0 (gr c)  
Belysning, processvärme: 3500 (kWh/år) varav 80 % tillg f uppv.  
Varmvatten: 3500 (kWh/år) varav 20 % - ' -  
Personvärme: 1300 (kWh/år) varav 100 % - ' -  
Ej nyttiggjord energi: 400 (kWh/år) varav 0 % - ' -  
(i vissa fall fläktar mm)

## VENTILATIONS DATA

| Driftsfall   | Drifttid<br>(timmar) | Luftoms.<br>(ggr/tim) | Värmeåterv.<br>(%) | Läckage<br>(ggr/tim) |
|--------------|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Fläkt avst.  | 0.0                  | -                     | -                  | 0.00                 |
| Fläkt basv.  | 16.0                 | 0.23                  | 0                  | 0.00                 |
| Fläkt fullv. | 8.0                  | 0.50                  | 0                  | 0.00                 |

Frånluftsventilation

## FÖNSTERDATA

| Glasparti | Orientering | Glasarea | Solfaktor | Skuggningsf. | Lutning |
|-----------|-------------|----------|-----------|--------------|---------|
| 1         | N           | 2.6      | 0.75      | 0.60         | 0       |
| 2         | O           | 2.0      | 0.75      | 0.60         | 0       |
| 3         | S           | 3.0      | 0.75      | 0.60         | 0       |
| 4         | V           | 3.0      | 0.75      | 0.60         | 0       |

## TRANSMISSIONSDATA

| Byggsdel | Area  | K-värde | KA-värde | Ev. Red. faktor |
|----------|-------|---------|----------|-----------------|
| Tak      | 57.8  | 0.12    | 6.6      |                 |
| Vägg     | 104.2 | 0.13    | 13.3     |                 |
| Golv     | 69.6  | 0.11    | 7.7      | 0.60            |
| Fönster  | 15.1  | 1.55    | 23.4     |                 |
| Dörr     | 5.0   | 0.85    | 4.3      |                 |
| övrigt   | 28.9  | 0.08    | 2.3      |                 |

---

Summa KA-värde: 54.5 (W/gr C)

## BERÄKNADE UTDATA

Objekt: LATTBYGG 85 - alt LATTBYGG 4-glas  
Ort: Stockholm

## MANADERNAS ENERGIBALANSER (kWh)

| Mån       | Uppv. | Förluster |      |       | Utnyttj. gratis- |      |        | Till- | Köpt | energi |
|-----------|-------|-----------|------|-------|------------------|------|--------|-------|------|--------|
| dag.      | helår | trans     | vent | EL+VV | pers             | sol  | göngl. | uppv. | tot  |        |
|           |       |           |      |       |                  |      | sol    | (rad) |      |        |
| Jan       | 31.0  | 1350      | 929  | 421   | 304              | 110  | 65     | 65    | 870  | 1507   |
| Feb       | 28.3  | 1241      | 854  | 387   | 277              | 101  | 74     | 74    | 789  | 1369   |
| Mar       | 31.0  | 1220      | 840  | 380   | 304              | 110  | 143    | 143   | 663  | 1300   |
| Apr       | 30.0  | 890       | 613  | 277   | 294              | 107  | 217    | 217   | 272  | 888    |
| Maj       | 1.0   | 584       | 13   | 6     | 304              | 110  | 169    | 317   | 0    | 637    |
| Jun       | 0.0   | 291       | 0    | 0     | 213              | 78   | 0      | 314   | 0    | 616    |
| Jul       | 0.0   | 130       | 0    | 0     | 95               | 35   | 0      | 306   | 0    | 637    |
| Aug       | 0.0   | 200       | 0    | 0     | 147              | 53   | 0      | 261   | 0    | 637    |
| Sep       | 1.9   | 445       | 19   | 9     | 294              | 107  | 44     | 175   | 0    | 616    |
| Okt       | 31.0  | 760       | 524  | 237   | 304              | 110  | 135    | 135   | 211  | 848    |
| Nov       | 30.0  | 981       | 675  | 306   | 294              | 107  | 85     | 85    | 496  | 1112   |
| Dec       | 31.0  | 1173      | 808  | 365   | 304              | 110  | 54     | 54    | 705  | 1342   |
| Tot 215.2 |       |           | 5275 |       | 3134             |      | 986    |       | 4007 |        |
|           |       | 9265      |      | 2387  |                  | 1138 |        | 2146  |      | 11507  |

## ARSENERGIBEHOV (kWh/år)

## VARMEENERGI:

|  |      |
|--|------|
| - Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare): | 4007 |
| - Varmvatten:                            | 3500 |
| DIREKTEL:                                |      |
| - Nettobehov:                            | 7507 |
| - Bruttobehov (Verkn.grad 100.0 %):      | 7507 |
| - D:o per m <sup>2</sup> uppvärmd area:  | 63   |

## BELYSNING, PROCESSER, DRIVENERGI:

|   |      |
|---|------|
| - Belysning, processer mm:              | 4000 |
| - D:o per m <sup>2</sup> uppvärmd area: | 33   |
| - D:o per m <sup>2</sup> uppvärmd area: | 33   |

## VINTERNS FÖRLUSTER (kWh)

|                   |     |        |         |      |     |         |      |
|-------------------|-----|--------|---------|------|-----|---------|------|
| Tak               | 643 | Vägg   | 1290    | Golv | 444 | Fönster | 2264 |
| Dörr              | 411 | övrigt | 447     |      |     |         |      |
| Styrd ventilation |     | 2387   | Läckage |      | 0   |         |      |

## ÖVRIGT

Gradtimmar under vintern: 96,717 Gradtimmar hela året: 116,939  
Ekvivalent k-värde för fönster: 1.02 (W/m<sup>2</sup> gr c)  
Vinterns tillgodogjorda solenergi: 781 (kWh)

Transmissionsfaktor (T): 54.5 Ventilationsfaktor (V): 24.7  
Förlustfaktor (F): 79.2 Ekv förlustfaktor (Fe): 71.2

Dimensionerande effekt för uppvärmning: 2.2 (kW)  
Tidskonstant (Värmekap\*Uppv area/Förlustfaktor): 114 (h)  
Dimensionerande utetemperatur (DUT): -14.2 (grC)

Energibalansberäkning enligt ENDRM Datum: 07-07-1987 Tid: 14:13:12

## ANVÄNDA INDATA

=====

Objekt: LÄTTBYGG 85 - alt LÄTTBYGG 3-glas  
Ort: Stockholm

## ALLMÄNT

Uppvärmad area: 120 (m<sup>2</sup>)  
Fönsterandel av väggar: 12.1 (%)  
Uppvärmad volym: 275 (m<sup>3</sup>)  
Ventilerad volym: 234 (m<sup>3</sup>)  
Värme kapacitet: 75 (Wh/gr c, m<sup>2</sup>)

## BRUKARBEREDENDE DATA

Innetemperatur: 20.0 (gr c)  
Belysning, processvärme: 3600 (kWh/år) varav 80 % tillg f uppv.  
Varmvatten: 3500 (kWh/år) varav 20 % - ' -  
Personvärme: 1300 (kWh/år) varav 100 % - ' -  
Ej nyttiggjord energi: 400 (kWh/år) varav 0 % - ' -  
(i vissa fall fläktar mm)

## VENTILATIONS DATA

| Driftsfall   | Drifttid<br>(timmar) | Luftoms.<br>(ggr/tim) | Värmeåterv.<br>(%) | Läckage<br>(ggr/tim) |
|--------------|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Fläkt avst.  | 0.0                  | -                     | -                  | 0.00                 |
| Fläkt basv.  | 16.0                 | 0.23                  | 0                  | 0.00                 |
| Fläkt fullv. | 8.0                  | 0.50                  | 0                  | 0.00                 |

Frånluftventilation

## FÖNSTERDATA

| Glasparti | Orientering | Glasarea | Solfaktor | Skuggningsf. | Lutning |
|-----------|-------------|----------|-----------|--------------|---------|
| 1         | N           | 2.6      | 0.75      | 0.60         | 0       |
| 2         | O           | 2.0      | 0.75      | 0.60         | 0       |
| 3         | S           | 3.0      | 0.75      | 0.60         | 0       |
| 4         | V           | 3.0      | 0.75      | 0.60         | 0       |

## TRANSMISSIONSDATA

| Byggsdel | Area  | K-värde | KA-värde | Ev. Red. faktor |
|----------|-------|---------|----------|-----------------|
| Tak      | 57.8  | 0.12    | 6.6      |                 |
| Vägg     | 104.2 | 0.13    | 13.3     |                 |
| Golv     | 69.6  | 0.11    | 7.7      | 0.60            |
| Fönster  | 15.1  | 1.20    | 18.1     |                 |
| Dörr     | 5.0   | 0.85    | 4.3      |                 |
| övrigt   | 28.9  | 0.08    | 2.3      |                 |

---

Summa KA-värde: 49.3 (W/gr C)

## BERÄKNADE UTDATA

Objekt: LÄTTBYGG 85 - alt LÄTTBYGG 3-glas  
Ort: Stockholm

## MANADERNAS ENERGIBALANSER (kWh)

| Mån<br>dag. | Uppv.<br>helår | Förluster |      | Utnyttj. gratis-<br>energi, helår |      |     | Till-<br>gångl.<br>sol | Köpt<br>energ<br>uppv.<br>(rad) | energi<br>tot |
|-------------|----------------|-----------|------|-----------------------------------|------|-----|------------------------|---------------------------------|---------------|
|             |                | trans     | vent | EL+VV                             | pers | sol |                        |                                 |               |
| Jan 31.0    | 1260           | 839       | 421  | 304                               | 110  | 65  | 65                     | 780                             | 1417          |
| Feb 28.3    | 1158           | 772       | 387  | 277                               | 101  | 74  | 74                     | 706                             | 1287          |
| Mar 31.0    | 1139           | 759       | 380  | 304                               | 110  | 143 | 143                    | 582                             | 1218          |
| Apr 30.0    | 831            | 553       | 277  | 294                               | 107  | 217 | 217                    | 213                             | 829           |
| Maj 0.0     | 545            | 0         | 0    | 304                               | 110  | 130 | 317                    | 0                               | 637           |
| Jun 0.0     | 272            | 0         | 0    | 199                               | 72   | 0   | 314                    | 0                               | 616           |
| Jul 0.0     | 121            | 0         | 0    | 89                                | 32   | 0   | 306                    | 0                               | 637           |
| Aug 0.0     | 187            | 0         | 0    | 137                               | 50   | 0   | 261                    | 0                               | 637           |
| Sep 0.0     | 415            | 0         | 0    | 294                               | 107  | 14  | 175                    | 0                               | 616           |
| Dkt 31.0    | 710            | 473       | 237  | 304                               | 110  | 135 | 135                    | 160                             | 797           |
| Nov 30.0    | 916            | 610       | 306  | 294                               | 107  | 85  | 85                     | 430                             | 1046          |
| Dec 31.0    | 1095           | 729       | 365  | 304                               | 110  | 54  | 54                     | 627                             | 1263          |
| <hr/>       |                |           |      |                                   |      |     |                        |                                 |               |
| Tot 212.3   |                | 4735      |      | 3103                              |      | 918 |                        | 3498                            |               |
|             | 8647           |           | 2373 |                                   | 1127 |     | 2146                   |                                 | 10998         |

## ARSENERGIBEHOV (kWh/år)

## VÄRMEENERGI:

|  |      |
|--|------|
| - Uppvärmning (radiatorer, luftvärmare): | 3498 |
| - Varmvatten:                            | 3500 |
| DIREKTEL:                                |      |
| - Nettobehov:                            | 6998 |
| - Bruttobehov (Verkn.grad 100.0 %):      | 6998 |
| - D:o per m <sup>2</sup> uppvärmd area:  | 58   |

## BELYSNING, PROCESSER, DRIVENERGI:

|   |      |
|---|------|
| - Belysning, processer mm:              | 4000 |
| - D:o per m <sup>2</sup> uppvärmd area: | 33   |
| - D:o per m <sup>2</sup> uppvärmd area: | 33   |

## VINTERNS FÖRLUSTER (kWh)

|                        |            |          |              |
|------------------------|------------|----------|--------------|
| Tak 639                | Vägg 1282  | Golv 442 | Fönster 1742 |
| Dörr 409               | övrigt 669 |          |              |
| Styrd ventilation 2373 | Läckage    | 0        |              |

