



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

R31:1984

**Lågenergihus — nuläge och
forskningsbehov**

Gudni Johannessen

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac <i>ser</i>

*K
Odn*

Byggeforskningsrådet

R31:1984

LAGENERGIHUS - NULÄGE OCH FORSKNINGBEHOV

Gudni Johannesson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810990-1
från Statens råd för byggnadsforskning till institutionen
för Byggnadsteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund

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

R31:1984

ISBN 91-540-4093-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

FÖRORD

Rapporten, som här presenteras, är dels resultat från en inventering av den pågående lågenergihusforskningen inom landet dels resultat från diskussioner och arbete inom en referensgrupp, där följande personer har deltagit:

Claes Bankvall, Statens Provvningsanstalt, ordförande

Armand Björkman, Arkitektur/Formlära, Chalmers Tekniska Högskola

Johan Claesson, Institutionen för byggnadsteknik, Lunds Tekniska Högskola

Stig Hammarsten, Statens institut för byggnadsforskning

Engelbrekt Isfält, Institutionen för uppvärmning och ventilation, Kungliga Tekniska Högskolan

Bertil Pettersson, Statens råd för byggnadsforskning

Lars Sundbom, Statens råd för byggnadsforskning

Sören Wiklund, Skånska Cementgjuteriet

samt undertecknad

Under projektets slutskede har professor Lars Erik Nevander övertagit min roll som projektledare.

Till dessa samt alla de som har bidragit med information till projektet riktar jag ett stort tack för det stimulerande samarbetet.

Gudni Johannesson

INNEHALLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	7
2	KONSTRUKTION OCH DIMENSIONERING AV LÄGENERGIHUS.	9
2.1	Byggnadens värmebalans.	9
2.1.1	Förluster och tillskott	9
2.2	Åtgärder för reducerat energibehov - en översikt	11
2.2.1	Reduktion av förluster.	11
2.2.2	Utnyttjande av tillskotten.	13
2.3	Byggnaden som system. Samverkan mellan olika energisparåtgärder	16
3	GENOMGÅNG AV OLIKA TEKNISKA LÖSNINGAR	17
3.1	Byggnadsdelar	17
3.1.1	Värmeisolering.	17
3.1.2	Täthet.	21
3.1.3	Fönster	23
3.2	Installationer och byggnadsutformning	25
3.2.1	Solvärme.	25
3.2.1.1	Aktiva solfångare	25
3.2.1.2	Passiva och hybrida solvärmesystem.	27
3.2.1.3	Glasad veranda.	27
3.2.1.4	Trombväggen	29
3.2.2	Värmeåtervinning.	29
3.2.2.1	Frånluftsventilerade kryprum.	33
3.2.2.2	Dynamisk isolering.	33
3.2.2.3	Värmeåtervinning ur avlopp	33
3.2.3	Värmepumpen	35
3.2.4	Värmelagring.	39
3.2.4.1	Värmelagring i stommen.	39
3.2.4.2	Saltlager	39
3.2.5	Värmedistribution	40
3.2.5.1	Vattenburen värme	40
3.2.5.2	Elvärme	40
3.2.5.3	Luftburna system.	41
3.2.6	Styr- och reglersystem.	41
3.2.6.1	Mikrodatorbaserade system	41
3.2.6.2	Termostatventiler	43
3.2.6.3	Nattsänkning - tidsstyrning	43
3.2.7	Energislag.	48
3.2.8	Vattensnåla system.	48
4	LÄGENERGIHUSFORSKNING - DATAINSAMLING	51
4.1	Nuläge.	51
4.2	Förslag till fortsättning	52
5	FORTSATT FORSKNING OCH UTVECKLING	53
5.1	Inledning	53
5.2	Forskningsområden	53
5.2.1	Värmeisoleringsfunktionen i ett låg- energihus	53
5.2.2	Täthet - ventilation - energiförbruk- ning.	53
5.2.3	Samverkan mellan komponent, system, byggnad och boende.	54

5.2.4	Komponenter i lågenergisystem	54
5.2.5	Mikrodatorbaserade styr- och övervak- ningssystem	56
5.3	Forskningsmetodik	56
5.4	Fortsatt arbete	59
6	PROJEKTLISTA.	61
7	DATABLANKETT FÖR LÅGENERGIHUS	67
8	BEARBETNING AV BLANKETTSVAR	75
	LITTERATUR.	77

1 INLEDNING

I denna skrift är meningen att ge en översikt av forskning rörande energibesparande komponenter och system i en- och flerbostadshus.

Inom olika områden är avsikten att försöka bli a visa på forskningsresultat som föreligger samt indikera behov av vidare arbeten.

Arbetet är baserat dels på insamlade data från 59 projekt, dels på den litteratur som refereras och dels på synpunkter som har kommit fram i den referensgrupp som bildades inom projektet.

Denna sammanställning av aktuella forsknings- och utvecklingsprojekt kring lågenergihus tar inte i första hand upp sådana som försökt utveckla en byggnadsutformning i ett energisnålt samhälle. Många av de faktorer som påverkar samhällets energiförbrukning löses redan i stadsplanen, varför egentligen hela samhällsstrukturen skulle behöva studeras och eventuellt förändras.

Behovet av en förändrad syn kan även gälla boendet, där boendevanor, klädsel m m mer än i dag skulle kunna följa dygnets, vädrets och årstidernas växlingar. Kort sagt ett boende som skulle kunna vara enklare och mera måttfullt än i dag.

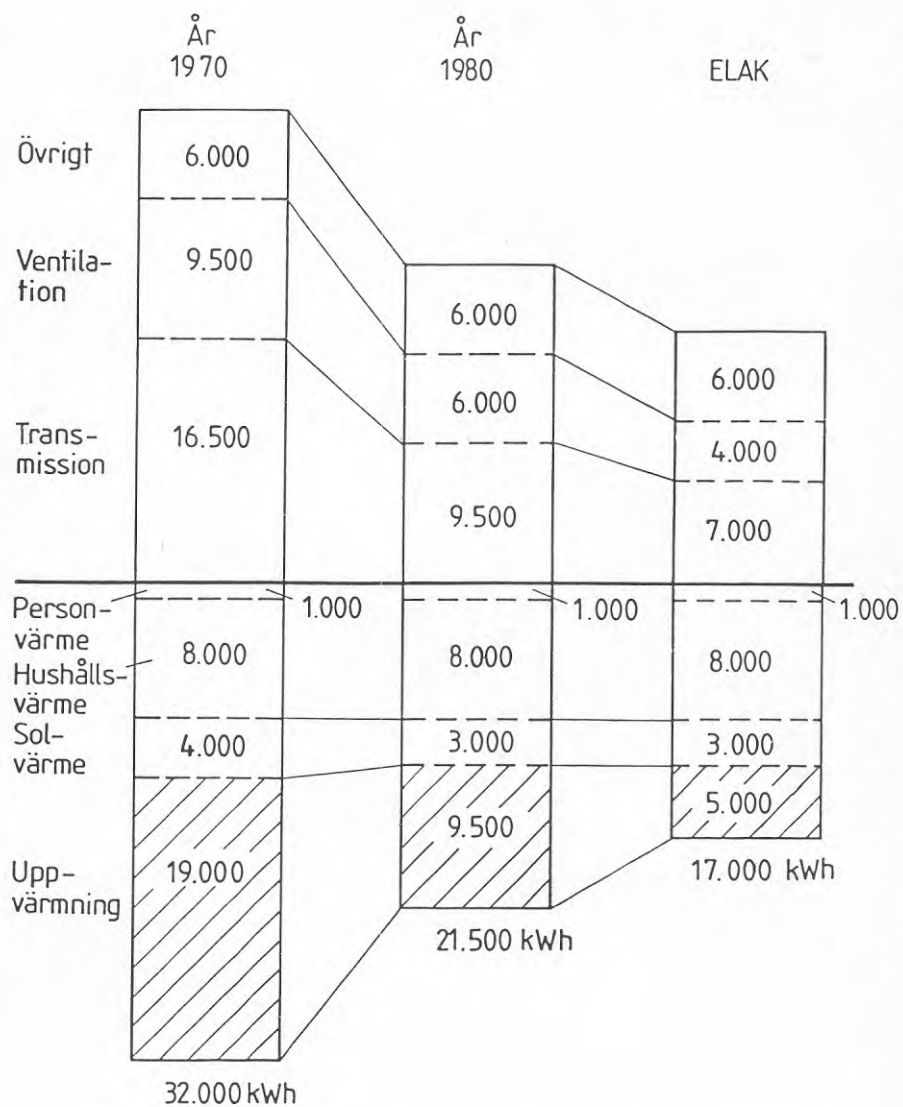
Frågan är bara om vi alla är mogna för dessa förändringar. En sådan attitydförändring skapas inte över en natt, men möjligen under några årtionden av fortsatt pressat ekonomiskt och energisnålt klimat.

Trots dessa svårigheter bör varje lågenergihusprojekt börja med att byggnadsutformningen, anpassad till de lokala förutsättningarna, görs så energisnål som möjligt bli a genom att göra välplanerade och ytsnåla planlösningar, välutnyttjade rumsytor och genom dubbelutnyttjande av kommunikationsytor. Därefter kan lämpliga tekniska system läggas till och integreras med byggnaden.

Behovet av köpt energi för en byggnad kan reduceras genom att minska värmeförlusterna från huset, aktivt planera för att de interna värmetillskotten som ej betingas av uppvärmningsbehovet kommer detta till godo men också genom att alstra värme på ett alternativt och billigare sätt.

För att minimera kostnaderna för uppvärmning krävs att man för varje separat åtgärd beaktar kapitalkostnader, kostnader för drift och underhåll och jämför dessa med besparingen p g a minskad energiförbrukning.

Även om en enskild åtgärd på detta sätt ter sig lönsam bör man observera att varje lönsamhetskalkyl måste utgå ifrån bestämt utgångsläge. Lönsamheten kan därför ej beräknas en gång för alla för varje enskild åtgärd applicerad på ett visst system.



Figur 2.1 Årliga värmebalanser för ett enbostadshus (125 m^2) med olika energibehov. Johansson et al 1983.

2 KONSTRUKTION OCH DIMENSIONERING AV LÅGENERGIHUS

Begreppet "Lågenergihus" är tämligen relativt. Ett hus är ett lågenergihus om det förbrukar avsevärt mindre energi än om det hade konstruerats enligt rådande normer och traditioner. I figuren bredvid visas utvecklingen i småhus fram till denna dag. Enligt dagsläget torde den beräkningsmässiga energiförbrukningen inklusive hus-hållsel i ett lågenergihus om 120 m² ligga kring 10 000 kWh/år i ett Stockholmsklimat.

För att skapa sig en riktig bild av vilka energibesparingar som åstadkommes genom olika åtgärder måste man skaffa sig kunskaper om energibalansen i byggnaden i sin helhet. I detta kapitel är det avsikten att ge en översikt över olika energiflöden i byggnaden och de komponenter som påverkar dessa och hur byggnaden fungerar som ett system i detta avseende.

2.1 Byggnadens värmebalans

2.1.1 Förluster och tillskott

För att upprätthålla en konstant inomhustemperatur måste tillskotten av värmeenergi vara lika med förlusterna.

Nedan ges en översikt över de förluster och tillskott av energi som normalt kan förekomma i bostadshus.

Förluster

Transmission genom ytterkonstruktionens väggar, tak, fönster och grund

Ventilationsförluster

Förluster via avlopp

Förluster från rörledningar utanför isolerhöljet

Förluster till värmelager

Tillskott

Tillförd köpt energi för uppvärmning

Tillförd köpt energi för varmvattenberedning

Tillförd energi för att driva fläktar och pumpar

Tillförd energi från värmelager

Tillförd energi från personer

Tillförd energi för belysning

Tillförd energi för att driva hushållsapparater

Tillförd energi från alternativa energikällor som t ex solfångare och energiöverföring i värmepumpsystem

Solinstrålning genom fönster

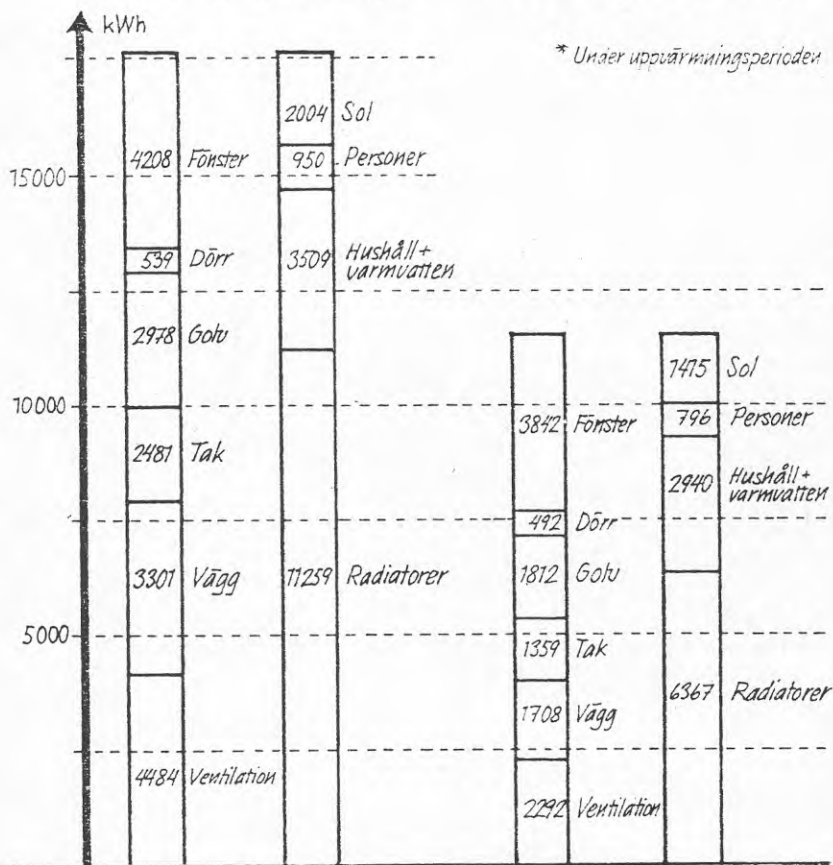
ENPLANSHUS PRIMÄR BRUKSAREA 115 m²

SBN 1980

Uppvärmningsperiod 267 dygn
 Transmissions och ventilations-
 förluster 17691 kWh/år*
 Radiatorenergi 11259 kWh/år

ENERGISNÄLT

Uppvärmningsperiod 224 dygn
 Transmissions och ventilations-
 förluster 11507 kWh/år*
 Radiatorenergi 6367 kWh/år



Figur 2.2 Energibalans under uppvärmningsperioden för Stockholms normalår, Munther (1982).

2.2 Åtgärder för reducerat energibehov - en översikt

Med energibehov avses behovet av köpt energi. Det kan reduceras antingen genom att minska förlusterna eller genom att bättre utnyttja den "gratisenergi" som står till buds.

2.2.1 Reduktion av förluster

Nedan sammanfattas olika metoder för reduktion av förlusterna. I denna uppräknin g görs inga bedömningar av lönsamhet eller hygieniska och byggnadsfysikaliska problem som kan uppstå.

Transmissionsförluster genom ytterkonstruktioner kan i första hand reduceras genom förbättrad isolergrad. Det innebär ökad isolertjocklek i konstruktionerna men också att köldbryggor i konstruktionen minimeras och luftströmning i konstruktionen förhindras. Här spelar såväl arbetsutförande som konstruktiva åtgärder en stor roll.

Transmissionsförlusterna genom en konstruktion står i proportion till temperaturskillnaden över denna. På insidan bör man därför hålla en så låg temperatur som möjligt genom reglering och tidsstyrning. På utsidan kan den genomsnittliga yttemperaturen höjas genom att påverka värmeövergångsförhållandena t ex med val av ytskikt, vindavskärmning och glasade ytor.

Eftersom transmissionsförlusterna står i proportion till omslutningsytornas storlek kan dessa minimeras i den arkitektoniska utformningen. Den geometriska konfiguration som ger mest volym per omslutningsyta är sfären, men den konfiguration som ger mest våningsyta per omslutningsyta är kuben.

Transmissionsförluster genom fönster reduceras genom att öka glasdelens värmemotstånd. Med ökat antal glas ökar antalet luftspalter mellan glaset. Värmeöverföringen över en luftspalt mellan två glas består av konvektion och strålning. Strålningsöverföringen kan reduceras genom att glasytorna förses med värmereflekterande beläggning och konvektionen kan reduceras genom att luften mellan glaset ersätts med en tyngre gas, eller ett genomskinligt isoleringsmaterial. Likaså kan transmissionsförlusterna nedbringas genom att sänka temperaturskillnaden och minimera ytorna p s s som för övriga konstruktioner. Speciellt viktigt är att minimera andelen karm och båge i fönsteröppningen. Köldbryggeeffekterna i fönstersmygar minimeras genom värmetekniskt riktig design men också genom att minimera den totala längden fönstersmygar per den glasade ytan. Det innebär få stora kvadratiska fönster. Fönsterluckor eller annan typ av isolering kan anbringas mot fönstret nattetid och under dagtid då dagsljus inte behövs.

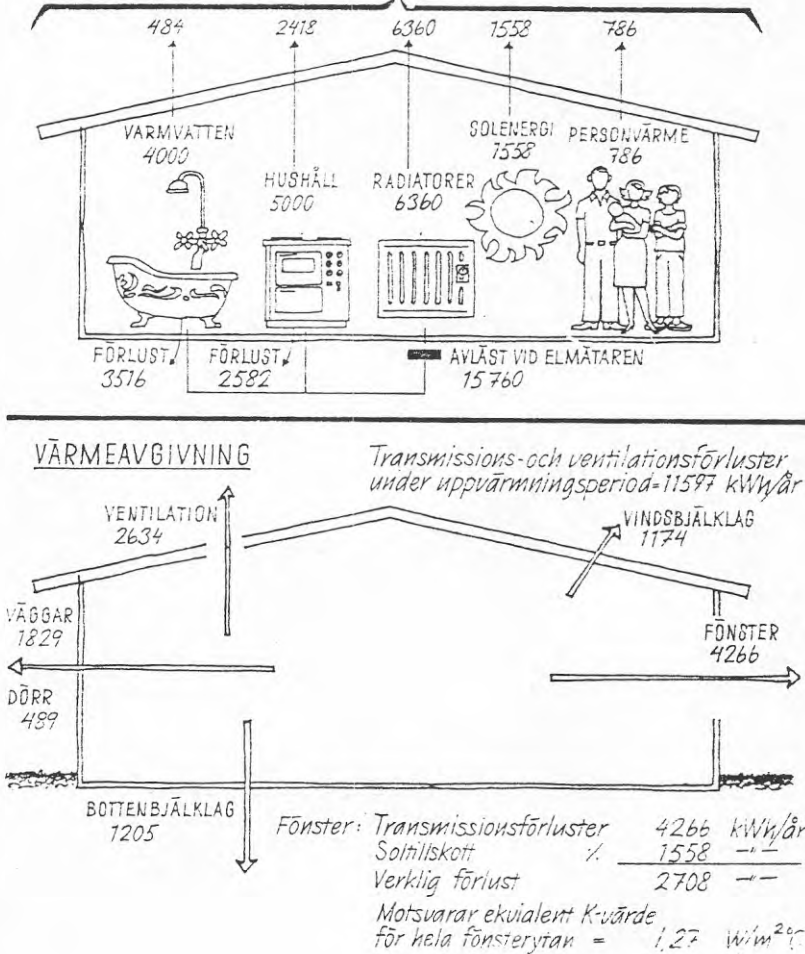
Ventilationsförlusterna optimeras i första hand genom att styra ventilationen mot det önskade värdet både i tid och rum. En nödvändig förutsättning är att husets hölje är tätt så att ventilationen kan styras via mekaniska fläktar, tilluftsdon o s v. Vidare kan orsaker till okontrollerad vädring begränsas genom möjlighet till tidsbegränsade intensiva punktutsug i kök och badrum samt genom planlösning och materialval som motverkar övertemperatur i byggnaden.

Den ventilation som man har i bostäder åstadkommes för att hålla fukt, lukt och koldioxidhalten inom vissa gränser. Genom att låta dessa storheter styra ventilationen skulle denna kunna reduceras

ENERGITILLFÖRSEL

HUS NR 29 DIREKTELVÄRME
TVÅPLANSHUS, pBRA 130 m²

Tillgodogjord energi = 11 606 kWh/år



Figur 2.3 Energibalans för Stockholms normalår. Energitillförsel avser hela kanlenderåret, varvid fläktenergi 400 kWh/år har lagts till totalt elbehov avläst vid elmätaren. Värmeavgivning och tillgodogjord energi för uppvärmning avser endast uppvärmningsperioden. Munther (1982).

avsevärt i vissa fall. Ventilationen kan även styras i tiden med hänsyn till brukarvanor.

Med hjälp av värmeväxlare kan värme överföras från frånluft till tilluft. Den temperatursänkning på frånluften som erhålls blir därvid ett mått på besparingen.

Genom att låta frånluften passera en förångare till en värmepump kan värmeinnehållet återvinnas för t ex beredning av tappvarmvatten, uppvärmning av golvslingor eller förvärmning av tilluft.

Genom att låta tilluften passera genom isolerade ytterkonstruktioner bidrar transmissionsförlusterna till förvärmning av tilluften. Detta kallas motflödesprincipen. En variant av motflödesprincipen är att dra in tilluften via en trappuppgång i flerfamiljshus.

Det motsatta förfarandet som kallas för medflödesprincipen är när en ytterkonstruktion genomströmmas av varm frånluft. En del av frånluftens värmeinnehåll återvinns därmed för att ge minskade transmissionsförluster. Exempel på det kan t ex vara frånluftsventilerad kryprumsgrund, s k varmgrund.

Ju lägre temperatur som inomhusluften i genomsnitt håller desto mindre blir ventilationsförlusterna. Temperaturskillnaden kan också minskas genom att låta solen förvärma ventilationsluften i en luftburen glasad solfångare, ventilerad luftspalt, glasveranda eller vid en vindskyddad söderfasad.

Förlusterna via avlopp uppstår p g a temperaturskillnaden mellan det inkommande kallvattnet och avloppsvattnet. En besparing uppnås genom lägre temperatur på tappvarmvattnet och minskat volymflöde. Det senare uppnås genom snålspolande tappställen och toaletter och medvetna brukare.

Värmen i avloppsvattnet kan återvinnas t ex via en värmepump eller genom att låta det passera en slinga i grunden. Värme kan också återvinnas genom att värma inkommande kallvatten.

Varmvattenbehållare och rörledningar utanför isolerhöljet bör undvikas i möjligaste mån men i övrigt kan förlusterna reduceras med ökad isolering. Energialstrande apparater bör också ligga så placerade att apparatvärmen kommer husets uppvärmning tillgodo.

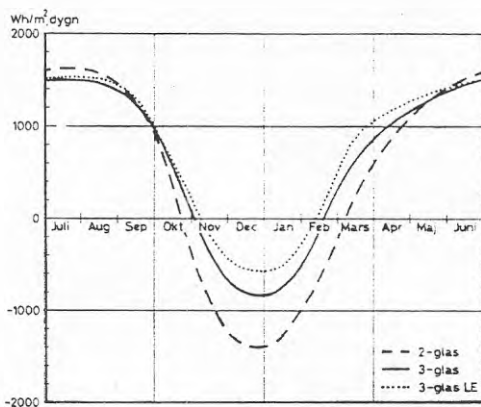
2.2.2 Utnyttjande av tillskotten

Den energi som krävs för uppvärmning av byggnaden kan tillföras på många olika sätt. Det kan vara vattenburen värme från fjärrvärmnätet eller en egen panna som drivs med olja, el eller fasta bränslen. Det kan vara direktverkande el eller direktverkande eldstäder för fasta bränslen i rummen.

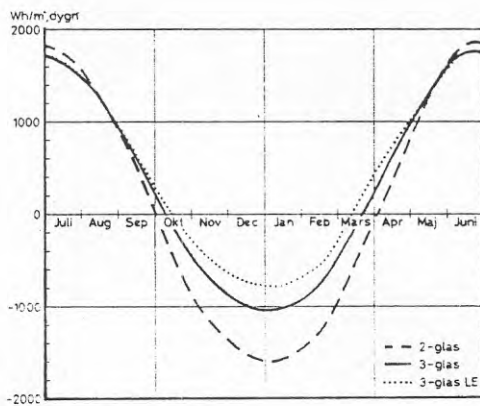
Vilken uppvärmningsform som än väljs så måste kraven på styrbarhet, reglerbarhet och komfort beaktas för att en god energiekonomi skall erhållas.

Med styrbarhet avses de möjligheter som finns att styra den totala energitillförseln och variera den i rum och tid beroende på behovet.

Med reglerbarhet avses möjligheten att hålla en i tiden konstant



Figur 2.4a Energibalans för ett södvänt oskuggat fönster i Stockholm. LE avser lågemitterande beläggning.



Figur 2.4b Energibalans för ett öst- eller västvänt oskuggat fönster i Stockholm.

inomhustemperatur vid varierande belastning.

Med komfort avses att uppvärmningen anordnas för att motverka strålningdrag från fönster, kallras, höga lufthastigheter och dylikt som för de boende kan vålla obehag som de försöker motverka med högre inomhustemperatur.

Även om de energitillskott som ej betingas av uppvärmningsbehovet i vanliga fall klassas som gratisvärme utgör dessa i vissa fall köpt energi. Detta gäller för belysning, fläktar och pumpar och hushållsmaskiner. Även om dessa till slut tillförs byggnadens uppvärmning finns det flera skäl att hushålla med dessa poster. För det första går hela förbrukningen förlorad under den del av året då uppvärmningsbehov ej föreligger. För det andra kan energin vara dyrare än den som används direkt för uppvärmning och för det tredje är sådana värmeöverskott ofta begränsade i tid och rum och kan därför ge upphov till tillfälliga värmeöverskott som måste ventileras bort.

Solen utgör en alternativ värmekälla. För att maximera solinstrålningen skall

fönstren orienteras åt söder i möjligaste mån

skärmning av fönstren minimeras

fönstrens transmission för kortvägig strålning skall vara så hög som möjligt

För att i möjligaste mån tillgodogöra sig solinstrålningen för uppvärmning måste

- de boendes obehag av den direkta solinstrålningen minimeras
- en effektiv utjämning av klimatet föreligger. Denna kan inom byggnaden uppnås med god luftcirkulation och värmeledning mellan olika rum och i tiden genom hög värmekapacitet främst i de absorberande rumsytorna. Denna värmekapacitet kan uppnås genom val av byggnadsmaterial, saltlager eller vattenbehållare m m.

En solfångare i sitt enklaste utförande är en mörk yta bakom vilken ett värmeförande medium strömmar. Den solstrålning som absorberas i ytan går delvis åt för uppvärmning av det värmeförande mediet och avges delvis från ytan till omgivningen. Värmeförlusterna till omgivningen kan reduceras antingen genom att minska temperaturskillnaden, d v s hålla en lägre arbetstemperatur på det värmeförande mediet eller genom att isolera ytan med ett eller flera glas. I det senare fallet reduceras också den absorberande solstrålningen p g a reflektion och absorption i glasytorna.

För värmepumpen gäller att hitta en värmekälla med tillräckligt värmeinnehåll och en så hög temperatur som möjligt samtidigt som det värmebärande mediet skall hålla en så låg temperatur som möjligt.

Sammanfattningsvis kan det sägas att ju lägre framledningstemperatur det behövs desto gynnsammare blir det med värmepumpar och solfångare.

2.3 Byggnaden som system. Samverkan mellan olika energisparåtgärder

I den lista över åtgärder för reducerat energibehov som finns i avsnitt 2.2 finns det åtgärder som står i direkt motsatsförhållande; i vissa fall när det gäller den resulterande lönsamheten. Dessutom begränsar komfort- och funktionskrav åtgärdsomöjligheterna.

Med varje energibesparande åtgärd förkortas eldningsssäsongen och därmed besparingspotentialen för de åtgärder som kommer efter. Om installationer införs, som producerar energi till ett marginellt lägre pris, som t ex värmepump eller solfångare, påverkar det naturligtvis också vad en kWh sparad genom byggnadstekniska åtgärder får kosta.

Söderfönster ger ett positivt värmetillskott under vår och höst som kan uppväga det negativa utbytet under de kallaste vintermånaderna. Genom ökad fönsteryta åt söder ökar effektbehovet under de kallaste vintermånaderna när elströmmen är dyrast nationalekonomiskt sett och då förutsättningarna är ogynnsamma för att hämta värme från jord, solceller och uteluft. För att reducera värmetransmissionen vintertid genom fönsterytorna kan man antingen öka antalet glas eller öka glasdelens värmemotstånd genom att lägga en värme-reflekterande beläggning på ytorna. I båda fallen påverkas transmissionsen för kortvågig strålning negativt.

För utjämning av tillfälliga värmeöverskott är det fördelaktigt med hög värmekapacitet i rumsytorna. Samtidigt försvåras all styrning av rumstemperaturen vilket betyder att intermitterent uppvärmning försvåras.

I detta kapitel behandlas olika komponenter för energibesparing i byggnader. I de olika avsnitten har det varit avsikten att få en samlad uppfattning om forskningens status. Det innebär att svar har sökts till bl a följande frågor.

Vilka parametrar är nödvändiga för att beskriva lösningens prestanda?

Vilka randvillkor bestämmer komponentens eller lösningens funktion i energibesparande syfte?

Vilka drift- och underhållsproblem kan förekomma?
Ställs krav på brukarens kunskaper och beteende?

Vad vet man om åldring och livslängd?

I vilka tillämpningar kan lösningens eller komponentens lönsamhet anses vara tillfredsställande?
Finns speciella negativa effekter?

Hur går åtgärden att genomföra praktiskt med hänsyn till normalt arbetsutförande och löpande produktion?

Vilka forskningsresultat föreligger?

Vilka forskningsarbeten är på gång?

Behövs det mer forskning? Finns det specifika forskningsprojekt som kan föreslås?