## ÖVRIGT

Gradtimmar under vintern: 96,119      Gradtimmar hela året: 116,939  
Ekvivalent k-värde för fönster: 0.67 (W/m<sup>2</sup> gr c)  
Vinterns tillgodogjorda solenergi: 773 (kWh)

Transmissionsfaktor (T): 49.3      Ventilationsfaktor (V): 24.7  
Förlustfaktor (F): 73.9      Ekv förlustfaktor (Fe): 65.9

Dimensionerande effekt för uppvärmning: 2.0 (kW)  
Tidskonstant (Värmekap\*Uppv area/Förlustfaktor): 122 (h)  
Dimensionerande utetemperatur (DUT): -14.1 (grC)



## BERÄKNING AV k-VÄRDEN

Bo Millbäck  
Faluhus

k-värde snedtakÖvergångsmotstånd  $m = 0,25$ Yttertak  $m = 0,20$ Board 3,2 mm  $\frac{0,0032}{0,13}$   $m = 0,02$ 

Gullfiberskiva mellan  $\frac{1}{\frac{8 \times 0,13}{1200 \times 0,31} + \frac{1192 \times 0,04}{1200 \times 0,31}}$   $m = 7,64$   
 liv av 8 mm board c/c 1200

Gullfiberskiva mellan  $\frac{1}{\frac{45 \times 0,14}{1200 \times 0,045} + \frac{1155 \times 0,04}{1200 \times 0,045}}$   $m = 1,03$   
 fläns av 45 mm trä c/c 1200

SB takelement  $m = 0,16$   
 Summa  $m = 9,30$

k-värde =  $\frac{1}{9,3} = 0,11$  (0,108) W/m<sup>2</sup>,K

k-värde hanbjälklagÖvergångsmotstånd  $m = 0,25$ Yttertak  $m = 0,30$ Gullfiberskiva 315 mm  $\frac{0,315}{0,04}$   $m = 7,88$ 

Gullfiberskiva 195 mm mellan reglar av  $\frac{1}{\frac{45 \times 0,14}{1200 \times 0,195} + \frac{1155 \times 0,04}{1200 \times 0,195}}$   $m = 4,46$   
 45 mm trä c/c 1200 mm

SB takelement  $m = 0,16$   
 Summa  $m = 13,05$

k-värde  $\frac{1}{13,05} = 0,08$  (0,077) W/m<sup>2</sup>,K



k-värde ytterväggÖvergångsmotstånd m = 0,25

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| 9,2 mm boardskiva | <u>0,0092</u> |
|                   | 0,13          |

|                       |                  |   |                    |
|-----------------------|------------------|---|--------------------|
| Gullfiberskiva mellan | 1                |   |                    |
| flänsar av trä c/c    | <u>45 x 0,14</u> | + | <u>1155 x 0,04</u> |
| 1200                  | 1200 x 0,09      |   | 1200 x 0,09        |
|                       |                  |   | m = 2,06           |

|                       |                 |   |                    |
|-----------------------|-----------------|---|--------------------|
| Gullfiberskiva mellan | 1               |   |                    |
| liv av 6 mm board c/c | <u>6 x 0,13</u> | + | <u>1194 x 0,04</u> |
| 1200                  | 1200 x 0,21     |   | 1200 x 0,21        |
|                       |                 |   | m = 5,19           |

|                   |               |  |                 |
|-------------------|---------------|--|-----------------|
| 9,2 mm boardskiva | <u>0,0092</u> |  | <u>m = 0,07</u> |
|                   | 0,13          |  | 7,64            |

k-värde  $\frac{1}{7,64} = 0,13$  (0,131 W/m<sup>2</sup>,K)

k-värde kryprumsbjälklagÖvergångsmotstånd m = 0,30

|                 |               |  |          |
|-----------------|---------------|--|----------|
| Plywood 12,5 mm | <u>0,0125</u> |  | m = 0,09 |
|                 | 0,14          |  |          |

Lackerad stålplåt 0,6 mm m = 0,00

|                       |                  |   |                   |
|-----------------------|------------------|---|-------------------|
| Gullfiberskiva mellan | 1                |   |                   |
| flänsar av trä c/c    | <u>45 x 0,14</u> | + | <u>555 x 0,04</u> |
| 600                   | 600 x 0,09       |   | 600 x 0,09        |
|                       |                  |   | m = 1,89          |

|                       |                 |   |                   |
|-----------------------|-----------------|---|-------------------|
| Gullfiberskiva mellan | 1               |   |                   |
| liv av 8 mm board c/c | <u>8 x 0,13</u> | + | <u>592 x 0,04</u> |
| 600                   | 600 x 0,31      |   | 600 x 0,31        |
|                       |                 |   | m = 7.52          |

|                 |                      |          |
|-----------------|----------------------|----------|
| Spånskiva 22 mm | $\frac{0,022}{0,14}$ | m = 0,16 |
|-----------------|----------------------|----------|

|       |          |          |
|-------|----------|----------|
| Summa | plywood  | m = 9,96 |
|       | stålplåt | m = 9,85 |

$$k\text{-värde} = \frac{1}{9,96} = 0,10 \quad (0,100) \text{ W/m}^2\text{,K}$$

$$= \frac{1}{9,85} = 0,10 \quad (0,101) \text{ W/m}^2\text{,K}$$

**INOMHUSKLIMAT I HUS MED TAKVÄRME CONTRA ELRADIATORER**

Åke Blomsterberg  
Annika Ekstrand-Tobin  
Statens provningsanstalt

Mätningar av termiskt inneklimat 1988-03-07 på

A: Skylvägen 37, Täby (elradiatorer) mätningar gjorda på förmiddagen

B: Getvägen 27, Täby (elektrisk takvärme-folie) mätningar gjorda på eftermiddagen.

Uteklimat

På Skylvägen 37 mättes utetemperaturen till + 1°C, vindhastighet 0 m/s. Motsvarande värden på Getvägen var 1,7 °C och 1,6 m/s. Vädret var mullet, med sol ca 11-11.10. Ventilationen i båda husen var inställd på Home-läge.

Mätningar

Mätningarna av lufttemperatur, yttemperatur, relativ luftfuktighet, lufthastighet och plan strålningstemperatur gjordes med Brül & Kaer's Indoor Climate Analyzer. Operativ temperatur mättes med Comfort meter av samma fabrikat. Mätningarna utfördes i bottenvåningarnas vardagsrum 0,5 och 2,0 meter från norrfasad. I övervåningarna gjordes mätningar i sovrum mot öster 0,5, 1,0 och 2,0 meter från yttervägg. I alla mätpunkter mättes data i fyra nivåer: 0,1, 0,6, 1,1 och 1,7 meter från golv.

ISO Standard 7730

PMV (Predicted Mean Vote) föll i båda husen på skalan -3 till +3 på ca -1-0 vilket då skulle upplevas som "lätt kyligt".

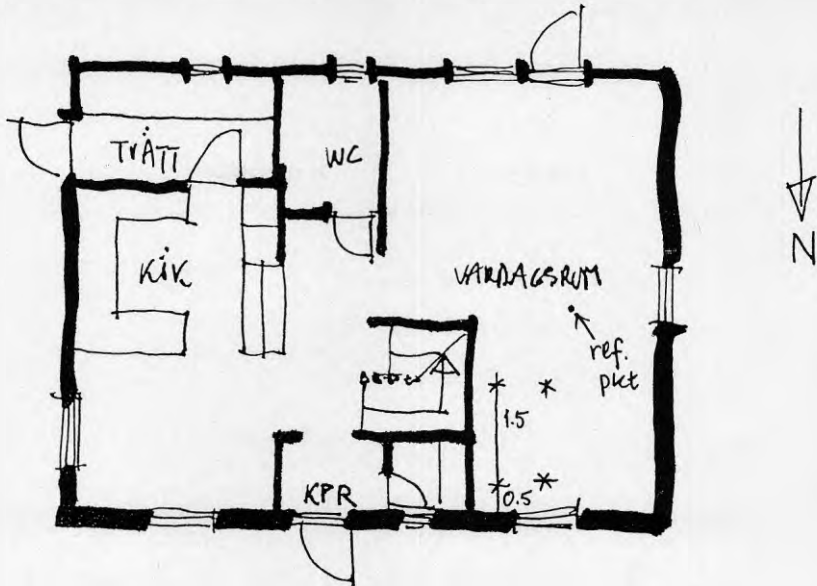
Vidare rekommenderas värden för operativ temperatur, vertikal lufttemperaturdifferens, yttemperatur på golv, medelluftshastighet, strålningstemperatur assymetri vid kalla vertikala ytor och vid varma tak.

A. Skylvägen: Den operativa temperaturen i två punkter understeg det rekommenderade värdet 20 °C. I övrigt föll mätvärdena inom de satta gränserna.

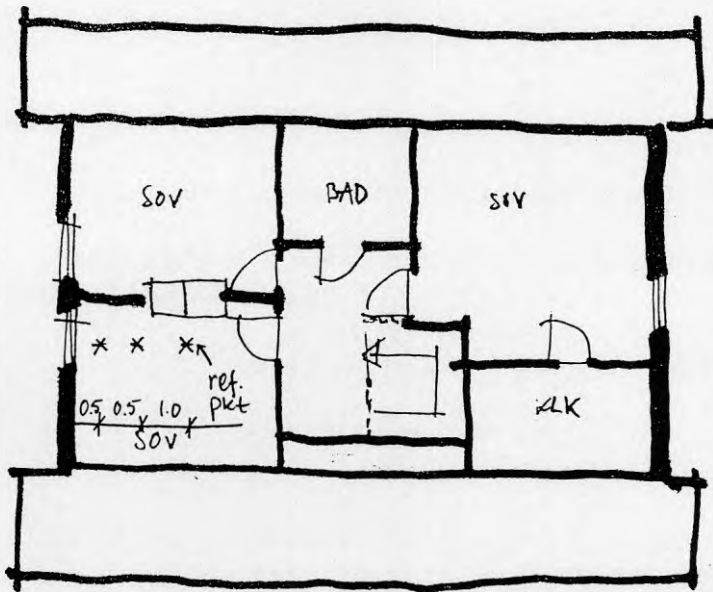
B. Getvägen: Alla mätvärden föll inom satta gränsvärden.

Slutsatser

A: Skylvägen kan genom en ökad rumstemperatur erhålla godkänd operativ temperatur. Uppvärmningssystemens erhållna termiska komfort skiljer sig inte nämnvärt från varandra.



Mätpunkternas placering i vardagsrum BV och sovrum ÖV på Getvägen och Skylvägen



Operativa temperaturer mellan 20 - 24 °C

Minimivärde 20,2 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 20,8 °C)  
 Maximivärde 22,6 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 22,0 °C)

Vertikal lufttemperaturskillnad vid 1,1 m och 0,1 m <3°C

BV 0,5 m från vägg: 1,3 °C  
 2,0 m från vägg: 1,1 °C

ÖV 0,5 m från vägg: 1,0 °C  
 1,0 m från vägg: 0,8 °C  
 2,0 m från vägg: 0,6 °C

Yttemperatur på golv mellan 19 - 26 °C

BV 0,5 m från vägg: 20,6 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 20,8 °C)  
 2,0 m från vägg: 20,7 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 20,7 °C)

ÖV 0,5 m från vägg: 21,8 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 21,9 °C)  
 1,0 m från vägg: 22,0 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 21,9 °C)  
 2,0 m från vägg: 22,2 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 22,0 °C)

Lufthastighetsmedelvärde mindre än 0,15 m/s

Maximivärde 0,14 m/s  
 Minimivärde 0,00 m/s

Strålningsassymetri - fönster - innervägg <10 °C (0,6 m o golv)

BV 0,5 m från vägg: 0,9 °C  
 2,0 m från vägg: 0,6 °C

ÖV 0,5 m från vägg: 0,9 °C  
 1,0 m från vägg: 0,7 °C  
 2,0 m från vägg: 0,2 °C

Strålningsassymetri varmt tak - golv <5 °C (0,6 m o golv)

BV 0,5 m från vägg: 1,1 °C  
 2,0 m från vägg: 0,9 °C

ÖV 0,5 m från vägg: 0,1 °C  
 1,0 m från vägg: 0,0 °C  
 2,0 m från vägg: 0,1 °C

Operativa temperaturer mellan 20 - 24 °C

Minimivärde 19,3 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 19,9 °C)  
 Maximivärde 20,6 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 20,3 °C)

Vertikal lufttemperaturskillnad vid 1,1 m och 0,1 m <3°C

BV 0,5 m från vägg: 0,9 °C  
 2,0 m från vägg: 0,9 °C

ÖV 0,5 m från vägg: 0,5 °C  
 1,0 m från vägg: 0,3 °C  
 2,0 m från vägg: 0,5 °C

Yttemperatur på golv mellan 19 - 26 °C

BV 0,5 m från vägg: 19,5 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 19,8 °C)  
 2,0 m från vägg: 19,6 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 19,9 °C)

ÖV 0,5 m från vägg: 22,1 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 20,3 °C)  
 1,0 m från vägg: 20,2 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 20,3 °C)  
 2,0 m från vägg: 20,0 °C ( $\theta_{ref}$ , medel = 20,2 °C)

Lufthastighetsmedelvärde mindre än 0,15 m/s

Maximivärde 0,12 m/s  
 Minimivärde 0,00 m/s

Strålningsasymmetri - fönster - innervägg <10 °C (0,6 m o golv)

BV 0,5 m från vägg: 0,3 °C  
 2,0 m från vägg: 0,9 °C

ÖV 0,5 m från vägg: 1,2 °C  
 1,0 m från vägg: 1,4 °C  
 2,0 m från vägg: 0,5 °C

Strålningsasymmetri varmt tak - golv <5 °C (0,6 m o golv)  
(Har ej varma tak)

BV 0,5 m från vägg: 0,3 °C  
 2,0 m från vägg: 0,5 °C

ÖV 0,5 m från vägg: 0,5 °C  
 1,0 m från vägg: 1,0 °C  
 2,0 m från vägg: 0,4 °C





**ENERGIBERÄKNINGSPROGRAMMET STAWAD-SP**

Ake Blomsterberg  
Statens provningsanstalt

## D. ENERGIBERÄKNINGSPROGRAMMET STAWAD-SP

### D.1 Inledning

Programmet har utarbetats vid institutionen för Husbyggnadsteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Programmet finns presenterat bl.a. i ett examensarbete av Bengt Ståhl och Kjell Wader. Kjell Wader var anställd vid Husbyggnadsteknik för att bland annat vidareutveckla STAWAD, t o m 1984.

### D.2 Kort beskrivning av programmet

Programmet är ett datorprogram som kan köras på en minidator. Med hjälp av timvärden på klimatet beräknar en byggnads energiförbrukning för längre tidsperioder, exempelvis ett år. Programmet beräknar med hjälp av analytiska metoder värmetrögheten för en byggnad. De analytiska resultaten kombineras till en resistans- kapacitans modell med ett fåtal noder. I beräkningarna används ett tidssteg på 1 timme. Med hjälp av finita differensmetoden beräknas temperaturer. Datorprogrammet tar hänsyn till solens inverkan och byggnadens dynamik, dvs dess förmåga att kunna lagra värme i de olika byggnadsdelarna. I programmet ingår en solavskärmningsmodell. Hänsyn kan även tas till gratisvärme i form av t ex personvärme. En dygns-, vecko-, månads- och årsprofil för gratisvärmerna kan specificeras. Byggnaden betraktas som en zon med sex stycken sidor. Uppvärmningsbehovet och kylningsbehovet för denna zon beräknas. Ventilationen kan varieras enligt en förutbestämd profil. Max- och min innetemperatur specificeras.

**MÄTPROGRAM FÖR ENERGI OCH KLIMAT**

Åke Blomsterberg  
Statens provningsanstalt

## E MÄTPROGRAM FÖR ENERGI OCH KLIMAT

Temperaturer mättes i tre hus med resistanstermometrar av typ Pt 100 under långtidsmätningarna. För givarna användes en gemensam omräkningsfunktion till temperatur. De resistiva givare som har använts i det här projektet har uteslutande haft detektorer av platina. Resistiva givare kan anslutas med 2-, 3- eller 4-ledarekoppling. I projektet användes givare med 4-ledarekoppling, därför att de två "extra" ledarna då bidrar till att reducera mätfelet som uppkommer på grund av kabelresistansen.

Inomhustemperaturen i femton hus mättes med en sk gradtimmätare. Kalibrerade termistorer användes som givare. Mätarna avlästes manuellt en gång per vecka.

Vid korttidsmätningarna har temperaturer mätts med termoelement.

För mätning av elenergiförbrukning användes standardelmätare. Elenergiförbrukningen registrerades med 0,1 kWh upplösning. Mätarna avlästes manuellt en gång per vecka.

Drifttiden registreras som den tid vissa komponenter var i drift. Tiden mättes med 0,01 h upplösning. Drifttidsräknarna avlästes en gång per vecka.

## Mätpunkter i alla hus under långtidsmätningar

| Kanal nummer | Beskrivning                             | Placering                           | Typ                  | Uppskattad mätonoggrannhet |
|--------------|---|-------------------------------------|----------------------|----------------------------|
| T1 -T6       | Lufttemp.                               | Inomhus<br>1.2 m höjd<br>i 3 hus    | Pt 100               | $\pm 0.3$ K                |
| T1 -T2       | Lufttemp.                               | Inomhus<br>1.2 m höjd<br>i 15 hus   | Termistor            | $\pm 0.3$ K                |
| Tg           | Globtemp.                               | Inomhus<br>i 3 hus                  | Pt 100               | $\pm 0.3$ K                |
| F1           | Luftflöde                               | Frånlufts<br>kanal innan<br>fläkten | Mätning              | $\pm 7$ %                  |
| V1           | Vatten<br>förbrukning                   | Kallvatten<br>till vvb              | Vinghjuls-<br>mätare | $\pm 5$ %                  |
| V2           | Vatten<br>förbrukning                   | Inkommande<br>kallvatten            | Vinghjuls-<br>mätare | $\pm 5$ %                  |
| EM1          | Elförbrukning<br>Totalt exkl.<br>garage | Klädkammare                         | Elmätare             | $\pm 2$ %                  |
| EM2          | Elförbrukning<br>varmvatten             | Klädkammare                         | Elmätare             | $\pm 2$ %                  |
| EM3          | Elförbrukning<br>uppvärmning            | Klädkammare                         | Elmätare             | $\pm 2$ %                  |
| DT1-<br>DT3  | Drifttid<br>fläkt                       | Klädkammare                         |                      | $\pm 0.01$ h               |
| MM1          | Max eleffekt                            | Klädkammare                         | Maximal-<br>mätare   | $\pm 2$ %                  |

I tre av husen registreras lufttemperaturen inomhus som timmedelvärden (husen med 6 st lufttemperaturer). I övrigt sker avläsning som veckovärden av de boende.

Mätpunkter gemensamma för området.

| Kanal nummer | Beskrivning                       | Placering   | Typ         | Uppskattad mätonoggrannhet |
|--------------|-----------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|
| E1           | Solinstrålning på det hor. planet | Taket       | Pyranometer | ±5 %                       |
| T            | Lufttemperatur                    | Gavel (ute) | Pt 100      | ±0.2 C                     |

Dessa mätpunkter lagras som timmedelvärden.

ENERGI, EFFEKT OCH RUMSKLIMAT  
Mätresultat

Åke Blomsterberg  
Statens provningsanstalt

## BILAGA F MÄTRESULTAT

Uppmätt årsförbrukning av el (kWh) under 1986. Mättonogrannheten uppskattas till  $\pm 2\%$ .

| Hus                                   | Total            | Värme           | Varmvatten      | Hushåll         |
|---------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1                                     | 10810            | 6337            | 1670            | 2803            |
| 2                                     | 16225            | 7211            | 5667            | 3347            |
| 3                                     | 13755            | 8603            | 2655            | 2497            |
| 4                                     | 15826            | 7593            | 3643            | 4590            |
| 5                                     | 13612            | 8229            | 1888            | 3494            |
| 6                                     | 8815             | 6596            | 839             | 1380            |
| 7                                     | 11315            | 6236            | 1694            | 3385            |
| 8                                     | 16426            | 5149            | 5030            | 6248            |
| 9                                     | 10000            | 7656            | 810             | 1534            |
| 10                                    | 0                | 0               | 0               | 0               |
| 11                                    | 10803            | 6371            | 1397            | 3036            |
| 12                                    | 13486            | 5936            | 2101            | 5450            |
| 13                                    | 10657            | 4806            | 2351            | 3500            |
| 14                                    | 11680            | 7148            | 2118            | 2414            |
| 15                                    | 10093            | 6161            | 1386            | 2547            |
| 16                                    | 12923            | 6298            | 3619            | 3006            |
| 17                                    | 0                | 0               | 0               | 0               |
| 18                                    | 12602            | 6355            | 2060            | 4187            |
| -----                                 |                  |                 |                 |                 |
| Medel-<br>värde<br>exkl.<br>hus 10,17 | 12439<br>+-2325* | 6668<br>+-1024* | 2433<br>+-1396* | 3339<br>+-1292* |
| exkl.<br>hus 7,<br>9,10,17            | 12694            | 6628            | 2602            | 3465            |

\* Standardavvikelse



Uppmätt elförbrukning, månadsmedelvärde för 14 hus under 1986.  
Mät noggrannheten uppskattas till  $\pm 2\%$ .

| Månad | Totalt | Värme | Varmvatten | Hushåll |
|-------|--------|-------|------------|---------|
| 1>    | 1842   | 1251  | 248        | 344     |
| 2>    | 1737   | 1244  | 223        | 270     |
| 3>    | 1370   | 831   | 244        | 293     |
| 4>    | 1147   | 640   | 241        | 266     |
| 5>    | 601    | 135   | 224        | 243     |
| 6>    | 476    | 34    | 208        | 234     |
| 7>    | 428    | 24    | 174        | 231     |
| 8>    | 514    | 94    | 176        | 245     |
| 9>    | 785    | 319   | 201        | 266     |
| 10>   | 1025   | 501   | 212        | 312     |
| 11>   | 1193   | 641   | 217        | 334     |
| 12>   | 1577   | 914   | 235        | 427     |
| ----- |        |       |            |         |
|       | 12693  | 6628  | 2601       | 3464    |

Beräknad personvärme, baserad på närvaroanteckningar under 1986, och antagandet att varje person avger 80 W.

| Hus | Personvärme, kWh/år               |
|-----|-----------------------------------|
| 1   | 746                               |
| 2   | 2400                              |
| 3   | 790                               |
| 4   | 1710                              |
| 5   | 1060                              |
| 6   | 240                               |
| 8   | 2190                              |
| 11  | 840                               |
| 12  | 2180                              |
| 13  | 1680                              |
| 14  | 770                               |
| 15  | 600                               |
| 16  | 760                               |
| 18  | 840                               |
|     | $\overline{\hspace{1cm}} \pm 690$ |