Det är naturligtvis så att det inte går att hitta meningsfulla svar till alla dessa frågor för alla typer av åtgärder. De kan dock utgöra en checklista för läsaren vid en kritisk genomgång av följande kapitel. Beträffande frågorna om vilka forskningsresultat som föreligger och vilka forskningsarbeten som är på gång hänvisas till listan över lågenergihusprojekt och klassificeringen av referenserna.

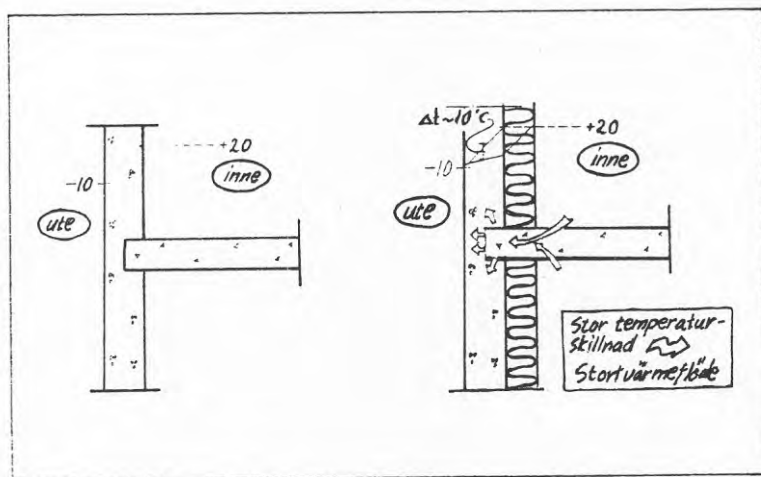
3.1 Byggnadsdelar

3.1.1 Värmeisolering

Ett materials värmeisolerande förmåga beskrivs med värmekonduktiviteten λ , W/mK. Värmekonduktiviteter för olika byggnadsmaterial finns angivna i SBN 1980. De värden som där anges är s k praktiskt tillämpbara värmeledningstal. De är baserade på den värmekonduktivitet som har uppmätts med standardiserade metoder i laboratorier under vissa noggrant specificerade förhållanden. På det värdet gör man sedan påslag för inverkan av fukt, luftrörelser och brister i arbetsutförandet, som förväntas förekomma under fältmässiga förhållanden. Dessa påslag varierar mellan olika material. För högvärdiga isolermaterial såsom mineralull är påslagen så höga som 20-30%.

En konstruktions värmeisolerande förmåga beskrivs med värmemotståndet m , m^2K/W , eller k -värdet k , W/m^2K . I SBN 1980 ges räkneregler för konstruktioner som består av plana, parallella, homogena skikt och konstruktioner som innehåller inhomogena skikt där värmekonduktiviteten för skiktets olika delar inte skiljer mer än 1:4. I kommentarer ges även tumregler för köldbryggor vid hörn och anslutningar.

Det är i första hand temperaturskillnaden över en värmeisolerad



Figur 3.1 Köldbryggor utgör en betydande del i värmeförlusterna och ger lokal temperatursänkning på innerytorna. Värmeisolering, täthet, ventilation, 1982.

konstruktion som avgör den årliga transmissionsförlusten. Konstruktionens värmemotstånd varierar dock med medeltemperaturen i konstruktionen, fukthalt i konstruktionen och vindförhållanden om konstruktionen är känslig för anblåsningseffekter p g a brister i arbetsutförandet. Värmeövergångsförhållande vid konstruktionens begränsningsytor kan i verkligheten variera avsevärt.

I ett hus med välisolerade ytterkonstruktioner kan inomhustemperaturen hållas lägre med bibehållen komfort. Eldningssäsongen blir kortare i och med att behovet av tillsatsvärme upphör tidigare på våren och infaller senare på hösten. Antalet graddagar för en viss ort är därför ett ofullkomligt medel för att bestämma energiförbrukningen i relation till olika isolergrader, eftersom antalet graddagar beror av isolergraden och byggnadens egenskaper i övrigt.

Kostnad för underhåll av en värmeisolerad konstruktion kan för vissa konstruktionstyper öka med ökad isolergrad speciellt om risk för skador på utvändiga ytskikt ökar med försämrade uttorkning. För kraftig isolering av grund kan medföra risk för tjälskador.

Vissa isolermaterial visar krympning och sprickbildning efter montering, med försämrade isolerförmåga som följd. Detta tas hänsyn till när praktiskt tillämpbara värmeledningstal bestäms.

Värmeisoleringens livslängd kan antas vara av samma storleksordning som byggnadens i övrigt.

Att det är lönsamt att isolera byggnader råder det ingen tvekan om. För att bestämma den s k ekonomiska isolertjockleken, vid vilken totalkostnaden minimeras, finns det matematiska samband som relaterar denna tjocklek till det specifika värmebehovet eller antalet graddagar, energipris, investeringskostnad, ränta och underhållskostnad. En svaghet i dessa enkla samband är att isolergraden påverkar förutsättningarna, som ovan nämnts, samtidigt som man inte tar hänsyn till att ökad investering i isolering kan innebära ett billigare system för värmeproduktion och värmedistribution. Det krävs därför att man betraktar hela byggnaden som system för att uppnå en rättvis jämförelse mellan olika besparingsåtgärder.

Forskningen kring värmeisolering kan delas upp i forskning kring isolermaterialens egenskaper, konstruktionens värmeisolerande funktion och värmeisoleringens funktion i byggnadens totala system.

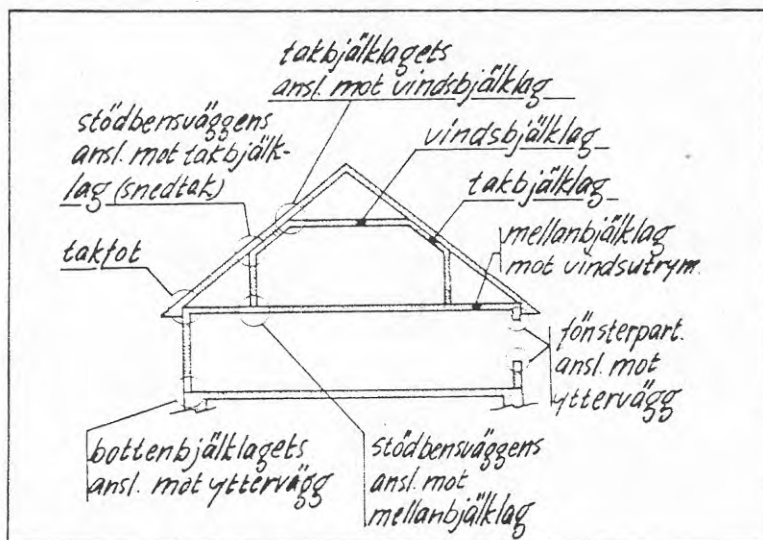
När det gäller materialegenskaper så behöver man nu ta fram praktiskt tillämpbara värmekonduktiviteter för energibehovsberäkningar, där man försöker hitta de värden som gäller i medel. Detta för att kunna göra en mer rättvis jämförelse mellan värmeisolering och andra energibesparande åtgärder.

Köldbryggorna utgör fortfarande problem som är i många fall svåra att hantera p g a brist på ett enkelt bedömningsunderlag.

Beständighet i konstruktioner som t ex hos isolering i mark borde undersökas.

För byggnaden som system finns nu framtagen en beräkningsmetod, BKL-metoden, som utgår ifrån månadsvisa värmebalanser vilket möjliggör en totaloptimering. Se Adamson (1982).

Experimentella resultat som visar effekterna av ökad isolering är



Figur 3.2 Känsliga punkter när klimatskalet skall tätas. Värmeisolerings, täthet, ventilation 1982.

något diffusa av naturliga skäl eftersom transmissionsförlusterna utgör en relativt mindre post i en byggnad med välisolerade ytterkonstruktioner. Mätningar på välisolerade hus visar betydelsen av effektiv reglering av tillförd värmeeffekt. För tilläggsisolering visar högskoleundersökningen att störst energibesparing får man om radiatorerna samtidigt förses med termostatventiler.

Samspelet mellan isoleringsgrad och kostnad för värmeanläggning har Wolgast (1982) redovisat för sitt eget hus. Huset är försett med extra tjock isolering; fyra glas, utvändig markisolering, värmeväxlare och är omsorgsfullt tätat. Effektbehovet kan därmed klaras med hjälp av 3 st 300 W elradiatorer som anslutes medelst stickkontakt och en liten vedkamin.

3.1.2 Täthet

Det mått på byggnaders täthet som idag används är läckflödet vid 50 Pa övertryck, undertryck eller medelvärdet av dessa.

Det som är intressant ur energisynpunkt är den ofrivilliga ventilation som uppstår under normala driftförhållanden, d v s under inverkan av temperaturskillnad, vind och ventilationssystem.

Sambandet mellan ovan nämnda storheter har man försökt att göra en teoretisk modell av och det finns mer eller mindre väl underbyggda tumregler som används inom branschen.

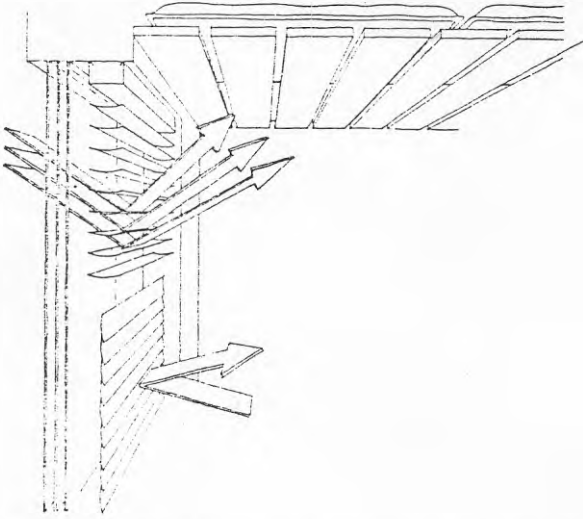
För självdragsventilerade hus har ökad täthet energimässig betydelse till den gräns då läckflödet är lika med önskad luftomsättning vid ett högt naturligt förekommande tryckfall över klimathöljet. En förbättrad täthet kring fönster och dörrar kan öka den relativa fuktigheten och därmed risken för fuktskador. Med riktigt inställda till- och frånluftsdon är dock ökad täthet alltid av godo.

Samma sak gäller för frånluftsventilerade byggnader, men här ligger hela klimathöljet med undertryck på insidan när byggnadens täthet uppnår en viss nivå. All inströmmande luft är då avsedd ventilation oavsett om den kommer genom tillluftsdon eller otätheter.

För byggnader med balanserad från- och tilluft utgör allt luftutbyte genom otätheter i höljet ett tillskott till den avsedda ventilationsmängden och därmed en extra energiförlust.

Svensson (1981) reodvisar en undersökning gjord i 31 olika småhus i Skellefteå, där man jämför frånluftsventilerade hus med i övrigt likadana hus med balanserad ventilation. Han konstaterar att med öppna tilluftsventiler blir undertrycket i de frånluftsventilerade husen endast 2 Pa, vilket bör ha liten stabiliserande verkan. Den skillnad i luftomsättning, ca 0.1 oms/h, som har konstaterats, menar han, att till större del hänförs sig till att folk i frånluftsventilerade hus känner obehag av drag och stänger därför tilluftsventilerna.

Livslängden för den typ av plastfolie som idag används som ångspärr och lufttätning håller på att undersökas. Det är med all sannolikhet större än 30 år, men hur mycket vet man inte för närvarande. Vissa detaljlösningar såsom tejping av skarvar befaras ha betydligt kortare livslängd.



Figur 3.3 Reflekerande persienn under dag respektive natt enligt Climator AB, Fredlund (1982).

Tättningslister för öppningsbara fönster och dörrar kan förväntas ha en livslängd på mellan fem och tio år beroende på typ och belastning.

Det finns därför anledning att tro att byggnadens täthet försämras med åren och att de värden som uppmättes redan efter uppförandet inte är representativa för hela byggnadens livslängd.

Den forskning och ökad kunskap som efterlyses är fortsatt utveckling av tekniska lösningar som borgar för beständig täthet och att man genom teoretiska och experimentella komponent- och systemstudier belyser sambandet mellan det uppmätta läckflödet vid en viss tryckskillnad och infiltrationen. Vidare att man genom studier av olika ventilationssystem belyser infiltrationens betydelse för energiförbrukningen. I detta sammanhang får fuktproblematiken inte glömmas. Det gäller både täthetens betydelse för den interna fuktbelastningen och huruvida exfiltrationen innebär ökad risk för fuktskador i välisolerade konstruktioner. Grundläggande studier av kopplade konvektiva och diffusa värmeförlopp vid ex- och infiltration i olika typer av otätheter skulle kunna belysa den verkliga energiförlusten när hänsyn har tagits till den värmeväxling som sker mot transmissionsförlusterna.

Olika system för tätning bör värderas produktionstekniskt och även tätningens utbytbarhet om den skulle försämrats med åren.

Speciellt bör man fortsätta forskningen kring livslängden hos de material som husen idag tätas med och samtidigt stimulera framtagning av lösningar som bygger på alternativa material.

3.1.3 Fönster

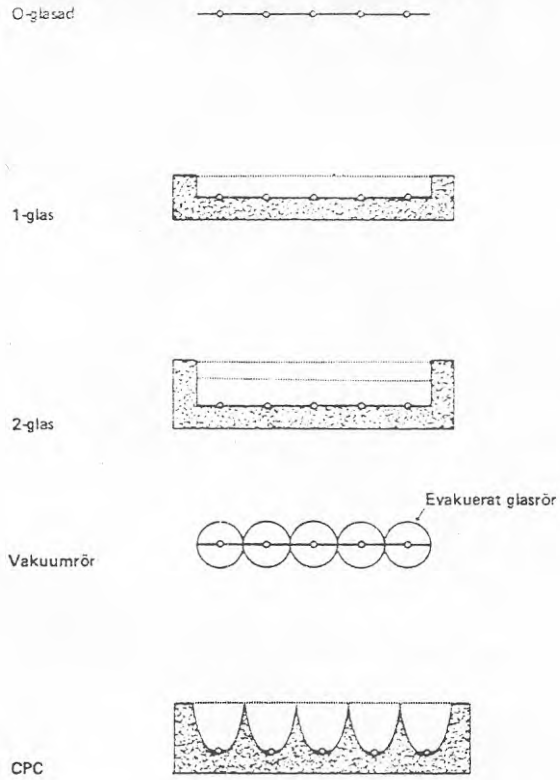
Vid marknadsföring av fönster är det endast fönstrets mörker-k-värde och i viss mån fönstrets täthet som framförs. För att kunna beskriva fönstrets värmebalans måste man veta hur k-värdet fördelas på glasdel respektive karm och båge. Vidare måste man veta transmissionsegenskaperna för solinstrålning. Dessa brukar anges i relation till transmissionsegenskaperna för ett normalt tvåglasfönster.