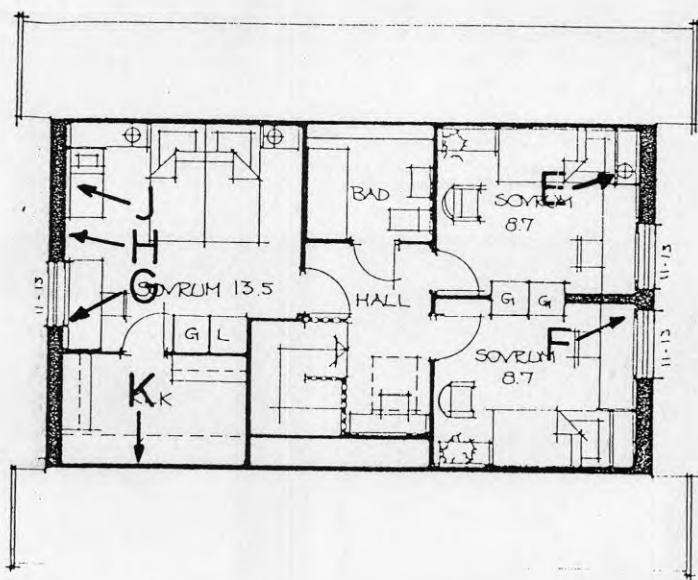
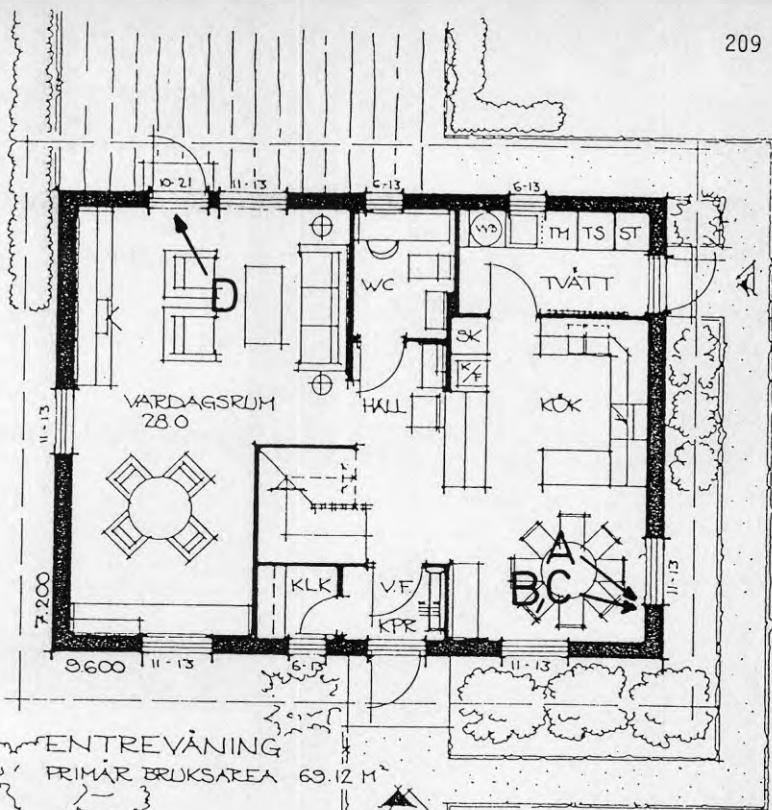
Uppmätt årsförbrukning av vatten (m<sup>3</sup>) under 1986

| Hus        | Total vatten-<br>förbrukning | Varmvatten |
|------------|------------------------------|------------|
| 1          | 95.5                         | 16.0       |
| 2          | 319.5                        | 71.6       |
| 3          | 184.5                        | 42.1       |
| 4          | 200.8                        | 58.2       |
| 5          | 132.1                        | 24.4       |
| 6          | 25.7                         | 5.0        |
| 7          | 116.0                        | 23.0       |
| 8          | 99.7                         | 68.8       |
| 9          | 79.6                         | 18.6       |
| 10         | 0                            | 0          |
| 11         | 99.3                         | 17.4       |
| 12         | 157.8                        | 35.8       |
| 13         | 138.2                        | 37.8       |
| 14         | 98.4                         | 29.1       |
| 15         | 94.5                         | 16.7       |
| 16         | 75.0                         | 59.8       |
| 17         | 0                            | 0          |
| 18         | 149.5                        | 38.6       |
| Medelvärde | 129.1<br>+-66.9              | 35.2       |

Kommentarer till termogram för hus 5 och 12

I dessa hus förekommer luftläckage i något större omfattning än i de övriga termograferade husen. Av planritningar och termogram framgår omfattning och storlek av otätheterna.

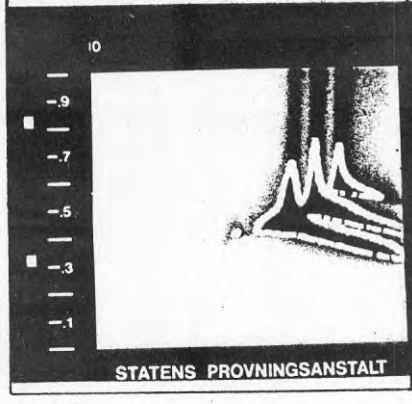
# HUS 5



GRÄTNSBILD NR 1

ISOTERMBILD NR 1

Rapport nr. \_\_\_\_\_



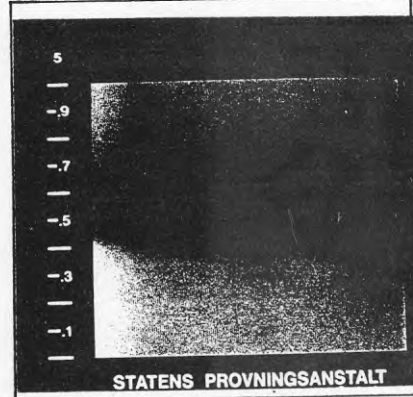
Husa/lokh KÖK  
FÖNSTER  
 P A  
 $t_u \pm 0$   $t_i$  23,0  $t_r$  22,5  
 $t_i - t_u$  23,0  $\Delta p$  -10  
 $\Delta I$  5,0  $\Delta t$  6,3  
 $v$  0,2-0,5 m/s  
 HÖRISONTELLA SKAROR  
 MELLAN SHY&BRÄDDOR  
 0,2-2,0 m/s DEEVN.

- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_ ( )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( )
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÄGE \_\_\_\_\_ (LOKALT)

GRÄTNSBILD NR 2

ISOTERMBILD NR 2

Husa/lokh KÖK



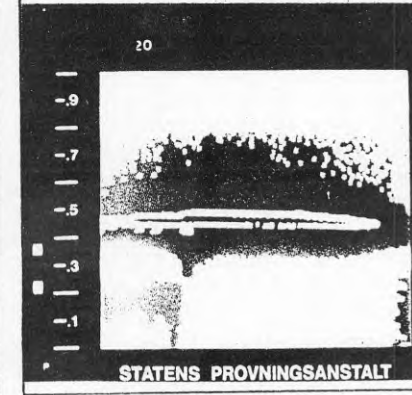
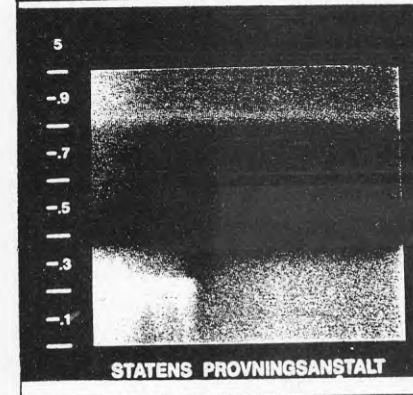
GOLVVINKEL.  
 P B  
 $t_u \pm 0$   $t_i$  23,0  $t_r$  22,1  
 $t_i - t_u$  23,0  $\Delta p$  -10  
 $\Delta I$  2,1  $\Delta t$  2,5  
 $v$  0 m/s

- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_ ( )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG - BOTTENBJÄLKLAG \_\_\_\_\_ (100)
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÄGE \_\_\_\_\_ ( )

GRÄTNSBILD NR 3

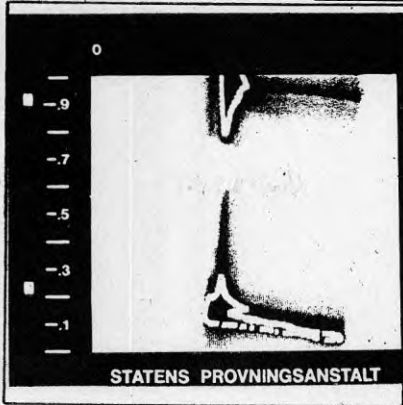
ISOTERMBILD NR 3

Husa/lokh KÖK



TAKVINKEL  
 P C  
 $t_u \pm 0$   $t_i$  23,1  $t_r$  22,6  
 $t_i - t_u$  23,1  $\Delta p$  -10  
 $\Delta I$  2,8  $\Delta t$  3,4  
 $v$  0 m/s

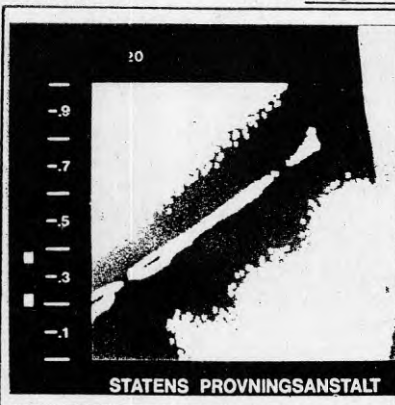
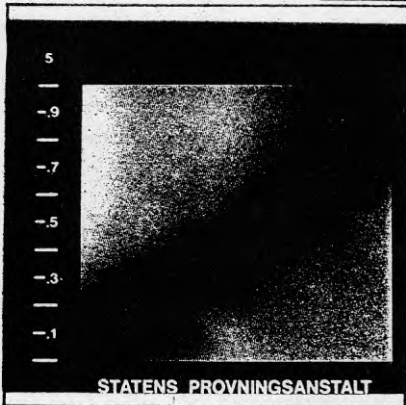
- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_ ( )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG - MELLANBJÄLKLAG \_\_\_\_\_ (60)
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÄGE \_\_\_\_\_ ( )


 Huset/Objekt YARDAGSERU 1/1
FÖNSTERDÖRR

 P D
 $t_u \pm 0$   $t_i + 22,8$   $t_r + 22,8$ 
 $t_i - t_u$  22,8  $\Delta p$  -10
 $\Delta I$  6,8  $\Delta t$  8,9
 $v$  0,2-0,3 m/s DREVN,  
 0,5-1,0 m/s TRÄN.LIST  
 ANSLAGSIDA 10%

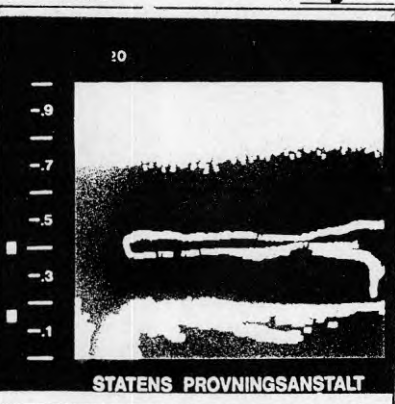
- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_ ( ) %  
 NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( ) %  
 NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( ) %  
 LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÅGE \_\_\_\_\_ (EVL. ÖVAN) ( ) %

 Huset/Objekt SOVRUM(ÖV)
GOLVVINKEL.

 P E
 $t_u \pm 0$   $t_i$  21,5  $t_r$  21,3
 $t_i - t_u$  21,5  $\Delta p$  -10
 $\Delta I$  3,2  $\Delta t$  4,1
 $v$  0,2-0,3 m/s 60%


- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_ ( ) %  
 NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( ) %  
 NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG - MELLANBJÄLKLAG \_\_\_\_\_ (60) %  
 LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÅGE \_\_\_\_\_ ( ) %

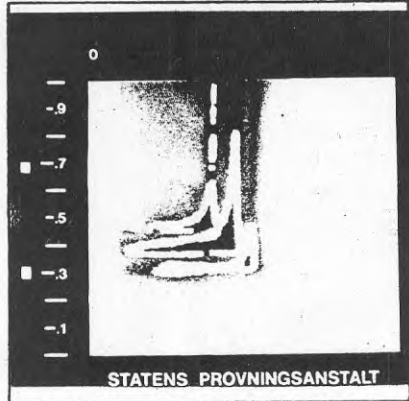
 Huset/Objekt SOVRUM(ÖV)
TAKVINKEL.