Energiutbytet genom ett fönster under en eldningssäsong är inte enbart beroende av mörker-k-värdet. För vissa typer av fönster på marknaden sker reduktionen av mörker-k-värdet på bekostnad av transmissionsegenskaperna för kortvägig strålning i en sådan grad att nettoutbytet för ett söderfönster försämras. Hur detta påverkar den årliga energiförbrukningen kan inte förutsägas utan att betrakta systemet i sin helhet, d v s undersöka hur stor del av den instrålade energin som bidrar till att minska behovet av tillförd energi och hur stor del som ger upphov till övertemperatur, vilket betyder ökad ventilations- och transmissionsförluster.

När det maximala effektbehovet för uppvärmning av en byggnad beräknas har solinstrålningen ringa betydelse och mörker-k-värdet blir avgörande för fönstrets inverkan.

Transmissionsegenskaperna för solinstrålning försämras vid nedsmutsning.

Belastningen på upphängning av fönster ökar med ökat antal glas.



Figur 3.4 De olika solfångartyperna. Risting (1982).

För hermetiskt slutna isolerrutor har man haft problem med kondens mellan rutorna.

Fönstren måste ges en speciell uppmärksamhet vid design av lågenergi-hus. För att minimera energiförlusterna orienteras de i möjligaste mån åt söder. Detta i sin tur ställer stora krav på planlösning och hela den arkitektoniska utformningen.

Med riktigt placerade utvändiga skärmar kring fönster kan solinstrålningen genom fönster reduceras under sommarhalvåret för att förebygga övertemperaturer och samma effekt kan uppnås med variabla solskydd såsom utvändiga markiser och persienner.

Många forskare har varit frestade att få ett gynnsammare energiutbyte med hjälp av värmeisolerande fönsterluckor som stängs nattetid. Besparingspotentialen är betydande, men det återstår en del produktionstekniska och beteendemässiga problem att övervinna innan denna lösning kan framföras som realistisk.

Funktionen hos lågmissionsskikt i den totala värmebalansen bör belysas ytterligare. Beständigheten hos gasfyllda isolerrutor med låg-emitterande skikt behöver undersökas närmare.

3.2 Installationer och byggnadsutformning

3.2.1 Solvärme

3.2.1.1 Aktiva solfångare

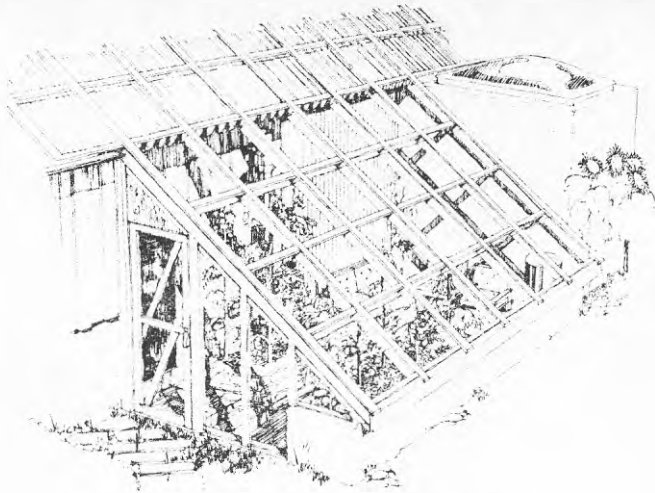
Med aktiva solfångare avses system där det värmeförande mediet drivs mekaniskt genom systemet till skillnad från passiva solfångare där det värmeförande mediet drivs av de temperaturskillnader som uppstår i systemet. Slutsatserna i detta avsnitt avser dock egentligen alla system där man arbetar med speciella solfångarelement.

För solfångare talar man ofta om verkningsgrad, d v s förhållandet mellan producerad energi och instrålad energi mot den solfångande ytan. Denna verkningsgrad är inte enbart en specifik egenskap hos solfångarelementet utan har en stark koppling till systemets driftförhållanden och totala uppbyggnad. Det innebär bl a hur förbrukningen sammanfaller i tiden med solinstrålningen och vilka möjligheter det finns i systemet för att lagra värme mellan olika tidpunkter.

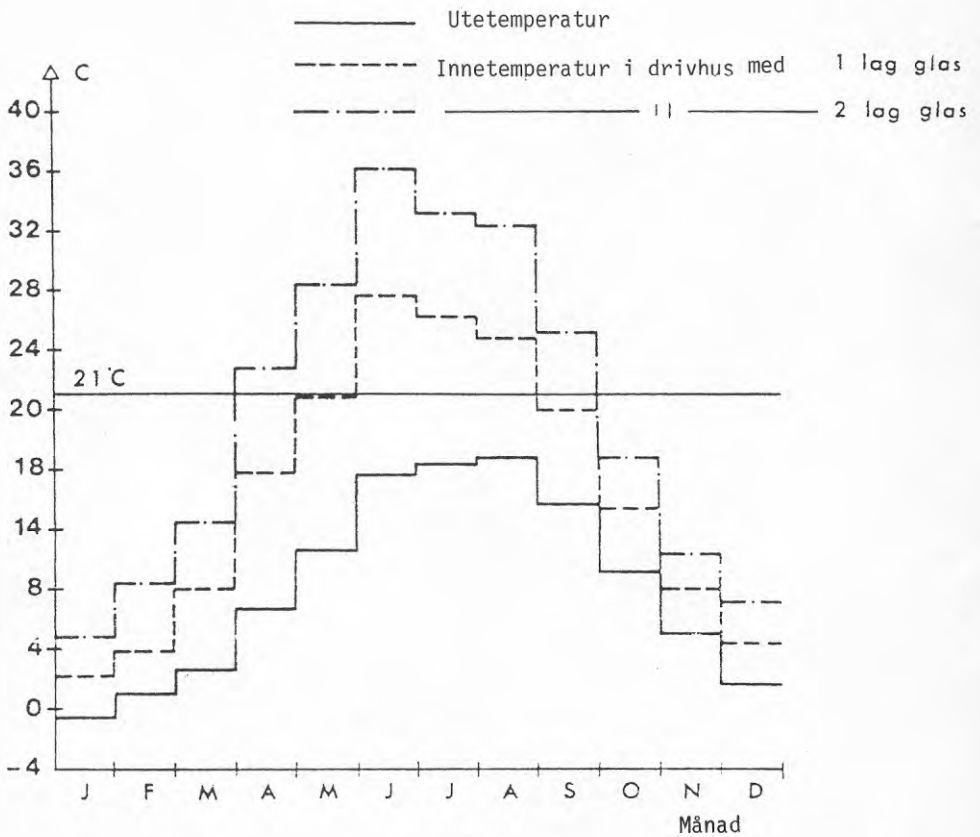
Solfångarsystemet har visat känslighet för tekniska fel som kondensbildning, korrosion och läckage. Dessa orsakar försämrad verkningsgrad, dyrt underhåll och förkortad livslängd. Orsak till problem har i många fall varit att den konventionella VVS-anslutningen kring solfångaren har varit dåligt anpassad. Detta pekar på behovet av funktionskontroll vid start av anläggningar.

Det största hindret för att småskaliga aktiva solfångarsystem, d v s för enstaka hus, kan komma till allmän användning, är det höga anläggningspriset, från 6 kr per kWh och år såväl för tappvarmvatten som för uppvärmning, Risting (1982).

I framtiden måste solfångarelementen och systemen göras både billigare och driftsäkrare. Behov av systemundersökningar och provningar förligger. Utvecklingen är också i hög grad beroende av kost-



Figur 3.5 Glasad veranda. Nordström (1982).



Figur 3.6 Teoretiskt beräknade månadsmedeltemperaturer i drivhus jämfört med utemperaturen. Nielsen (1981).

naden för värmelagring över längre tidsperioder.

3.2.1.2 Passiva och hybrida solvärmesystem

Med hybrida system avses i strikt mening sådana där någon blandning av aktiv och passiv teknik tillämpas. Nedan avses dock mest system där man i möjligaste mån planerar för solvärmens utnyttjande utan särskild anläggning eller extra kostnader jämfört med ett konventionellt system. I sin enklaste form kan det innebära att ventilationsluften tas in i skyddat söderläge eller passerar en luftspalt bakom fasadskikt eller takplåt.

Lösamheten för denna typ av lösningar kan vara bra även om den totala energivinsten är måttlig.

Den erhållna energivinsten är dock ofta svårberäknad. Behandlingen kräver ofta stor räknefärdighet och kunskap om de fysikaliska förloppen. Byggnadsfysikaliska problem kan uppstå i konstruktioner och energibesparing under eldningssäsong kan medföra övertemperaturer i motsvarande mån under högsommaren, om det inte finns omställningsmöjligheter i systemet.

Det finns visserligen datorprogram som t ex TRNSYS, som skulle kunna klara systemanalys av det slaget men ibland har det startats experimentbyggnadsprojekt där designen av systemet bygger på kvalitativa resonemang och utländska förebilder medan dyra omfattande mätningar skall ge storleksordningen på den erhållna energivinsten.

3.2.1.3 Glasad veranda

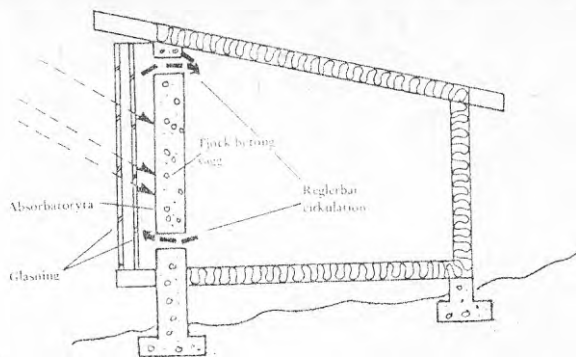
I en rad energibygnadsprojekt har byggnaderna försetts med en glasad veranda eller växthus mot söder. Avsikten är att det inglasade rummet skall uppsamla solenergi och få höjd temperatur jämfört med uteluften. Detta medför att verandan blir behaglig att vistas i under soliga vinterdagar. Tanken är att man på det viset skall uppnå förhöjd boendekvalitet med en relativt liten uppvärmd bostadsyta. En viss energibesparing i själva den uppvärmda byggnaden uppnås också i och med minskade transmissionsförluster genom väggar och fönster mot verandan. I vissa projekt dras ventilationsluften in genom den glasade verandan för att på så sätt förvärma ventilationsluften, t ex Sparsam projektet.

Glasverandor är inte underhållsfria. Kondensbildning förekommer ofta med nedsmutsning av glaset, fuktskador och rostangrepp som följd.

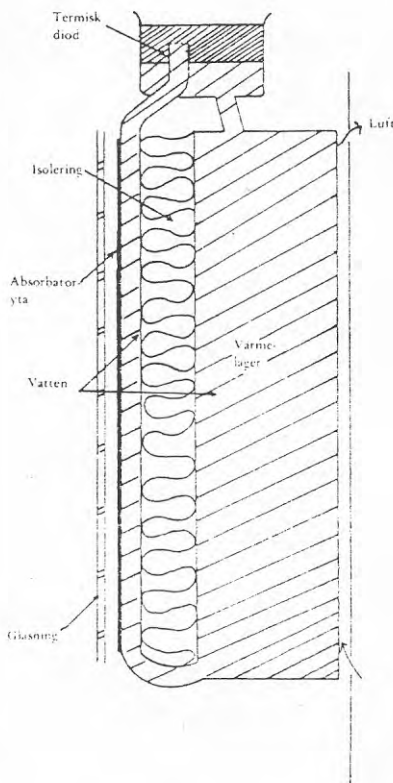
Nielsen (1981) visar med beräkningar för danskt klimat att de minskade transmissionsförlusterna för ett småhus med glasad veranda mot söder motsvarar ett extra glasskikt i husets fönster och att den på det viset uppnådda besparingen på inget sätt motsvarar merkostnaden för verandan.

Den intressanta frågan är därför under hur stor tid av året det upplevs som tilltalande att vistas på glasverandan och hur de boende kommer att utnyttja den i det långa loppet. Det krävs därför att man skaffar kunskaper om klimat och komfort i en glasveranda i svenskt klimat.

För närvarande pågår mätningar på glasade utrymmen i ett antal



Figur 3.7 Solhusen i Odeillo, Frankrike med s k Trombe-Michel solvägg. Under klara dagar tillförs rummen solvärme enligt termosifonprincipen med luftcirkulering på det sätt som anges på bilden. Mot kvällen har betongväggen värmts igenom och fungerar nattetid som radiator. Carlson (1978).



Figur 3.8 Solvägg med backventil (termisk diod). S Buckley: "Thermic Diode Solar Panels", Sunworld, Aug. 1977, No 5, sid 7.

svenska projekt. Samtidigt vore det angeläget att det togs fram en teoretisk modell där man försöker förutsäga komforten med hänsyn till uteklimat, geometri, solskydd, ventilation och fuktproduktion m m. Detta för att systematiskt kunna utnyttja erfarenheterna från existerande glasverandor för förbättrad dimensionering.

3.2.1.4 Trombväggen

Trombväggen är en yttervägg med glasad utsida. När väggen är solbelyst kan temperaturen på väggytan bakom glaset bli ganska hög. När yttemperaturen på utsidan blir högre än innetemperaturen vänder värmeflödet. Eftersom man förutsätter att detta händer samtidigt med maximalt solinfall genom fönster försöker man åstadkomma en tidsfördröjning med en relativt massiv vägg. För att värmen skall nå in till insidan måste väggen vara dåligt isolerad varför denna lösning, som den har skisserats i ett fåtal projekt, ger ett negativt värmeutbyte på årsbasis i svenskt klimat.

En vidareutveckling av trombväggen innebär att man mellan den massiva väggen och luftspalten bakom glaset lägger ett isolerande skikt. Samtidigt åstadkommes en öppen luftväg som förbinder luftspalten med t ex hållkanaler i den massiva väggen i topp och botten. När luften i spalten värms upp cirkulerar den i den massiva väggens hållkanaler p g a skorstensverkan. Vidare läggs en backventil i kretsen således att luften inte kan cirkulera i motsatt riktning när luften i den utvändiga spalten kyls ned t ex nattetid. Väggen utgör då en passiv luftburen solfångare. Idén är alltså att väggkonstruktionen skall ha ett bra k-värde när den inte utnyttjas som solfångare. Det har man på sina håll också sökt uppnå genom flyttbara isolerskikt som täcker väggens utsida nattetid. P s s som för fönsterluckor innebär det mekaniska och beteendemässiga problem.

Problem med en glasad trombvägg är dels hållfastheten, glaset kan spricka p g a temperaturspänningar och väggen blir ömtålig för yttre åverkan, dels nedsmutsning av glaset med tiden. Även om verkningsgraden minskar kan det vara lönsammare att ersätta glasskivan med en svart plåt.

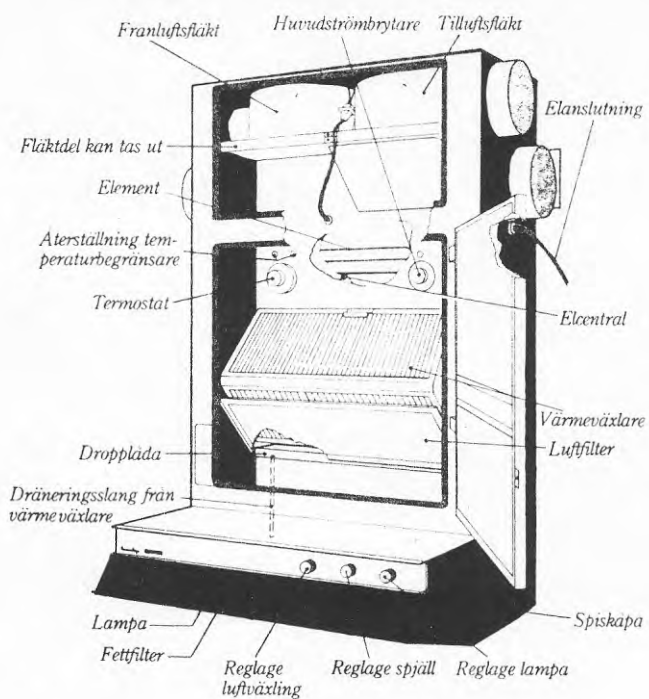
Om spaltluften istället förenas med tilluften i ventilationssystemet börjar det bli fråga om hybrida system som har nämnts ovan.

För trombväggen gäller också att för att den skall komma ifråga vid en energiriktig design och planering måste man ha tillgång till beräkningsmetoder som ger besparingseffekten på årsbasis när lösningen är anpassad till byggnadens och omgivningens förutsättningar.

3.2.2 Värmeåtervinning

En värmeväxlare tar upp värme från frånluften och för över till tilluften. En värmeväxlare kan överföra värme direkt via ledning över en skiljevägg mellan varm och kall luftström (rekuperativ) eller via ett värmelagrande medium som växelvis är i kontakt med varm och kall luftström (regenerativ).

Den storhet som brukar anges för en värmeväxlare är verkningsgraden för tilluft. Den definieras som förhållandet mellan temperaturskillnaden över växlaren på tilluftssidan och temperaturskillnaden mellan frånluft och tilluft före värmeväxlaren. Denna verknings-



Figur 3.9 Bahco System Minimaster ACC värmeåtervinningsaggregat. Värmeåtervinning ur ventilationsluft (1981).

grad duger väl för att jämföra olika värmeväxlarelement men används ofta något okritiskt för att beräkna den erhållna besparingen.

Ett mått som bättre avslöjar svagheter i egenskaper är temperaturverkningsgraden för frånluft. Den kan definieras som förhållandet mellan temperaturskillnaden för frånluften från rummet och när den lämnar byggnaden och skillnaden mellan frånluft från rummet och uteluften. Eller med andra ord: Temperaturverkningsgraden för frånluft anger hur stor del av frånluftens energiinnehåll som återvinns innan det släpps ut i det fria. Detta innebär att den värme som alstras i frånluftsfläkten samt förluster till frånluftskanalen där den ligger i uppvärmt utrymme, påverkar verkningsgraden negativt. För att åtgärda detta kan frånluftskanal efter värmeväxlare isoleras bättre och frånluftsfläkten placeras före värmeväxlarbatteriet. Vid detta bildas dock övertryck på frånluftssidan i värmeväxlarbatteriet och risken att frånluften i viss mån skulle blanda sig med tilluften ökar. Undersökningar har visat att just läckage i värmeväxlarbatterier utgör ett betydande problem.

En vanlig verkningsgrad för tilluft hos rekuperativa värmeväxlare för småhus ligger kring 60-70%. Högre verkningsgrader medför som regel ökat tryckfall och därmed ökat fläktarbete. En tillverkare marknadsför värmeväxlare för småhus med 100% verkningsgrad för tilluft. I det fallet har från- och tilluftsfläktarna integrerats i värmeväxlarenheten och den energi som tillförs dessa motsvarar frånluftens energiinnehåll vid en viss kombination av flöde och temperaturskillnad. Temperaturverkningsgraden för frånluft blir däremot endast 50% under motsvarande förhållanden.

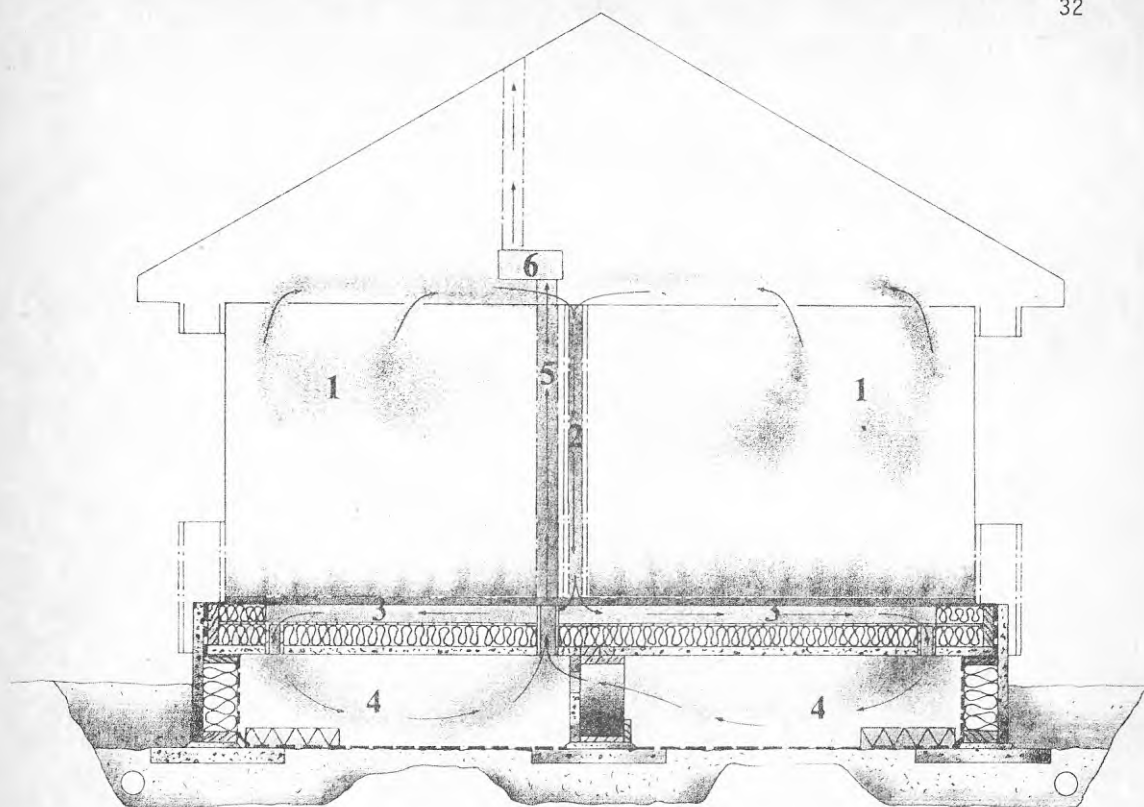
Under sommaren medför värmeväxlaren ökad risk för övertemperatur. Någon typ av förbikoppling av den ena eller båda luftströmmarna kan då vara nödvändig. Wolgast (1982) påstår att han har löst detta problem och samtidigt reducerat frysriskerna genom att dra luften till värmeväxlaren genom en 25 m lång slinga i jorden.

Vid låga utomhustemperaturer måste värmeväxlarbatteriet avfrostas vilket skall ske automatiskt.

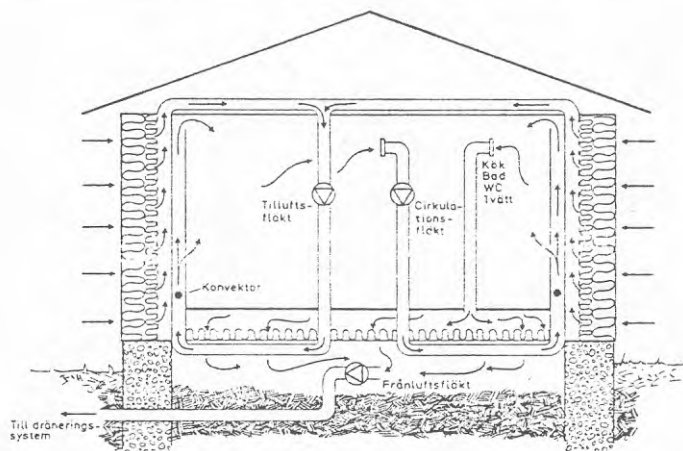
Värmeväxlarbatteriet bör rensas en gång per år.

Vid ekonomisk värdering av värmeväxlare i ventilationssystem brukar man utgå ifrån en avskrivningstid på ca 15 år.

Erfarenheter av värmeväxlare finns det förvånansvärt lite skrivet om i befintliga byggforskningsrapporter. I de jämförande fall som redovisats har skillnader mellan olika ventilationssystem spelat in. Jonsson (1980) uppger att ventilationsvärmeväxlarna i Villa-80 projektet har sparat mellan 1000 och 1500 kWh per småhus och år. Lideflo (1981) rapporterar från försök i flerfamiljshus i Helsingborg att energibesparingen har varit 8.5 kWh/(dygn·lgh) eller 3000 kWh/(lgh·år). Lindskoug (1982) rapporterar från Täby-projektet beräknad skillnad i årsenergibehov mellan likadana hus med F och FTX system. Beräkningen baserar sig på uppmätta värden under kortare perioder. Skillnaden blir för radhus 3200+/-1900 kWh/år och för grändhus 2800+/-1900 kWh/år. Svensson (1981) redovisar en jämförelse mellan hus med F respektive FTX ventilation. Den ena hustypen, enplanshus, skall teoretiskt ge en besparing på 2400 kWh/år medan det verkligt erhållna värdet är 1000 kWh/år. Den andra hustypen, tvåplanshus, skall teoretiskt ge en besparing med 3050 kWh/år medan den verkligt erhållna är 1261 kWh/år. Som en förklaring till



Figur 3.10 Principen för komfortgrund. Ventilationsluften (1) förs genom en kanal (2) ned i bjälklaget (3) och vidare ned i den isolerade grunden (4), som värms upp och fungerar som ett värmemagasin med konstant temperatur året runt. Från grunden förs luften vidare genom en frånlufts kanal (5). Här kan luften med fördel få passera t ex en värmepump (6) på 300 W, som då ger 900 W i retur till tappvarmvatten och värmelement.



Figur 3.11 Principskiss över TT-systemet i provhuset. R 142:1982.

denna relativt stora skillnad uppger författaren att de boende i hus med enbart frånluftsventilation har stängt tillluftsspalterna för att skydda sig mot drag varvid luftomsättningen har minskat. Erfarenheterna visar på behovet av att undersöka och belysa värmeväxlarens funktion i en byggnad jämfört med komponentens arbetssätt. Vidare bör ställas krav på instruktioner för drift, underhåll och funktionsövervakning.

3.2.2.1 Frånluftsventilerade kryprum

Frånluftsventilerade kryprum är en alternativ metod för återvinning av värme ur frånluft. Den varma frånluften passerar kryprummet under golvbjälklaget innan den släpps ut i det fria. På så sätt motverkas transmissionsförlusterna genom golvet. Verkningsgraden för frånluften är förhållandevis låg, ca 30%, men systemet är billigt och okomplicerat, ger varma golv och man uppnår värmeväxlareffekt med enbart frånluftsventilation. Värmeinhållet i luften efter kryprummet är förhållandevis högt och därför har man i vissa projekt valt att låta den passera en värmepump för att generera tappvarmvatten.

Sådana system marknadsförs i Sverige och finns med i ett antal planerade och nystartade forskningsprojekt.

Vid utveckling av systemen är det naturligtvis intressant om tilluften kan förvärmas till en viss grad genom att passera rör i kryprummet. Vidare finns en hel del att göra när det gäller systemens byggnadsfysikaliska egenskaper. Lösningen måste noggrant utredas fukttekniskt och metoder för att bestämma optimal isolertjocklek i kryprumsbjälklag och väggar behövs.

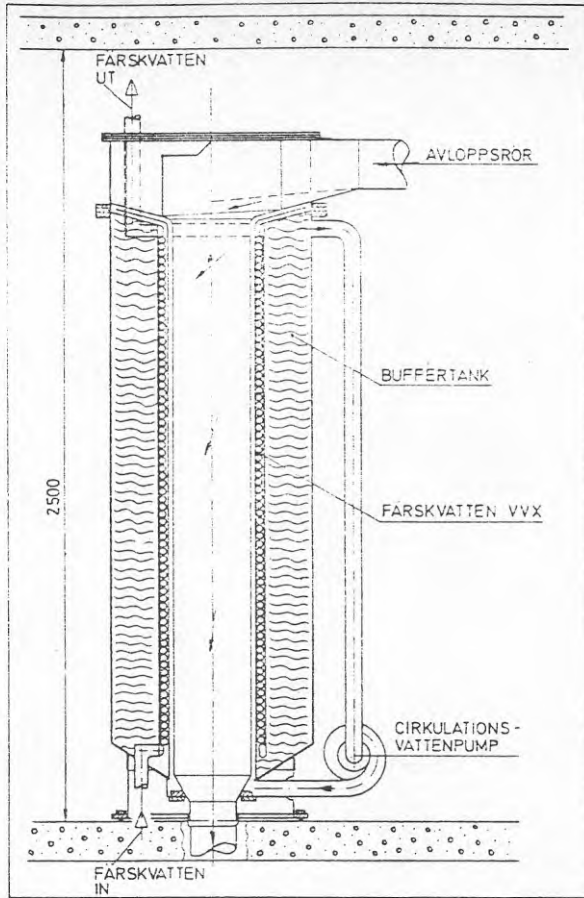
3.2.2.2 Dynamisk isolering

Med dynamisk isolering avses ett system där byggnadens tilluft eller frånluft passerar genom t ex väggarnas isolering och motverkar det värmefflöde, genom ledning, som annars skulle ägt rum, dvs motflödesåtervinning av transmissionsvärme eller medflödesåtervinning av ventilationsvärme. Ett sådant system med medflödesisolering av golvbjälklag och motflödesisolering i väggar har framtagits vid Anebyhus AB och ett provhus har byggts och utvärderats under ett helt år, Boman (1981). I rapporten uppges att mätresultaten har överensstämmt väl med de teoretiskt beräknade "k-värdena" som är 0.08 W/(m²K) för 86.5 m² yttervägg och 0.05 W/(m²K) för 145.7 m² kryprumsbjälklag. Utan luftflöde är k-värdena ca 0.30 (W/m²K) för yttervägg och ca 0.4 W/(m²K) för golv. Rapporten redovisar endast mätningar och gör ingen bedömning av normalt åresenergibehov eller lönsamhet för det redovisade systemet.