 P F
 $t_u \pm 0$   $t_i + 22,1$   $t_r + 22,1$ 
 $t_i - t_u$  22,1  $\Delta p$  -10
 $\Delta I$  4,8  $\Delta t$  6,2
 $v$  0,2-1,0 m/s 50%


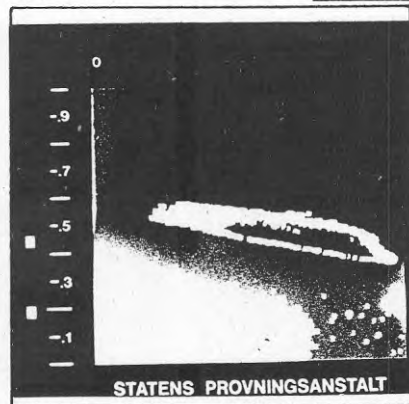
- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_ ( ) %  
 NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( ) %  
 NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG - VINDSBJÄLKLAG \_\_\_\_\_ (50) %  
 LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÅGE \_\_\_\_\_ ( ) %

OBJEKT HUS 5 TABYBILAGA 212GRÄTNSBILD NR 7ISOTERMBILD NR 7

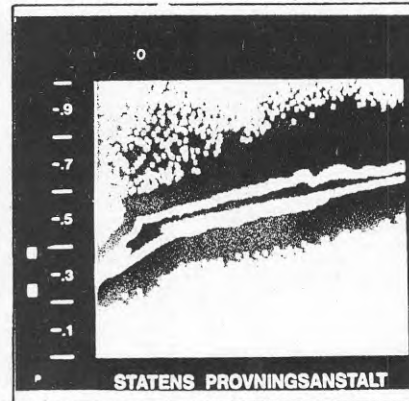
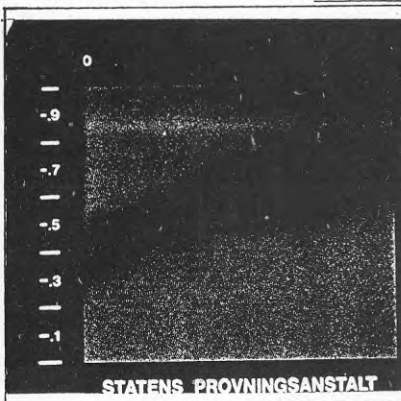
Rapport nr. \_\_\_\_\_

Mått/tygl SOVRUM (ÖV)FÖNSTERP G $t_u \pm 0$   $t_i$  20,7  $t_r$  20,7 $t_i - t_u$  20,7  $\Delta p$  -10 $\Delta I$  3,8  $\Delta t$  5,0v 0 m/s

- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_
- NEDKYLDA YTPARTIER VID FÖNSTER ANSLUTNINGAR (LOKALT)
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( )
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÄGE \_\_\_\_\_ ( )

GRÄTNSBILD NR 8ISOTERMBILD NR 8Mått/tygl SOVRUM (ÖV)GOLVVINKELP H $t_u \pm 0$   $t_i$  21,0  $t_r$  21,3 $t_i - t_u$  21,0  $\Delta p$  -10 $\Delta I$  2,5  $\Delta t$  3,1v 0,2-0,3 m/s 80%

- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( )
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÄGE HELLANBJÄLKLAG - YTTERVÄGG (50)

GRÄTNSBILD NR 9ISOTERMBILD NR 9Mått/tygl SOVRUM (ÖV)TAKVINKELP I $t_u \pm 0$   $t_i$  22,4  $t_r$  21,8 $t_i - t_u$  22,4  $\Delta p$  -10 $\Delta I$  2,8  $\Delta t$  3,1v 0,5-0,7 m/s LOKALT

- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( )
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÄGE VINDSBJÄLKLAG - YTTERVÄGG (LOKALT)

OBJEKT HUS 5 TÄBYBILAGA 213GRÄTSONSBILD NR 10ISOTERMBILD NR 10

Rapport nr. \_\_\_\_\_

Hus/lgh KLÄDKAMMAREGOLVVINKEL.P K $t_u$  10  $t_i$  20,5  $t_r$  20,8 $t_i - t_u$  20,5  $\Delta p$  -10 $\Delta I$  0,45  $\Delta t$  0,6v 0 m/s

- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID ANSLUTNING YTTERVÄGG-MELLANBJÄLKLAG
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( % )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( % )
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÄGE \_\_\_\_\_ ( % )

GRÄTSONSBILD NR \_\_\_\_\_

ISOTERMBILD NR \_\_\_\_\_

Hus/lgh \_\_\_\_\_

P \_\_\_\_\_

 $t_u$  \_\_\_\_\_  $t_i$  \_\_\_\_\_  $t_r$  \_\_\_\_\_ $t_i - t_u$  \_\_\_\_\_  $\Delta p$  \_\_\_\_\_ $\Delta I$  \_\_\_\_\_  $\Delta t$  \_\_\_\_\_

v \_\_\_\_\_

- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( % )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( % )
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÄGE \_\_\_\_\_ ( % )

GRÄTSONSBILD NR \_\_\_\_\_

ISOTERMBILD NR \_\_\_\_\_

Hus/lgh \_\_\_\_\_

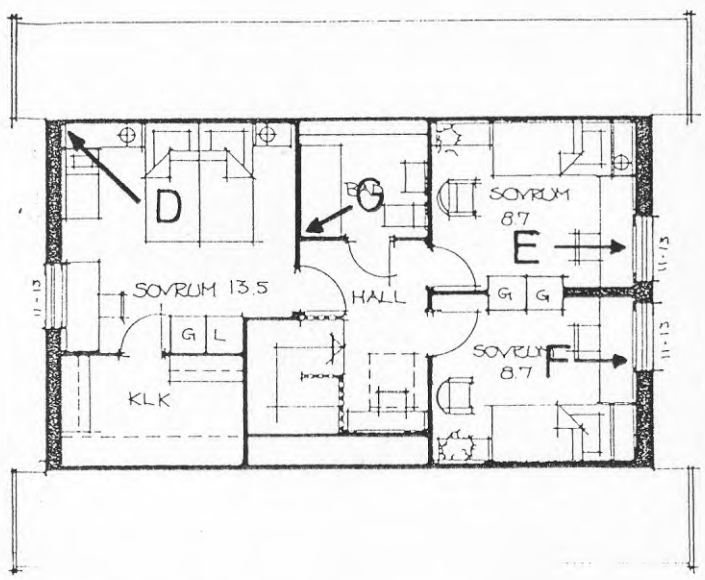
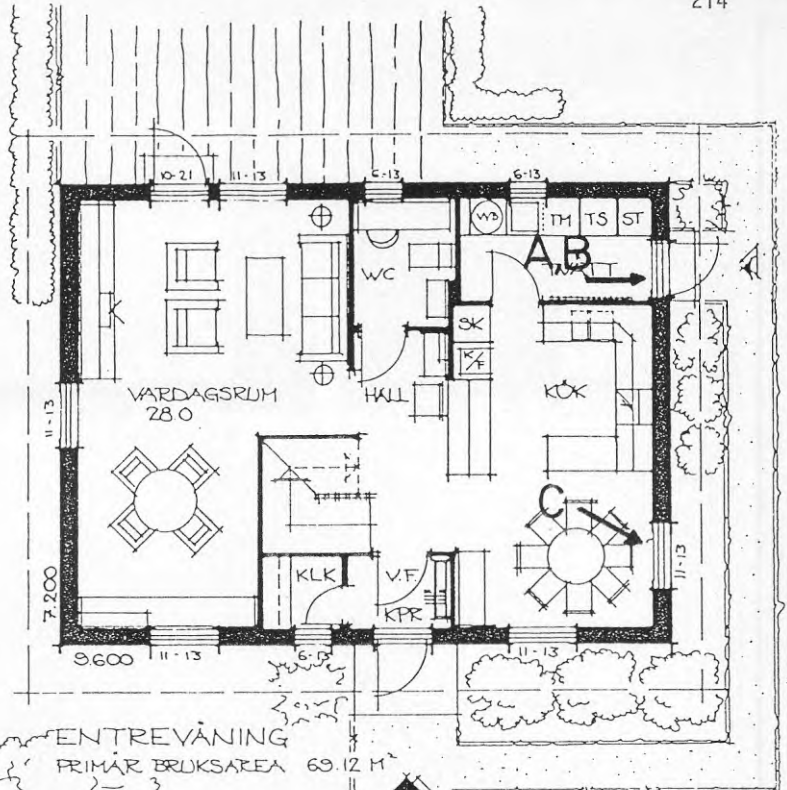
P \_\_\_\_\_

 $t_u$  \_\_\_\_\_  $t_i$  \_\_\_\_\_  $t_r$  \_\_\_\_\_ $t_i - t_u$  \_\_\_\_\_  $\Delta p$  \_\_\_\_\_ $\Delta I$  \_\_\_\_\_  $\Delta t$  \_\_\_\_\_

v \_\_\_\_\_

- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( % )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( % )
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÄGE \_\_\_\_\_ ( % )

# HUS 12





OBJEKT HUS 12 TÄBY

BILAGA 215

GRÄTNSBILD NR 1

ISOTERMBILD NR 1

Rapport nr. \_\_\_\_\_

Marktyg TVÄTT

YTTERDÖRR.

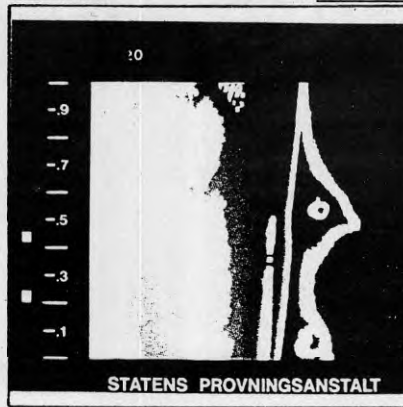
P A

$t_u - 1,3$   $t_i$  20,2  $t_r$  20,2

$t_i - t_u$  21,5  $\Delta p$  -10

$\Delta I$  4,4  $\Delta t$  6,0

$v$  0,3-2,0 m/s 70%  
TÄN. U.S.T. ANSLAGSIDA  
0,3-2,0 m/s 20% DREVN.  
ANSLAGSIDA.



- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_ ( % )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( % )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( % )
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÅGE \_\_\_\_\_ (ENL. ÖVAN) ( % )

GRÄTNSBILD NR 2

ISOTERMBILD NR 2

Marktyg TVÄTT

TAKVINKEL.

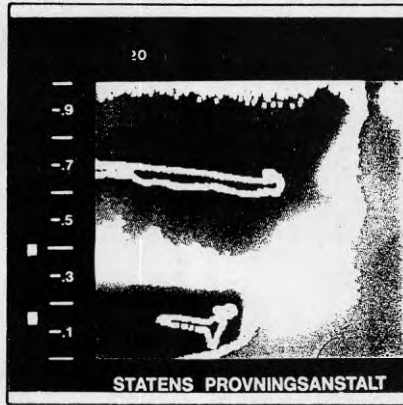
P B

$t_u - 1,3$   $t_i$  20,5  $t_r$  20,5

$t_i - t_u$  21,8  $\Delta p$  -10

$\Delta I$  4,8  $\Delta t$  6,6

$v$  0,2-1,3 m/s 100%



- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_ ( % )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( % )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( % )
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÅGE YTTERVÄGG - MELLANBJÄLKLAG (100 %)

GRÄTNSBILD NR 3

ISOTERMBILD NR 3

Marktyg KÖK

GOLVVINKEL

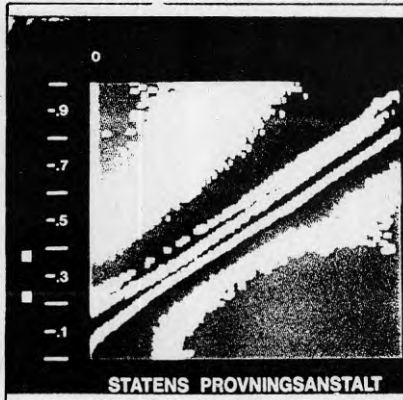
P C

$t_u - 1,3$   $t_i$  19,6  $t_r$  19,6

$t_i - t_u$  20,9  $\Delta p$  -10

$\Delta I$  1,4  $\Delta t$  1,8

$v$  0 m/s



- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID ANSLUTNING BOTTENBJÄLKLAG-YTTERVÄGG. ( % )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( % )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( % )
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÅGE \_\_\_\_\_ ( % )


 Hus/loft SOVRUM (ÖV)
TAKVINKEL.

 P D
 $t_u$  -1,3  $t_i$  19,7  $t_r$  19,8
 $t_i - t_u$  21,0  $\Delta p$  -10
 $\Delta I$  0,65  $\Delta t$  0,8
 $v$  0 m/s

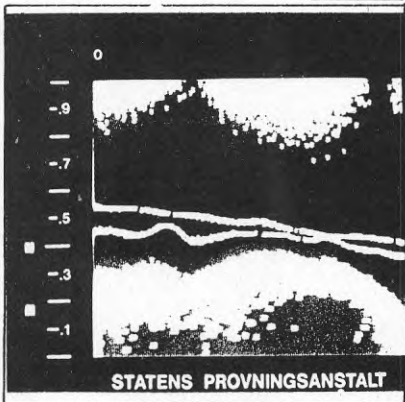
- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID ANSLUTNING YTTERVÄGG - VINDBEÄLKLAG.
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( % )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( % )
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÅGE \_\_\_\_\_ ( % )

 Hus/loft SOVRUM (ÖV)
TILLUFTSVENTIL

 P E
 $t_u$  -1,3  $t_i$  18,8  $t_r$  18,8
 $t_i - t_u$  20,1  $\Delta p$  -10
 $\Delta I$  4,6  $\Delta t$  6,7
 $v$  4,0 m/s KRING
TILLUFTSDON.


- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( % )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( % )
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÅGE VÄGG - TILLUFTSVENTIL (LOKALT %)

 Hus/loft SOVRUM (ÖV)
GOLVVINKEL

 P F
 $t_u$  -1,3  $t_i$  18,8  $t_r$  18,9
 $t_i - t_u$  20,1  $\Delta p$  -10
 $\Delta I$  2,2  $\Delta t$  3,0
 $v$  0,2-0,8 m/s 70%
GÄLLER BÅDA SOVRUMMEN (8,7m<sup>2</sup>)


- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( % )
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( % )
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÅGE MELLANBEÄLKLAG - YTTERVÄGG ( 70 % )



OBJEKT HUS 12 TÄBY

BILAGA 217

GRÅTONSBILD NR 7

ISOTERMBILD NR 7

Rapport nr. \_\_\_\_\_



~~100~~ BAD

KANALJONKLÄDNAD

P 6

$t_u$  -1,3,  $t_i$  20,4,  $t_r$  20,3

$t_i - t_u$  21,7  $\Delta p$  -10

$\Delta I$  3,2  $\Delta t$  4,2

v 0m/s

- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_
- NEDKYLDA YTPARTIER VID JONKLÄDNAD AV VVS-INSTALLATION ( 50 %)
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( %)
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÅGE \_\_\_\_\_ ( %)

GRÅTONSBILD NR \_\_\_\_\_

ISOTERMBILD NR \_\_\_\_\_

Hus/lgh \_\_\_\_\_

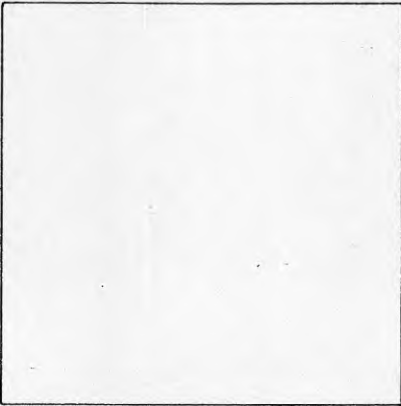
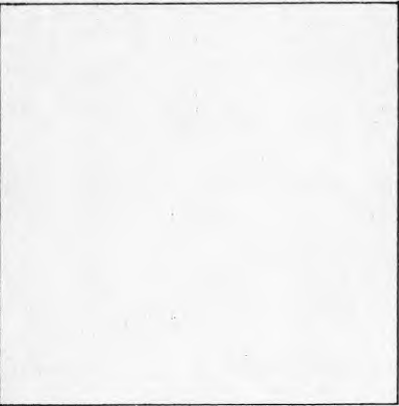
P \_\_\_\_\_

$t_u$  \_\_\_\_\_  $t_i$  \_\_\_\_\_  $t_r$  \_\_\_\_\_

$t_i - t_u$  \_\_\_\_\_  $\Delta p$  \_\_\_\_\_

$\Delta I$  \_\_\_\_\_  $\Delta t$  \_\_\_\_\_

v \_\_\_\_\_



- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( %)
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( %)
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÅGE \_\_\_\_\_ ( %)

GRÅTONSBILD NR \_\_\_\_\_

ISOTERMBILD NR \_\_\_\_\_

Hus/lgh \_\_\_\_\_

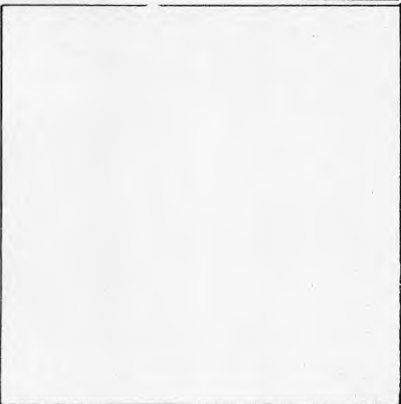
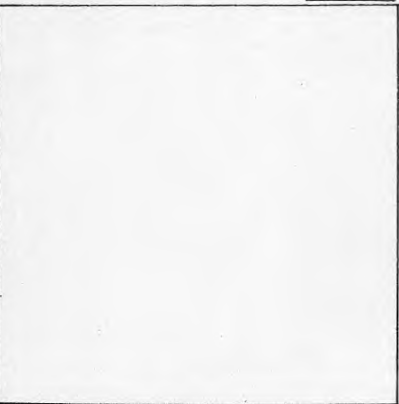
P \_\_\_\_\_

$t_u$  \_\_\_\_\_  $t_i$  \_\_\_\_\_  $t_r$  \_\_\_\_\_

$t_i - t_u$  \_\_\_\_\_  $\Delta p$  \_\_\_\_\_

$\Delta I$  \_\_\_\_\_  $\Delta t$  \_\_\_\_\_

v \_\_\_\_\_



- FÖRVÄNTAD-JÄMN TEMP.FÖRDELNING HOS YTPARTI VID \_\_\_\_\_
- NEDKYLDA YTPARTIER VID \_\_\_\_\_ ( %)
- NEDKYLDA YTPARTIER VID ANSLUTNING MELLAN YTTERVÄGG \_\_\_\_\_ ( %)
- LUFTLÄCKAGE GENOM OTÄT FOG MELLAN KARM-VÄGG OCH KARM-BÅGE \_\_\_\_\_ ( %)

Uppmätta totala frånluftsflöden i april 1985  
(m<sup>3</sup>/h). Mätfel ±8%

| Hus         | Bortaläge | Hemmaläge | Maxläge |
|-------------|-----------|-----------|---------|
| Projekterat | 35        | 70        | 120     |
| 1           | 94        | 122       | 127     |
| 2           | 94        | 122       | 132     |
| 3           | 106       | 137       | 141     |
| 4           | 94        | 117       | 122     |
| 5           | 94        | 117       | 127     |
| 6           | 94        | 127       | 132     |
| 7           | 94        | 117       | 122     |
| 8           | 100       | 132       | 137     |
| 9           | 106       | 137       | 141     |
| 10          | 94        | 122       | 132     |
| 11          | 100       | 132       | 137     |
| 12          | 94        | 117       | 122     |
| 13          | 94        | 117       | 127     |
| 14          | 94        | 122       | 132     |
| 15          | 94        | 117       | 127     |
| 16          | 100       | 127       | 137     |
| 17          | 100       | 132       | 141     |
| 18          | 100       | 137       | 146     |

Uppmätta totala frånluftsflöden i oktober 1985  
(m<sup>3</sup>/h). Mätfel ±8%

| Hus         | Bortaläge | Hemmaläge | Maxläge |
|-------------|-----------|-----------|---------|
| Projekterat | 35        | 70        | 120     |
| 1           | 35        | 85        | 120     |
| 2           | 35        | 85        | 120     |
| 3           | 45        | 95        | 125     |
| 4           | 50        | 130       | 195     |
| 5           | 35        | 85        | 120     |
| 6           | 35        | 95        | 130     |
| 7           | 50        | 120       | 185     |
| 8           | 45        | 95        | 120     |
| 9           | 35        | 95        | 130     |
| 10          | 35        | 95        | 125     |
| 11          | 50        | 115       | 160     |
| 12          | 45        | 95        | 125     |
| 13          | 35        | 95        | 125     |
| 14          | 0         | 65        | 85      |
| 15          | 35        | 85        | 110     |
| 16          | 50        | 95        | 125     |
| 17          | 35        | 90        | 120     |
| 18          | 35        | 90        | 120     |

Uppmätta totala frånluftsflöden i december 1985  
(m<sup>3</sup>/h). Mätfel ±8%

| Hus                             | Bortaläge | Hemmaläge | Maxläge |
|---------------------------------|-----------|-----------|---------|
| Projekterat                     | 35        | 70        | 120     |
| 4                               | 35        | 85        | 120     |
| 7                               | 35        | 85        | 120     |
| 11                              | 35        | 85        | 120     |
| 14                              | 35        | 85        | 120     |
| Medelvärde<br>för alla<br>husen | 35        | 90        | 125     |

Uppmätt årlig drifttid för fläktar (timmar och %) under 1986.

| Fläktinställning |    | Borta      | Hemma      | Max        | Totalt      |
|------------------|----|------------|------------|------------|-------------|
| Hus              | 1  | 2042<br>24 | 5380<br>62 | 1241<br>14 | 8663<br>100 |
|                  | 2  | 227<br>3   | 5066<br>58 | 3471<br>40 | 8765<br>100 |
|                  | 3  | 112<br>1   | 6640<br>76 | 1949<br>22 | 8701<br>100 |
|                  | 4  | 251<br>3   | 8290<br>95 | 146<br>2   | 8687<br>100 |
|                  | 5  | 9<br>0     | 8312<br>96 | 296<br>3   | 8618<br>100 |
|                  | 6  | 2610<br>30 | 6100<br>70 | 41<br>0    | 8751<br>100 |
|                  | 7  | 0<br>0     | 0<br>0     | 0<br>0     | 1<br>1      |
|                  | 8  | 0<br>0     | 8312<br>96 | 378<br>4   | 8691<br>100 |
|                  | 9  | -<br>-     | -<br>-     | -<br>-     | -<br>-      |
|                  | 10 | 0<br>0     | 0<br>0     | 0<br>0     | 1<br>1      |
|                  | 11 | 3202<br>37 | 5429<br>62 | 136<br>2   | 8768<br>100 |
|                  | 12 | 0<br>0     | 7509<br>86 | 1192<br>14 | 8702<br>100 |
|                  | 13 | 132<br>2   | 8498<br>97 | 106<br>1   | 8736<br>100 |
|                  | 14 | 3129<br>36 | 5343<br>61 | 282<br>3   | 8755<br>100 |
|                  | 15 | 778<br>9   | 7133<br>82 | 807<br>9   | 8720<br>100 |
|                  | 16 | 3803<br>43 | 1262<br>14 | 3702<br>42 | 8768<br>100 |
|                  | 17 | 0<br>0     | 0<br>0     | 0<br>0     | 1<br>1      |
|                  | 18 | 1336<br>15 | 5230<br>60 | 2173<br>25 | 8740<br>100 |

Uppmätta fläktdrifttider för 14 hus, månadsmedelvärde under 1986, timmar.

| Månad | Borta  | Hemma  | Max    |
|-------|--------|--------|--------|
| 1     | 134.11 | 558.62 | 38.91  |
| 2     | 156.95 | 493.35 | 27.18  |
| 3     | 160.90 | 545.59 | 38.14  |
| 4     | 102.28 | 555.30 | 61.47  |
| 5     | 66.41  | 566.48 | 110.66 |
| 6     | 38.66  | 486.80 | 195.81 |
| 7     | 74.16  | 437.86 | 223.84 |
| 8     | 78.20  | 496.57 | 174.05 |
| 9     | 81.01  | 544.41 | 102.45 |
| 10    | 94.56  | 568.25 | 73.93  |
| 11    | 117.42 | 550.50 | 48.51  |
| 12    | 154.72 | 518.06 | 42.23  |
| ----- |        |        |        |
|       | 1259   | 6321   | 1137   |

Uppmätta fläktdrifttider för 14 hus, månadsmedelvärde under 1986, %.

| Månad | Borta | Hemma | Max  |
|-------|-------|-------|------|
| 1     | 0.18  | 0.76  | 0.05 |
| 2     | 0.23  | 0.73  | 0.04 |
| 3     | 0.22  | 0.73  | 0.05 |
| 4     | 0.14  | 0.77  | 0.09 |
| 5     | 0.09  | 0.76  | 0.15 |
| 6     | 0.05  | 0.67  | 0.27 |
| 7     | 0.10  | 0.60  | 0.30 |
| 8     | 0.10  | 0.66  | 0.23 |
| 9     | 0.11  | 0.75  | 0.14 |
| 10    | 0.13  | 0.77  | 0.10 |
| 11    | 0.16  | 0.77  | 0.07 |
| 12    | 0.22  | 0.72  | 0.06 |
| ----- |       |       |      |
|       | 0.14  | 0.73  | 0.13 |

Medelventilation för 14 hus, under 1986

| Månad | m <sup>3</sup> /h | oms/h |
|-------|-------------------|-------|
| 1     | 82.93             | 0.35  |
| 2     | 79.97             | 0.34  |
| 3     | 81.14             | 0.35  |
| 4     | 86.11             | 0.37  |
| 5     | 90.88             | 0.39  |
| 6     | 96.58             | 0.41  |
| 7     | 95.09             | 0.41  |
| 8     | 92.67             | 0.40  |
| 9     | 89.46             | 0.38  |
| 10    | 87.31             | 0.37  |
| 11    | 84.41             | 0.36  |
| 12    | 81.36             | 0.35  |
| ----- |                   |       |
|       | 87.33             | 0.37  |



## UNDERLAG FÖR JÄMFÖRELSEKALKYL

Robert Roos  
ARNE JOHNSON Ingenjörbyrå AB

UNDERLAG FÖR KOSTNADSKALKYL

Följande sidor sammanfattar i ord de olika konstruktionslösningar som följer:

- \* SBN 80
- \* ELAK
- \* Praxis hösten 83
- \* Lättbygg -85

I bilaga 1-6 visas i bild principerna för de olika konstruktionslösningarna.