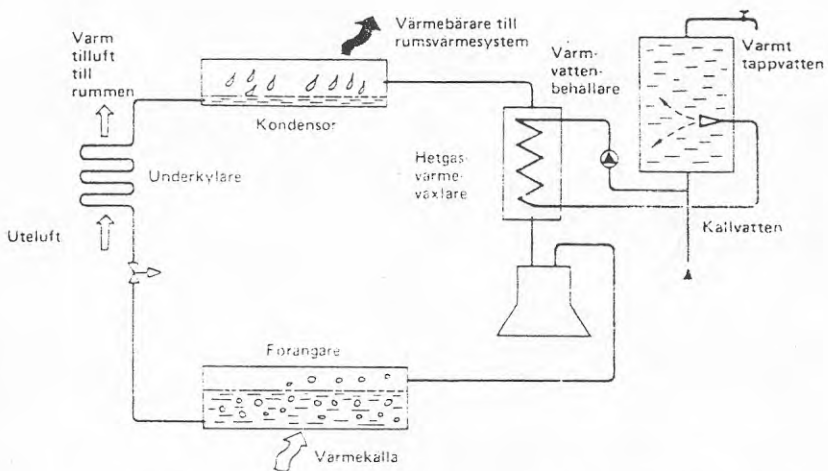
För att skapa underlag för en energiteknisk och ekonomisk värdering av systemet behöver den ovannämnda undersökningen kompletteras med en analys av de tekniska möjligheterna till en rationell produktion.

3.2.2.3 Värmeåtervinning ur avlopp

När man talar om varmvattenförbrukningen som värmeförluster utgår man ifrån att den energi som åtgår för uppvärmningen av tappvarmvattnet till stor del försvinner ut genom avloppet. Speciellt i



Figur 3.12 Vertikal avloppsvattenvärmeväxlare. Principskiss. R 74:1981.



Figur 3.13 Exempel på kopplingschema för en värmepump avsedd för både uppvärmning och tappvarmvattenberedning. L-O Glas, Värmepumpboken, Ingenjörslaget.

flerfamiljshus utgör avloppet en betydande värmekälla. Lindsoug (1982) framställer en hypotes som gör gällande att merparten av förlusterna till avloppet hänför sig till uppvärmning av kallvatten på vägen genom huset.

Jönsson (1981) redovisar utprovning av en värmeväxlare för avloppsvatten i flerbostadshus. Värmen används för uppvärmning av tappkallvatten. I rapporten diskuteras inverkan av en sådan uppvärmning på energiförbrukningen. Liknande värmeväxlare finns även för småhus.

En noggrann analys av VA-sidans värmebalans efterlyses. Det gäller såväl förlusternas storlek som deras fördelning i tiden. Det senare skall ge svar på möjligheterna till värmeuttag ur avloppet.

3.2.3 Värmepumpen

En värmepump är en utrustning till vilken man kan tillföra mekaniskt arbete för att ta upp värme vid en låg temperatur som avges vid en hög temperatur. Förhållandet mellan den vid hög temperatur avgivna värmen och det tillförda mekaniska arbetet kallas värmefaktor.

Värmepumpar bygger normalt på kompressionsprincipen, den vi känner igen från ett frysskåp. Värmefaktorn för en värmepump varierar beroende på mellan vilka temperaturnivåer den arbetar. Det är därför viktigt att hitta en värmekälla med hög temperatur och konstruera värmesystemet för en låg temperatur.

Som värmekälla kan användas t ex luft, vatten eller jord. Att använda uteluften har den nackdelen att när det är som kallast ute och värmebehovet är som störst är värmefaktorn minst. Frånluften i ett hus håller relativt jämn temperatur året runt men finns i en begränsad mängd. Ytjord har en värmetröghet som gör att den ej blir lika kall vintertid som uteluften, samma gäller sjövattnet, flodvattnet och grundvattnet. Djupa bergbrunnar har den fördelen att de kan återladdas på sommaren när solenergin är billig.

Värmepumpar är relativt komplicerade och svårskötta. Vissa tekniska fel som läckage i förångarkretsen, kompressormotorer som havererar och svåra bullerstörningar har förekommit.

Ingen systemkomponent för lågenergihus har fått så heltäckande behandling i forskningslitteraturen som värmepumpen. Komponent- och systemstudier har utförts av Kraft et al (1979) och Glas et al (1982). Datorprogram för utvärdering av ytjordvärmesystem redovisas av Berntsson (1980). Rapporten "Villavärmepumpar" från VAST (1981) och en med samma namn från Statens Planverk (1982) ger underlag för dimensionering och beräkning av lönsamhet på ett lättillgängligt sätt. Erfarenheter från praktiska prov finns också rikligt dokumenterade även om resultaten för vissa systemlösningar är något motsägelsefulla.

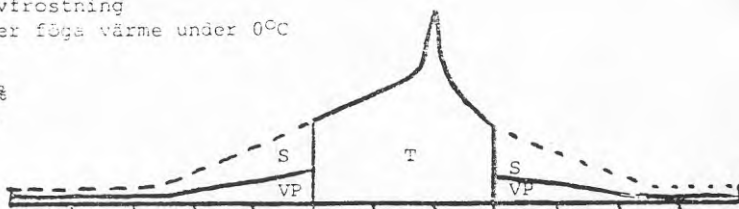
Björk et al (1980) redovisar en jämförelse mellan ett vattenburet värmesystem med uteluftvattenvärmepump och direktverkande el. Även om medelvärmefaktorn för värmepumpen har varit ca 2.1 så har husen med värmepump förbrukat mer köpt energi beroende på förluster i värmesystemet.

Boman et al (1981) rapporterar från ett försök med en luftluft värmepump i kombination med ett luftburet värmesystem. Försökstekniken

A. Luft/vatten-värmepump

passiv avfrostning
pumpen ger föga värme under 0°C

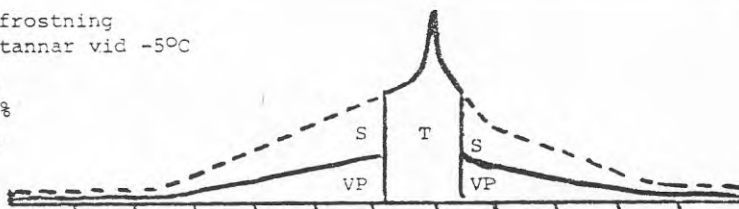
T = 50 %
VP = 20 %
S = 30 %



B. Luft/vatten-värmepump

aktiv avfrostning
pumpen stannar vid -5°C

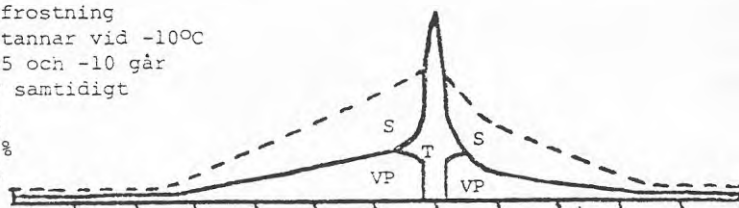
T = 25 %
VP = 30 %
S = 45 %



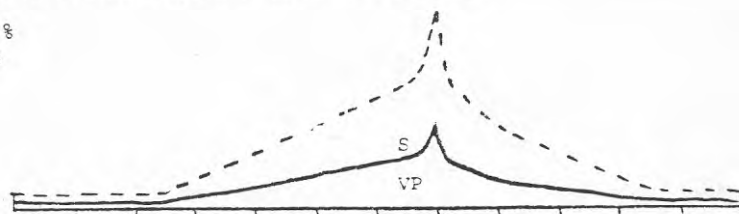
C. Luft/vatten-värmepump

aktiv avfrostning
pumpen stannar vid -10°C
Mellan -5 och -10 går
VP och T samtidigt

T = 10 %
VP = 35 %
S = 55 %

D. Ytjordvärme: jord/vatten-värmepump
Grundvatten: vatten/vatten-värmepump

VP = 40 %
S = 60 %



Figur 3.13 Uppvärmningsbehovets fördelning i olika system med värmepump. VP är tillförd energi till värmepump, T är tillsatsvärme och S är sparad energi. Villavärmepumpar (1981).

är ganska finurlig eftersom man i samma hus skiftar mellan elström och värmepump för uppvärmningen av luften. På så sätt elimineras många osäkerhetskällor som försök av denna typ är behäftade med. Resultatet blev en systemfaktor på ca 1.5 men författarna menar att detta skylls den extremt låga förbrukningen på ett vällyckat luftuppvärmningssystem. Systemfaktorn, jämfört med direktverkande el, torde ligga kring 2.0.

Bergström et al (1982) har utprovat en speciell typ av direktverkande värmepump mot uteluften, där kondensatorerna avger värme direkt i rummet. Systemverkningsgraden uppges här till 1.9.

Gröndalen et al (1980) har gjort prov av två ytjordvärmepumpar. Eftersom det inte är fråga om jämförande provningar kan de inte redovisa en systemfaktor men en bruttovärmefaktor för värmepumpsystemet som ligger kring 2.6.

Ett antal värmepumpar har provats i Täby-projektet, Lindskoug (1982). Där konstaterar man att de relativt stora värmepumpar som är vanligast på marknaden idag, innebär oftast en alltför stor investering för att den skall betala sig i enskilda nybyggda välisolerade hus.

Andersson (1981) har jämfört ytjordvärme med direktel i ett småhusområde i Arvika och redovisar en systemfaktor på ca 1.5.

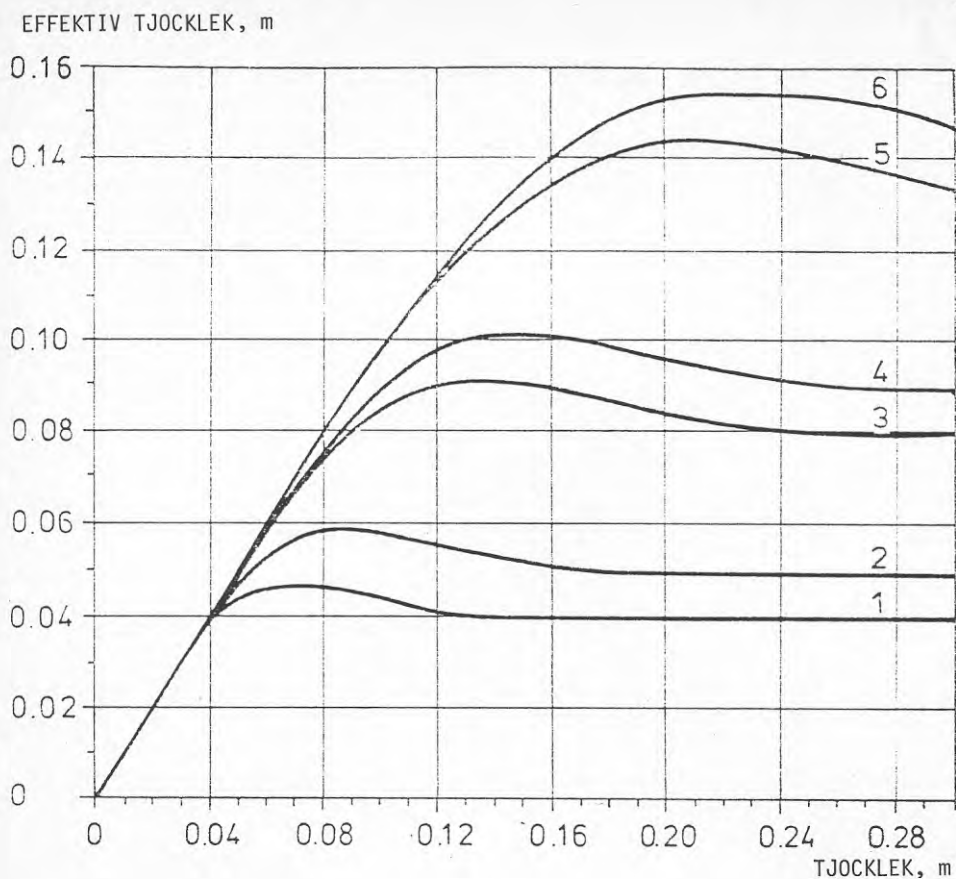
Ekologiska effekter av ytjordvärme har diskuterats mycket. Troedsson et al (1982) har gjort en noggrann undersökning och redovisar konsekvenserna för bl a markens fysikaliska egenskaper, biologi och prydsväxternas överlevnad och tillväxt.

Gezelius (1982) har gjort en systematisk undersökning av frånluftsvärmepumpar i befintliga flerbostadshus.

Utvecklingen av värmepumpar för att de skall bli bättre och driftsäkrare måste naturligtvis fortsätta. En del av den utvecklingen menar Lindskoug (1982) måste innebära att anläggningen förses med larmanordning för de fel som kan uppkomma för att husägaren skall få besked så snart ett fel inträffar och vilka åtgärder som bör vidtagas.

Värmepumpens systemanpassning bör kunna förbättras. Det behövs billiga värmepumpar dimensionerade för låga effekter för att på ett kostnadseffektivt sätt kunna utnyttja stabila men relativt små värmekällor som t ex frånluft. Samtidigt måste värmepumpens samverkan med uppvärmningssystemet och byggnaden i övrigt belysas.

Vidare bör man fortsätta göra enkla uppföljningar av bostadsområden eller husgrupper där uppvärmningen sker med hjälp av värmepumpar. Energiförbrukning, årsverkningsgrad, driftsäkerhet och underhållskostnad borde tas fram på ett relativt enkelt och diskret sätt för att undersöka vilka energibesparingar som uppnås i praktiken när systemen inte får en extra uppmärksamhet på anknutna forskningsprojekt eller dylikt.



Figur 3.15 Effektiv tjocklek för dygnslagring av värme i ett homogent skikt av olika byggnadsmaterial. Johannesson (1981).

Material	λ W/mK	ρ kg/m ³	C J/kgK
1. Trä	0.14	500	2300
2. Gasbetong	0.12	600	1050
3. Tegel	0.60	1500	840
4. Betong	1.2	2400	880
5. Cellplast	0.04	25	1400
6. Mineralull	0.04	30	1000

3.2.4 Värmelagring

Genom att lagra värme mellan den tidpunkt då den finns i överskott och tills den behövs, kan behovet av köpt energi minskas. För värmelagringen behövs ett medium som vid höjd omgivningstemperatur ökar sitt energiinnehåll, antingen genom att mediets temperatur ökar eller att mediet undergår en energikrävande fasomvandling. För att uppskatta värmelagrets betydelse för värmebalansen måste man veta vid vilka temperaturer det upptar och avger värme och motsvarande lagringstäthet. Även värmeutbytet mellan rumsluften och värmelagret och förlusterna till en yttre omgivning har en stor betydelse.

3.2.4.1 Värmelagring i stommen

Stommens värmelagrande förmåga bestäms huvudsakligen av värmekapaciteten för de ingående materialen. Hur denna värmelagrande förmåga utnyttjas för utjämning av värmelasten i ett rum bestäms av värmeöverföringen mellan rumsluften och värmekapaciteten.

I ett passivt system sker värmeutbytet huvudsakligen via värmeöverföring vid konstruktionernas ytor. I vissa aktiva system genomströmmas byggnadsdelar som bjälklag eller grund av luft från utrymmen med övertemperaturer. På så sätt blir en större värmekapacitet tillgänglig. Den värmekapacitet som finns i stommen kan dock endast hålla värmen kvar någon dag och stommens betydelse blir därför störst när det gäller utjämning av dygnsvisa variationer i värmelaster.

Betydelsen av en tung stomme för årsenergibehovet har främst studerats genom datorsimuleringar. Beräkningar på olika håll visar att skillnaden i energiförbrukning mellan ett lågenergihus med tung och lätt stomme ligger kring 5%, eller av storleksordningen 3-500 kWh per år. Innan man ger sig på att beräkna lönsamhet bör man vara medveten om att lätta hus med mycket södervända fönster innebär att det kan bli svårt att hålla ett drägligt inomhusklimat sommartid.

Hög värmekapacitet inomhus medför mindre möjligheter att uppnå en energibesparing genom tidvisa sänkningar av inomhustemperaturen.

Även om datorprogrammen finns tillgängliga finns det alltför sparsamt med dokumenterade datorsimuleringar där man systematiskt beräknar värmekapacitetens inverkan på årsenergiförbrukningen och inomhusklimatet sommartid vid varierande byggnadsutformning och driftfall.

3.2.4.2 Saltlager

Vissa salter smälter vid temperaturer nära rumstemperaturen och upptar då värme. När temperaturen sjunker återgår salten till kristallform och avger motsvarande värmemängd. Förpackningar med sådana salter marknadsförs redan, avsedda att placeras t ex i undertak. Fredlund (1982) redovisar beräkningar och försök där avsikten var att utreda vilka möjligheter ett värmelagringsystem med glaubersaltplattor som innertak har att dels spara energi, dels att utjämna dygnsstemperatursvängningarna. Hans slutsats är att besparingsmöjligheterna är små med det valda systemet, mellan 3 och 6%, dvs av samma storleksordning som skillnaden mellan lätt och tung stomme.

3.2.5 Värmedistribution

De olika sätten att distribuera värme i husen påverkar systemens prestanda i övrigt.

3.2.5.1 Vattenburen värme

Med ett vattenburet värmesystem avses ett system med en central värmekälla typ panna, fjärrvärmeväxlare o dyl, varifrån varmvatten distribueras i ett rörsystem till enskilda lokalvärmare runt om i huset. Lokalvärmarna kan vara vanliga radiatorer, konvektorer, rörslingor i golv eller strålningsvärmare i tak. Rörsystemet kan vara av ettrörstyp där lokalvärmarnas fram- och returledning anslutes till samma ledning, eller tvårörstyp, bestående av två separata kretsar, den ena för framledning till lokalvärmarna och den andra för returen.

Värmeeffekten till huset styrs av framledningstemperaturen från pannan. I enskilda lokaler kan flödet genom lokalvärmarna styras, antingen beroende på temperaturen i lokalen, med en termostatventil eller beroende på temperaturen på returvattnet från lokalvärmaren.

Den största fördelen med ett vattenburet system är flexibiliteten i val av värmekälla. Eftersom uppvärmningen sker centralt kan systemet lätt ändras mellan två olika energislag och olika former av energi kan användas alternativt beroende på tillgång och ekonomi. Nackdelarna är bl a höga initialkostnader och dålig styrbarhet. Värmesystemet har en relativt hög tröghet och strypningen av värmeflödet till enskilda lokaler med höga interna värmeförluster begränsas av förlusterna från rörsystemet även om flödet genom lokalvärmarna är avstängt.

I lågenergihus får internlasterna och solinstrålningen en relativt stor betydelse. Det har därför visat sig ytterst svårt att åstadkomma en effektiv reglering av temperaturen med vattenburna värmesystem i lågenergihus.

Genom att öka lokalvärmarnas värmeöverförande ytor kan framledningstemperaturen i systemet sänkas. På detta vinner man i första hand gynnsammare förhållanden för uppvärmning med värmepumpar och solfångare men också en relativ minskning av värmeförlusterna från rörsystemet.

Även om vattenburna system ger vissa svårigheter i byggnader med lågt effektbehov bör man söka vidare mot lösningar som ökar deras konkurrenskraft mot t ex eluppvärmning. Dels för att möjliggöra lågenergihus i situationer där fjärrvärme är påbjuden av nationalekonomiska skäl, dels för att bereda väg för framtida alternativa energikällor, som värmepumpar och eventuellt solfångare.

3.2.5.2 Elvärme

I stället för att använda elström i den centrala värmepannan kan strömmen naturligtvis ledas direkt fram till lokalvärmarna. Lokalvärmarna kan bestå av direktverkande elvärmepaneler eller värmefolier för strålningsvärme i tak. Beredning av varmvatten kan ske antingen i speciella varmvattenberedare eller i genomströmningsskåp vid olika tappställen.

Fördelen med elvärme är styrbarheten. Om man stryker strömmen till elementen tillförs ingen värme. Elementen har också mindre termisk tröghet än vattenradiatorer. Ett system med direktverkande el kan därför bättre utnyttja tillfälliga värmeöverskott och medföra minskad risk för övertemperaturer.

I många forskningsprojekt har man försökt att lära brukaren bättre vanor genom att låta öppnande av fönster medföra avstängning av radiatorerna.

Eluppvärmning borde ge möjligheter att kombinera strålningsvärme och luftuppvärmning på ett optimalt sätt, speciellt vid snabb uppvärmning efter en nattsänkningsperiod.

Denna problematik behandlas i byggforskningsrapporten Takvärme - Energiförbrukning och inomhusklimat av C Johansson och B Pettersson. I det bakomliggande projektet har författarna sökt att klarlägga hur takvärme jämfört med väggmonterade radiatorer fungerar från såväl energi- som inomhusklimatsynpunkt. Inverkan av olika faktorer såsom golvisoleringens tjocklek, möbler, tillskottsvärme, ventilation och typ av styr- och reglersystem har undersökts. Rapporten redovisar resultat från ett stort antal mätningar utförda i laboratorium vid väl definierade och kontrollerade förhållanden. Resultaten ger en bild av de karakteristiska skillnaderna mellan de undersökta uppvärmningssystemen samt hur olika faktorer kan inverka på energiförbrukning och temperaturfördelning i ett rum.

Sammanfattningsvis konstateras i rapporten att strålningsvärme i form av takvärme kan ge ett jämnare inomhusklimat i ett rum och en lägre energiförbrukning jämfört med väggmonterade radiatorer. Detta synes bero på att strålningsvärme jämfört med konvektionsvärme ger

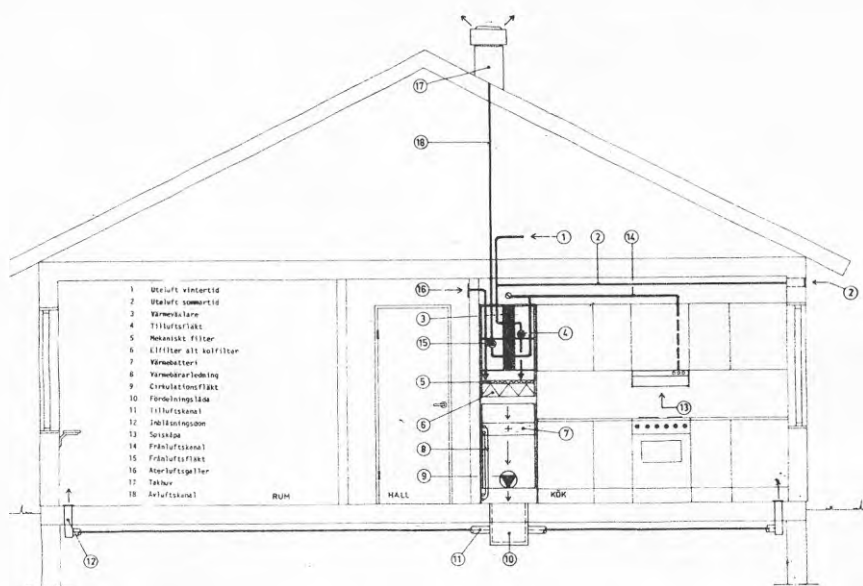
- jämnare temperaturfördelning i rummet
- lägre lufttemperatur vid samma operativa temperatur
- högre yttemperatur, främst golvtemperatur, vilket medför att lufttemperaturen kan hållas lägre vid takvärme
- snabbare reglerbarhet

3.2.5.3 Luftburna system

Ett hus kan värmas upp genom att tillföra så mycket värme till tilluften att det motsvara hela byggnadens värmebehov för uppvärmning och ventilation. Inblåsningen i rummen får då ordnas så att den motverkar kallras från fönstren. För att minska övertemperaturen på inblåsningssluffen kan luftmängden ökas genom att recirkulera en del av frånluften. På det viset sker också en ökad värmeöverföring mellan olika delar av byggnaden och värmetillskott fördelas bättre. Om värmetrögheten och förlusterna till omgivningen i kanalsystemet minimeras kan i ett sådant system uppnås god styrbarhet och bra reglering.

I vissa försök har de ökade luftflödena dock dels medfört ökade tryckskillnader och därmed ökad infiltration, dels har de högre motoreffekterna gett bullerproblem. Önskad luftflöden mellan olika rum kan uppstå.

Forskningsinsatser bör göras kring beräknings- och dimensioneringsmodeller, inblåsning i rum, fördelning av luftflöden och för att belysa möjligheten till styrning och reglering. Vidare kan systemen förbilligas genom att delvis integrera luftvägarna i byggnadsdelarna.



Figur 3.16 Luftuppvärmningssystem i småhus. R 152:1980.

3.2.6 Styr- och reglersystem

Med noggrannare styrning av inomhusklimatet kan betydande energibesparingar uppnås. Om inneklimatet anpassas till att täcka behovet som det definieras, undviks onödiga värmeförluster. Temperatur och ventilation i en bostad kan tänkas variera dels mellan olika rum, beroende på den aktivitet som pågår, dels i tiden beroende på brukarvanorna. De flesta styr- och reglerfunktioner, särskilt de automatiserade, medför dock ökade anläggningskostnader som får vägas mot den erhållna besparingen. Med ökad komplexitet blir systemen svårförståeliga och svårtillgängliga för den vanlige brukaren. Underhåll får utföras av specialister eller blir eftersatt. Lätt-hanterliga styrregler och övervakningssystem behövs.

3.2.6.1 Mikrodatorbaserade system

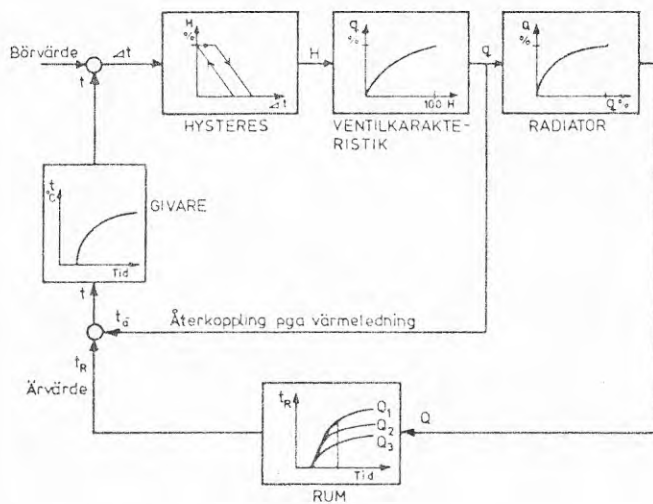
Den prisutveckling som har skett inom elektronikområdet har medfört att kostnaden för en dator som kan ta hand om all styrning, relering och övervakning i en byggnad, är relativt blygsam. För att datorn skall kunna ingripa krävs dock en så kallad kringutrustning. Kringutrustningen består av olika mätgivare, som placeras runt om i huset och systemet, och levererar information om olika tillståndsvariabler, som t ex temperatur och relativ ånghalt. Där ingår också olika styrdon som kan styras med elektriska signaler, som t ex spjällmotor och magnetventiler. Mellan datorn och kringutrustningen måste sedan finnas någon form av analog/digital omvandlare för att dessa skall kunna kommunicera på ett enkelt sätt med brukaren, för att han skall kunna mata in önskemål om ändrade styrfunktioner.

När allt detta finns på plats får datorn programmeras för att fylla sina uppgifter.

Mikrodatorbaserade system har naturligtvis störst utvecklingspotential i stora komplicerade system som sjukhus och industrier. För flerbostadshus och serieproducerade enbostadshus kan de bli aktuella inom den närmaste tiden. En sådan utveckling beskrivs av Jensen (1980) och Jensen (1981), där funktion, uppbyggnad, programvara och marknad för sådana system behandlas.

Ett mikrodatorbaserat styrsystem möjliggör en övervakning av uppvärmnings- och ventilationssystemet. Inte enbart för att slå larm om bristfälliga komponenter utan också ge husägaren fortlöpande information om den aktuella energiförbrukningen i jämförelse med ett beräknat värde.

Omvänt har vissa forskare framhållit att högteknologiska system inte kan implementeras i bostadshus utan datoriserad övervakning. Med det som utgångspunkt blir kostnaderna för datorstyrning av systemen ytterst marginella.



Figur 3.17 Temperaturreglering i ett radiatoruppvärmt rum. R 95:1981.

3.2.6.2 Termostatventiler

I ett vattenburet system väljer man vanligtvis att låta temperaturen på framledningsvattnet styras av temperaturskillnaden mellan ute och inne. Det är dock som bekant flera faktorer som påverkar värmebehovet och dessa varierar såväl i tiden som mellan olika rum. För att radiatorerna inte skall avge onödigt mycket värme när värmebehovet till betydande del täcks av "gratisvärme" och temperaturen i rummet överskrider en viss nivå, stryps vattenflödet genom radiatormed en termostatventil.

Mätningar i bostadshus, där man har försökt påvisa termostatventilernas energibesparande effekt, har gett mycket varierande resultat, dels beroende på ventilernas karakteristik och funktion, dels beroende på uppvärmningssystemets utformning i övrigt. Ett bra exempel på det senare är ett radhusområde, Valdemarsro i Malmö, som för närvarande undersöks av institutionen för Byggnadskonstruktionslära, LTH. Även om radiatortermostatventilerna var stängda räckte värmeförlusterna från varmvattenrören för att ge övertemperaturer.

En modell för datorsimulering av samspelet mellan termostatventil, radiator och rum har redovisats av Johnsson (1981).

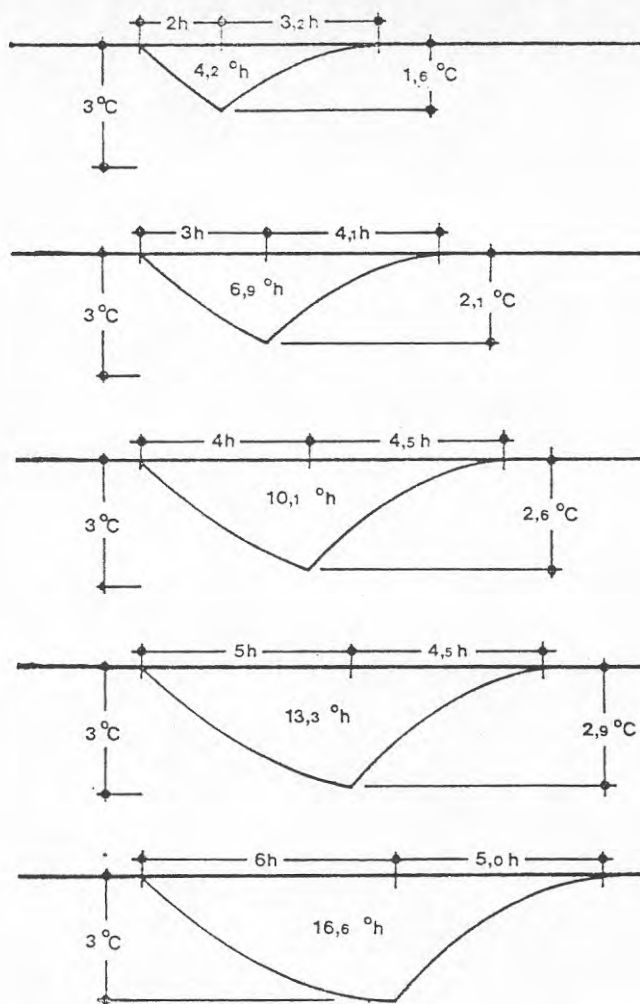
3.2.6.3 Nattsänkning - tidsstyrning

Överslagsmässigt antas ofta att varje grad i sänkt inomhustemperatur ger en besparing motsvarande ca 5% av det årliga energibehovet för uppvärmning och ventilation. Om man nu förutsätter att människan mår bra vid en lägre inomhustemperatur när hon sover samt att i vissa hushåll finns det ingen hemma under dagtid, finns det förutsättningar att försöka anpassa temperaturen, utan att komforten blir lidande.