SBN 80, ELAK OCH LÄTTBYGG

Krav enligt SBN 80 och ELAK samt värden för Lättbygg 85 framgår av följande tabell.

|               | SBN<br>zon III | ELAK    | Lättbygg -85 |
|---------------|----------------|---------|--------------|
| Yttervägg     | K= 0.30        | 0.17    | 0.13         |
| vindsbjälklag | 0.20           | 0.12    | 0.11         |
| golvbjälklag  | 0.30           | 0.20    | 0.11         |
| ventilation   | självdreg      | VP, FTX | frånluft     |
| uppvärmning   | vattenburen    | direkte | direkte      |

PRAXIS HÖSTEN -83

En mindre undersökning av husfabrikanternas praxis har utförts. En entydig praxis efter vilken husfabrikerna arbetar är dock svår att ge, då många företag försöker specialisera sig på olika områden.

### Konstruktion

En övergång sker från korslagd regelkonstruktion av massivt konstruktionsvirke, till olika typer av lättregelsystem. Detta för att på ett ekonomiskt sätt öka isoleringen och minska köldbryggorna.

### Isolerstandard

Det sker en snabb utveckling för att uppnå ELAK enl. ovan. Fortfarande byggs dock hus enligt den "praxis" som gällde hösten -83. Dessa hus har genomgående bättre K-värden än vad SBN kräver, med undantag av hus gjorda för sydligaste Sverige. Följande värden är uppfattade medelvärden:

\* V ä g g  $k = 0.25$

\* G o l v  $k = 0.23$

\* T a k  $k = 0.17$

### Uppvärmning

De två dominerande metoderna är direktverkande elradiatorer och vattenburen elvärme. Metoderna verkar förekomma lika ofta. Som praxis väljs därför vattenburen elvärme.

### Ventilation

Husfabrikerna erbjuder en mängd olika alternativ. Från enkla mekaniska frånluftssystem till mycket avancerade datorstyrda värmepumpsvarianter. Det som tydligen är mest populärt i vårt fall med vattenburen elvärme är ett frånluftstilluftssystem med värmepump.

### Vatteninstallationer

I och med valet av ventilation med värmepump och uppvärmning med vattenburen elvärme kommer tappvarmvattnet att värmas i en kombinationspanna med ovannämnda funktioner. Vad gäller planering av rördragningar har husfabrikerna sedan lång tid försökt minimera dessa. Min uppfattning är att skillnaden i

kostnad mellan ett "praxis" hus och Lättbygg -85 är marginell. Blandare och annan liknande utrustning är likvärdiga de som används i Lättbygg -85.

#### Hushållsutrustning

Husköparen kan oftast välja ur någon tillverkares katalog, en tillverkare som husfabriken har ett avtal med. Det mest vanliga är dock att husköparen väljer den standardutrustning som husfabriken rekommenderar och fått ett extra bra pris på. Vad gäller storlek, antal och kapacitet på maskinerna är de likvärdiga med de i Lättbygg -85.

#### Sammanfattning

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Konstruktion:         | Korslagd regelkonstruktion av massivt konstruktionsvirke                        |
| Isolerstandard:       | Vägg k = 0.25<br>Tak k = 0.17<br>Golv k = 0.23                                  |
| Uppvärmning:          | Vattenburen elvärme   |
| Ventilation:          | Frånluft - tilluftssystem med värmepump   |
| Vatteninstallationer: | Tappvarmvatten från kombinationspanna.<br>Rördragningar likvärdiga Lättbygg -85 |
| Hushållsutrustning:   | Standardutrustning enligt tillverkare.<br>Omfattning enligt Lättbygg -85        |



**ARNE JOHNSON**  
Ingenjörbyrå ab

ARENDE

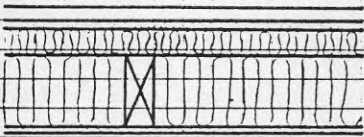
" ALTERNATIV - VÄGGAR

ARB.NR

DATUM

SIDA  
BIL  
1

SIGN.

SBN  $k = 0.30$ 

STÄENDE TRÄPANEL

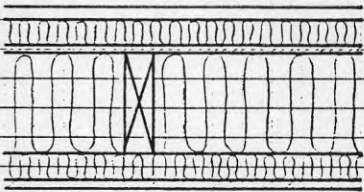
13 ASFABOARD

45 MIN.ULL (45x45 LIGGANDE)

120 MIN.ULL (45x120 STÄENDE)

0.2 ÅNGSPÄRR

13 GIPSSKIVA

ELAK  $k = 0.17$ 

STÄENDE TRÄPANEL

45 MIN.ULL (45x45 LIGGANDE)

13 ASFABOARD

170 MIN.ULL (45x170 STÄENDE)

0.2 ÅNGSPÄRR

45 MIN.ULL (45x45 LIGGANDE)

13 GIPSSKIVA

PRAXIS  $k = 0.25$ 

STÄENDE TRÄPANEL

13 ASFABOARD

45 MIN.ULL (45x45 LIGGANDE)

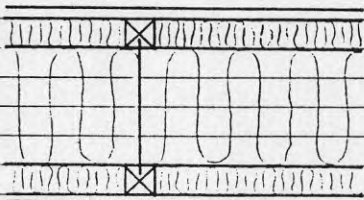
145 MIN.ULL (45x145 STÄENDE)

0.2 ÅNGSPÄRR

13 GIPSSKIVA

" LÄTTBYGG -85  $k = 0.13$ 

OBS! C 1200 REGELAVST.



MASONITE PANELSKIVA

300 MIN.ULL MELLAN

MASONITE LÄTTREGEL 300 mm

C 1200 mm

0.2 ÅNGSPÄRR

MASONITE BYGGBOARD 9.2 mm



**ARNE JOHNSON**  
Ingenjörbyrå ab

ARENDE

ALTERNATIV- BJÄLKLÄG

ARB.NR

DATUM

SIDA

BIL  
2

SIGN.

RR

SBN  $k = 0.30$

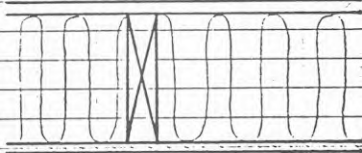


22 SPÄNSKIVA

145 MIN.ULL (45 x 145)

13 ASFAGÅRD

ELAK  $k = 0.20$



22 SPÄNSKIVA

220 MIN.ULL (45 x 220)

13 ASFAGÅRD.

PRAXIS  $k = 0.23$

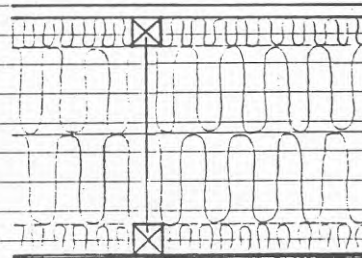


22 SPÄNSKIVA

195 ISOLERING (45 x 195)

13 ASFAGÅRD

LÄTTBYGG-85  $k = 0.11$



22 SPÄNSKIVA

400 MIN.ULL

(LÄTTBALK  $n = 400 \text{ mm}$ )

D. 11



**ARNE JOHNSON**  
Ingenjörbyrå ab

ARENDE

ALTERNATIV - TAK

SIDA

BK-

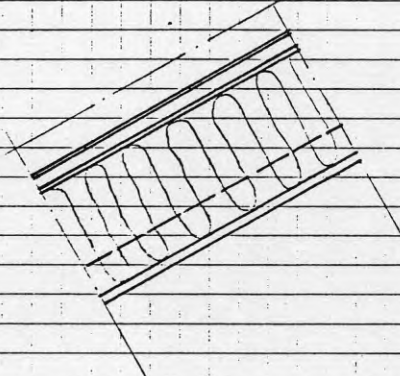
3

ARB.NR

DATUM

SIGN.

RR

SBN  $k = 0.20$ 

4.5 MASONITE (K35)

LUFTSPALT

13 ASFABOARD

200 MIN. ULL

45 x 195 HÖGBEN

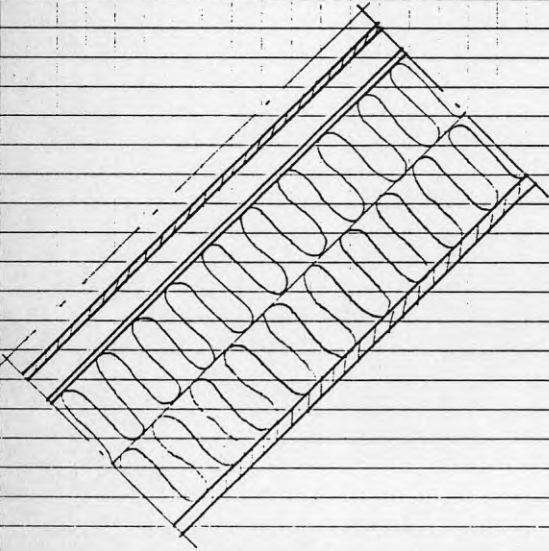
50 x 45 PÅSÄLNING

0.2 PLASTFOLIE

22 SPÄNSKIVA

ELAK  $k = 0.12$ 

FÖR ATT UPPNÅ DETTA VÄRDE MED NEON-  
STÄNDE KONSTRUKTION KRÄVS EN OMFÖR-  
DELNING AV ISOLERINGEN FRÅN SHEDTAKET  
TILL VINDSGJÄLKLAGET.



MASONITE TAKLOCKA

45 LUFTSPALT

3.2 BOARD

150 MIN. ULL

150 MIN. ULL

MASONITE H 350 HG 30

0.2 PLASTFOLIE

22 SPÄNSKIVA



ARNE JOHNSON  
Ingenjörbyrå ab

ÄRENDE

ALTERNATIV - TAK

ARB.NR

DATUM

SIDA

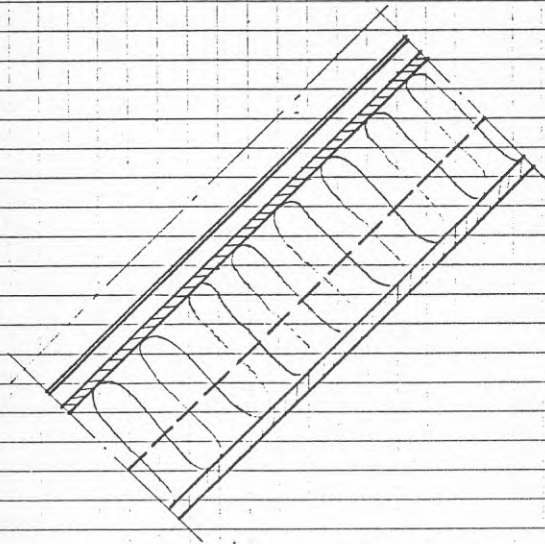
BIL

5

SIGN.

RR

PRAXIS  $k = 0.17$



45 MASONITE (K 35)

LUFTSPALT

13 ASFABOARD

240 MIN.ULL

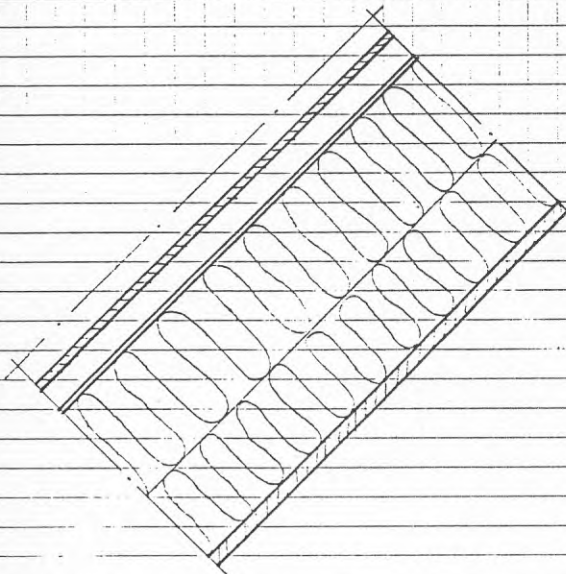
45 x 195 HÖGBEN

45 x 95 PÅSÄLNING

0.2 PLASTFOLIE

22 SPÄNSKIVA

LÄTTBYGG - 85  $k = 0.11$



MASONITE TAKLUCKA

45 LUFTSPALT

3.2 BOARD

195 MIN.ULL

160 MIN.ULL

MASONITE H 400 MB 30

0.2 PLASTFOLIE

22 TAKELEMENT





**ARNE JOHNSON**  
Ingenjörbyrå ab

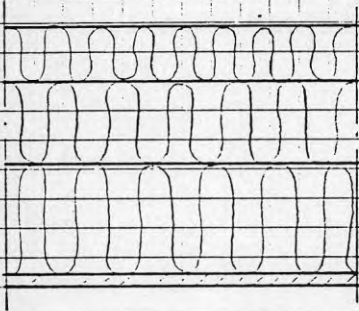
ARENDE ALTERNATIV-TAK  
KOMPLEMENT.

SIDA  
BIL  
6  
SIGN.  
RR

ARB.NR

DATUM

ELAK VINDSBJÄLKLAG  $k = 0.10$



95 MIN.ULL

120 MIN.ULL

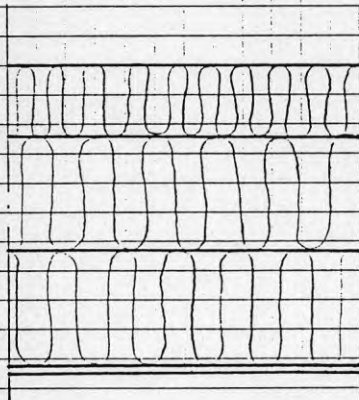
HANDBJÄLKE 45x195 c 1200

195 MIN.ULL

0.2 PLASTFOLIE

22 SPÅNSKIIVA

LÄTTBYGG -85 VINDSBJÄLKLAG  $k = 0.08$



120 MIN.ULL

195 MIN.ULL

HANDBJÄLKE 45x195 c 1200

195 MIN.ULL

0.2 PLASTFOLIE

22 TAKELEMENT



**JÄMFÖRELSEKALKYL**

Sune Andersson  
Beräkningskonsulter AB

| POS | BYGGDEL / ÅTGÄRD  | k r o n o r |          |          | LÄTTBYGG<br>85 |
|-----|---|-------------|----------|----------|----------------|
|     |   | SBN         | PRAXIS   | ELAK     |                |
| 1.  | Grundläggning inklusive<br>bottenbjälklag ( 76 m <sup>2</sup> ) |             |          |          |                |
|     | Platta på mark  | (35.500)    |          |          |                |
|     | Schakt.Plintar.Balkar   | 15.600      |          |          |                |
|     | Isolering   | 4.900       |          |          |                |
|     | Övrig konstruktion  | 15.000      |          |          |                |
|     | Torpargrund   | (47.600)    | (49.500) | (49.700) |                |
|     | Schakt.Plintar.Balkar   | 32.500      | 32.500   | 32.500   | -              |
|     | Isolering   | 2.300       | 3.000    | 3.300    | -              |
|     | Övrig konstruktion  | 12.800      | 14.000   | 13.900   | -              |
|     | Torpargrund förenklad   |             |          |          | (36.300)       |
|     | Schakt.Plintar.Balkar   |             |          |          | 11.600         |
|     | Övrig konstruktion  |             |          |          | 24.700         |
| 2.  | Ytterväggar ( 121 m <sup>2</sup> )                              | (38.000)    | (39.000) | (43.800) | (37.300)       |
|     | Reglar  | 5.900       | 6.300    | 8.600    |                |
|     | Isolering   | 5.100       | 5.700    | 8.200    |                |
|     | Övrigt  | 27.000      | 27.000   | 27.000   |                |
| 3.  | Yttertak ( 155 m <sup>2</sup> )                                 | 33.200      | 34.800   | 36.800   | 30.500         |

| POS | BYGGDEL / ÅTGÄRD                                  | k r o n o r |        |                             | LÄTTBYGG<br>85 |
|-----|---|-------------|--------|-----------------------------|----------------|
|     |   | SBN         | PRAXIS | ELAK                        |                |
| 4.  | Fönster ( 11 st )                                 |             |        |                             |                |
|     | 3-glas öppn.bara                                  | 10.000      | 10.000 | 10.000                      | -              |
|     | 4-glas (fasta i bv.)                              | -           | -      | -                           | 11.000         |
|     | 3-glas lågemissionstypalternativ<br>(fasta i bv.) | -           | -      | -                           | 11.500         |
| 5.  | Köksmaskiner enligt specification                 | 8.000       | 10.000 | 10.000                      | 8.500          |
| 6.  | Uppvärmning                                       |             |        |                             |                |
|     | Vattenburen EL exkl panna                         | 6.300       | 6.300  | -                           | -              |
|     | Direktverkande EL , radiatorer<br>, takvärme      | -           | -      | 2.900                       | 2.900          |
|     |   | -           | -      | -                           | 4.600          |
| 7.  | Ventilation                                       |             |        |                             |                |
|     | Frånluft via köksfläkt                            | 7.000       | -      | -                           | -              |
|     | Frånluft via köksfläkt, serie                     | -           | -      | -                           | 7.700          |
|     | Frånluft via köksfläkt, parallell                 | -           | -      | -                           | 8.200          |
|     | FTX   | -           | 18.000 | 18.000                      | -              |
|     | FT - värmepump (FVP)                              | -           | 30.000 | <del>30.000</del><br>32.000 | -              |
| 8.  | Vatteninstallation                                |             |        |                             |                |
|     | <del>El</del><br><del>Kombinations</del> panna    | 11.000      | 11.000 | -                           | -              |
|     | VVB 300 1   | 4.100       | 4.100  | 4.100                       | -              |
|     | VVB 200 1   | -           | -      | -                           | 3.600          |

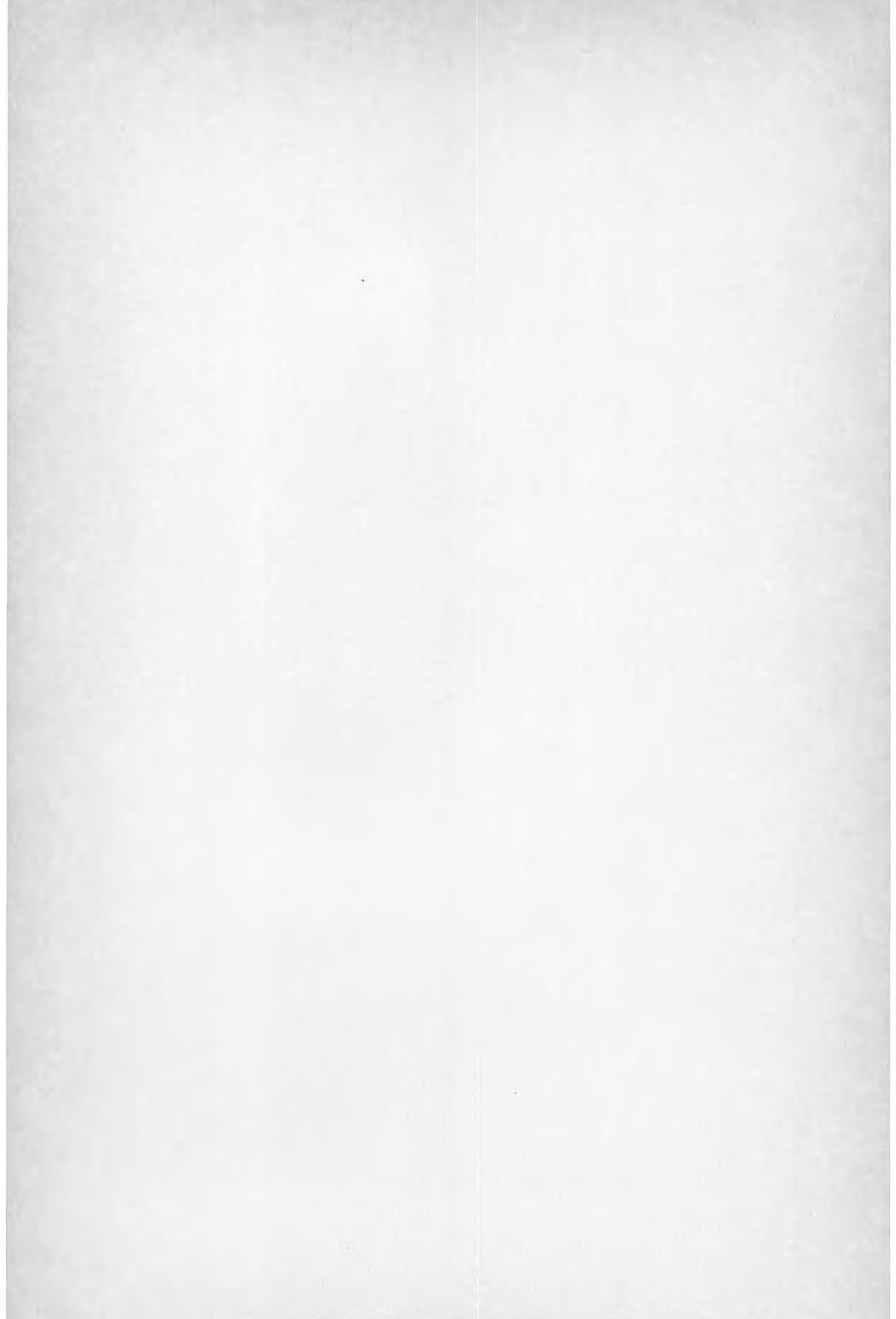
1. Kostnader har endast redovisats för konstruktionsdelar där LÄTTBYGG 85 innebär ett nytänkande.
2. LÄTTBYGG:S kostnader har jämförts för hus med identiskt samma planlösning som Lättbygg men som är byggda enligt tidigare känd teknik:
  - "SBN" = hus byggt helt enligt SBN
  - "PRAXIS" = har byggt enligt praxis (innebär i regel bättre isolering än SBN anger)
  - "ELAK" = hus byggt enligt hitintills kända energibesparande åtgärder

Till kalkylen för resp byggdel bifogas ritning på förutsatt konstruktion för resp hustyp.
3. Angivna detaljpriser avser entreprenadpriser d v s med avdrag för rabatter och årsavtal
4. Angivna kostnader avser att redovisa faktiska kostnadsskillnader. Kostnader som bedömes lika har därför ej medtagits till alla delar
  - Gäller t ex - arbetsledning
  - maskiner
  - bodar
  - ställningar
  - provisorier
5. Följande kostnader har ej medräknats
  - moms
  - olika proj kostnader
  - ränta
  - tomt
  - anslutningsavgifter etc

6. Gränsdragning för medräknad kostnad avseende "grundläggning"
- Golvytskikt ingår ej i priserna
  - Isol. utanför kantbalk har medräknats
  - Avtagning matjord eller vegetationstäck har ej medräknats
  - Planschakt
    - för platta på mark djup = 40 cmOBS! sprängning har ej medräknats
  - för torpargrund har endast räknats avjämnning av schaktbot-  
ten
  - Detaljschakter m m för plintar m m har medräknats
  - OBS! Ingen pålning har medräknats
  - Dränering har medräknats
  - Ledningar
    - Vid torpargrund
    - "upphängning" + isolering
    - Vid platta på mark
    - gravschakt + återfyllning
7. Gränsdragning för medräknad kostnad avseende "ytterväggar"
- Målning eller tapetsering har medräknats på båda sidor om den kompletta konstruktionen.
8. Gränsdragning för medräknade kostnader avseende "yttertak" resp vindsbjälklag
- Takpannor och plåtdetaljer ingår ej
9. Fönster
- Efterbeslag ingår. Dock ingår ej fönsterbleck, drevning, täck-  
lister etc.









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820025-8  
resp 841105-0 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Arne Johnson Ingenjörbyrå AB Stockholm  
resp Statens provningsanstalt, Borås.**

**R41: 1989**

**ISBN 91-540-5046-4**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6709041**

**Abonnemangsgrupp:  
Z. Konstruktioner och material**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst,  
171 88 Solna**

**Cirka pris: 73 kr exkl moms**