Här spelar husets tröghet en avgörande roll. Temperaturen i huset kan inte höjas eller sänkas momentant. Hur fort temperaturen i huset sjunker till en lägre nivå beror dels på uppvärmningssystemet och byggnadens tröghet men också på byggnadens värmeisolering och täthet. Hur fort byggnaden kan värmas upp till en högre nivå beror också på ovannämnda faktorer, men även på den installerade maximala värmeeffekten. Den relativa besparingen blir därför högst i ett dåligt isolerat lätt hus med snabbt reagerande värmesystem med hög max effekt, medan den sämsta relativa besparingen fås i ett välisolerat, tätt, tungt hus, där max effekten är snålt tilltagen. Vissa typer av värmesystem som t ex strålningsvärme från tak är anpassade för att relativt snabbt kunna höja den operativa temperaturen.

För att åstadkomma en temperaturökning på morgonen krävs stora effekter som för större grupper eluppvärmda småhus med nattsänkning kan ge besvärliga belastningstoppar på elnätet.

Den största risken med metoden är om uppvärmningsperioden startas för sent på morgonen och att huset därför upplevs som för kallt vid uppstigningen. De boende har en tendens att kompensera detta genom att vrida termostaterna i rummen mot högre temperaturer. Medeltemperaturen under dygnet kan då bli lika med eller högre än den nivå som accepteras med konstant inomhustemperatur. Andersson (1981) uppger detta som tänkbar orsak till att ingen besparing uppmättes vid en jämförande undersökning av ett småhusområde i Järfälla kommun.



VID SÄNKNING MER ÄN 6h GER VARJE YTTERLIGARE TIMME 3°h

Figur 3.18 Temperaturförlopp och sparade gradtimmar vid nattsänkning. R 8:1982.

Vid en jämförande undersökning som redovisades av Björk et al (1982) och som omfattade totalt 327 hus, uppges besparingen ligga mellan 1.1 och 12.7% beroende på system för styrningen och hustyp. Det högsta värdet erhöles hos en grupp husägare som redan innan undersökningen startade på eget bevåg låtit installera systemen, vilket tyder på att de är speciellt intresserade av att spara energi. Vid planeringen har man speciellt studerat uppvärmningsfasen, vilket har gett signifikant lägre förbrukning. För de undersökta husen låg årsenergiförbrukningen mellan 20 000 och 30 000 kWh per år. I enlighet med det som ovan har sagts får man vara försiktig med att överföra procentsatserna till hus där energiförbrukningen är endast hälften så stor.

I det fortsatta forskningsarbetet bör samspelet mellan husets och uppvärmningssystemets tröghet, systemet för styrning och reglering samt de boendes inställning och beteende ytterligare belysas. Bättre kunskapsunderlag för dimensionering efterlyses. Eftersom dimensionering av nattsänkning baseras på komplicerade matematiska beräkningar torde framtagning av lämpliga beräkningsprogram för minidatorer vara en angelägen uppgift.

Ett lämpligt utvecklingsprojekt torde vara att man tog fram en styrenhet som kunde styra såväl temperatur som luftväxling i tid och rum. Detta ställer naturligtvis ökade krav på systemets styrbarhet.

3.2.7 Energislag

De vanligt förekommande köpta energislagen är ansluten fjärrvärme, eller el, olja och fasta bränslen.

I debatten om vad som är mera lämpligt för uppvärmning, fjärrvärme eller elström, är det ganska vedertagit att det för extremt väl isolerade hus är gynnsammare privatekonomiskt att installera el, eftersom den höga anläggningskostnaden för fjärrvärme skall betalas av på en relativt liten energimängd. I det sammanhanget kommer man dock inte förbi att den framtida energiproduktionens sammansättning bestäms på en högre nivå, där hänsyn också tas till politiska, nationalekonomiska och miljömässiga aspekter. I den nya ELAK-normen framkommer att hus får i framtiden uppvärmas med el om olika energisparåtgärder har vidtagits till den grad att den årliga energiförbrukningen för uppvärmning och ventilation blir 40% lägre än den i ett hus isolerat enligt SBN 75. I alla lågenergihus värda namnet kommer man därför fritt att kunna välja mellan eluppvärmning och fjärrvärme i den framtida planeringen såtillvida kommunen inte föreskriver något annat inom enstaka områden. Möjligheterna för husägaren att byta energislag beror till stor del på det värmedistributionssystem som har valts från början.

Fossila bränslen, som olja och ved, är visserligen dyra men lätta att lagra och lämpar sig väl för att kapa effekttopparna vintertid och som beredskap om strömmen går. För att uppnå en god verkningsgrad även för denna tillsatsvärme krävs det effektiva brännare för låga effekter.

Referens- objekt	Prioritet	Åtgärd ²	Energibesparing, kWh/år/1gh	Ökade kostnader, kr/1gh/år, för			Nuvärde N, kr/1gh
				investeringar	service och underhåll	elabonnemang	
1	1	A	varierar				
	2	Q	435	-200	0	0	1260
	3	C	370	0	0	0	900
	4	D	250	-700	50	0	758
	5	B	230	0	0	0	560
2	1	A	varierar				
	2	Q	235	-100	0	0	575
	3	J	165	-200	10	0	490
	4	C	190	0	0	0	480
	5	H	170	0	10	0	305
	6	B	120				290
	7	F	95	0	10	0	120
	8	E	160	200	10	0	80
3	1	A	varierar				
	2	Q	185	0	0	0	450
	3	C	140	0	0	0	340
	4	J	130	0	50	0	270
	5	B	90	0	0	0	220
	6	H	85	0	10	0	95
	7	E	90	100	10	0	10
	8	F	45	0	10	0	0

¹ Referensobjekt 1 = grupp med 26 st enbostadshus

Referensobjekt 2 = grupp med 3 st flerbostadshus å 30 lägenheter

Referensobjekt 3 = 1 st flerbostadshus med 30 lägenheter

² Åtgärd A Påverka planlösningen så att ledningsdragning i lägenheterna minskar. Välj så låg vattentemperatur som möjligt (max 45°C i kök, 38°C i bad.) Se till att rördimensioner i lägenheterna ej blir större än vad byggnormen kräver. Välj rör med liten värmeackumulerande förmåga i ledningar utan cirkulation. Undersök om vattentrycket motiverar tryckreduceringsventil eller flödesbegränsare. Undersök förutsättningarna för individuell varmvattenmätning med debitering. Undersök om varmvattendistributionen kan undvaras vissa tider. Undersök om cirkulationsledningen kan vara distribu-

tionsledning nattetid. Undersök alternativ förläggning av cirkulationsledningar.

Åtgärd B Välj system med samisolerade distributions- och cirkulationsledningar.

Åtgärd C Välj system med cirkulationsledning i form av plastslang i distributionsledningen.

Åtgärd D Välj system med genomströmningsberedare i varje hus (alternativ 4).

Åtgärd E Välj system med förrädsberedare i varje hus (alternativ 5).

Åtgärd F Välj system med eftervärmning i varje hus (alternativ 6).

Åtgärd G Välj system med elvärmekabel (alternativ 7).

Åtgärd H Välj system med påspädning av kallvatten i badstammar (alternativ 8).

Åtgärd J Välj system med självcirkulation mellan köks- och badstammar (alternativ 9).

Figur 3.19 Riktlinjer för val av vattensystem och energibesparande åtgärder vid nybyggnad. Berndtsson (1982).

3.2.8 Vattensnåla system

Vattenflödet genom ett hus har betydelse för energiförbrukningen. Det kallvatten som kommer in har en temperatur kring 6-8°C. En del värms upp i varmvattenberedaren och förbrukas för personlig hygien och rengöring, en del värms upp vid matlagning och i olika hushållsapparater och en del förbrukas som kallvatten men värms upp mot inomhustemperaturen innan det hamnar i avloppet. Lindsoug (1982) har uppmätt den genomsnittliga avloppstemperaturen till ca 29°C. Han menar också att varmvattenberedarens roll i de totala avloppsförlusterna har överskattats.

Varmvattenbehovet beräknas ligga mellan 3 000 och 5 000 kWh per år och lägenhet. Jämfört med den totala förbrukningen i ett lågenergi-hus, ca 10 000 kWh per år, utgör detta naturligtvis en betydande post. Varmvattenförbrukningen kan reduceras först och främst genom olika åtgärder som uppmuntrar till besparing som t ex individuell debitering i flerbostadshus, se Jönsson (1982). Hur förlusterna från själva varmvattensystemet kan tekniskt begränsas behandlas av Berndtsson et al (1982).

I Sparsam projektet utprovas för närvarande vattensnåla system i 5 småhus. Vattenbesparingarna erhålls med 3-liters snålspolande toaletter, flödesreglerare, ettgreppsblandare och termostatblandare. I systemet ingår även en tank för ackumulering av avloppsvatten. För en viss värmeåtervinning läggs kallvattnet i en slinga runt tanken innan den anslutes till varmvattenberedaren.

Allt tyder på att avloppsvattnet utgör en resurs som med lagom stor lagringstank skulle kunna utgöra en stabil värmekälla för en värmepump. Man borde kunna komma fram till en förångare som samtidigt utnyttjar frånluft och avloppsvatten.

4 LÅGENERGIHUSFORSKNING - DATAINSAMLING

4.1 Nuläge

Inom projektet beslutades att en systematisk insamling och registrering av data om olika lågenergihusprojekt. En speciell blankett, se KAP 7, för detta ändamål upprättades och skickades ut till valda projektledare enligt en lista som tillhandahölls av byggforskningsrådet. Utöver den skickades blanketten till ett antal projektledare i de övriga nordiska länderna.

Totalt inkom 55 svar. Dessa matades in på dator. Utskrifterna finns tillgängliga som textfiler, på mjukskiva till Nord 10 S och på magnetband till HP 85. En datafil med rena sifferuppgifter, avsedd för statistisk bearbetning finns på magnetband till HP 85.

När man med datorns hjälp försöker leta fram projekt som ger relevant information om vissa problemområden, blir man en aning besvärad över att erhålla med i listan ett antal projekt där problemen nämns utan att de behandlas. För att snabbare kunna göra sitt sista urval krävs därför att projektets syfte är noggrant beskrivet och gärna kompletterat med en kort sammanfattning av de viktigaste resultaten om sådana föreligger. Svaren är, vad detta beträffar, av skiftande kvalitet och vissa projektledare hänvisar till sina publikationer, vilket naturligtvis inte är meningen.

Kompletterande uppgifter har lämnats i ca hälften av svaren. I enstaka fall har det varit anmärkningar om att projektet beskrivs dåligt av blanketten, men i övervägande fall har man poängterat de frågor som är av central betydelse i projektet.

Genom att jämföra den litteratur som har insamlats i projektet ser man att den nuvarande datamängden är långt ifrån heltäckande. Det finns en del projekt rörande lågenergihus som inte finns inrapporterade, även om projektledarna eller deras företag och institutioner har fått blanketten. De projekt som har kommit in är relativt färska och många är ännu inte slutförda och dokumenterade. En viss statistisk bearbetning av materialet har redan ägt rum. I KAP 8 finns en lista över alla frågor och i vilka projekt de får ett positivt svar.

Det är naturligtvis svårt att dra några slutsatser från antalet inkomna svar på varje fråga. Det som förvånar är, att på fråga 57 (Litteratursökning) gav endast 17 ett positivt svar och av dessa var det endast 6 som uppger sig ha utnyttjat Byggdoks tjänster. Nyttan av en databank över lågenergihus får kanske diskuteras med hänsyn tagen till dessa resultat.

I femton projekt hade man önskat en annorlunda planering. Åtta uppger att man hade behövt mer tid, en att projektet borde varit bättre avgränsat, fem hade önskat mer beräkningsarbete och sju hade velat ha en annan teknik eller uppläggning för mätningen.

Ett datorprogram, där man kan få fram i vilka projekt man svarat positivt på flera frågor samtidigt, har upprättats för HP 85.

4.2 Förslag till fortsättning

För att en databank av denna typ skall bli heltäckande inom ett område måste insamlingen pågå systematiskt under en längre tid. En blankett torde fyllas i för varje påbörjat projekt för att sedan revideras i samband med att slutrapport lämnas in. Samtidigt måste man arbeta med att få in tidigare projekt.

Nyttan med en databank av denna typ beror till stor del på hur noggrant blanketterna ifylls, men naturligtvis också på i hur hög grad den kommer till användning vid planering, bedömning och utförande av nya projekt. För att garantera detta bör man för varje beviljad ansökan välja ut ett antal nyckelord och skicka data över motsvarande projekt till projektledaren. Liknande förfarande borde tillgripas för att se till att Byggdoks resurser utnyttjas.

Den inkommande datamängden är inte större än att den med lätthet kan bearbetas på en mikrodator.

5 FORTSATT FORSKNING OCH UTVECKLING

5.1 Inledning

I denna rapport visas på arbeten inom lågenergihusets problematik. Avsikten har varit dels att peka på pågående arbeten, dels att peka på områden, där ytterligare forskning eller utveckling behöver genomföras. Den information, som den aktuella inventeringen givit har pekat på ett antal angelägna forskningsområden. Utformningen av ett lågenergihus berör emellertid många teknikområden, där olika faktorer samverkar med systemtänkandet i förgrunden. Därmed finns många angelägna områden för vidare arbete. I det följande redovisas några speciellt. Arbetet har också visat på behovet av en bättre sammanhållning och systematik i forsknings- och utvecklingsarbeten som pågår. Detta diskuteras i ett avslutande avsnitt.

5.2 Forskningsområden

I det arbete som nu föreligger har man gjort en övergripande kunskapsinventering inom lågenergiforskningen. Ett av målen med det arbetet var att identifiera områden som behöver följas upp mer intensivt både vad gäller den övergripande planeringen och specifika problemområden. Vad beträffar specifika problemområden så finns dessa uppräknade i kapitel 3. I detta avsnitt är det meningen att beskriva ett antal större områden som antingen bedöms vara speciellt angelägna eller där en viss samordning av resurserna mot en övergripande målsättning anses vara befrämjande.

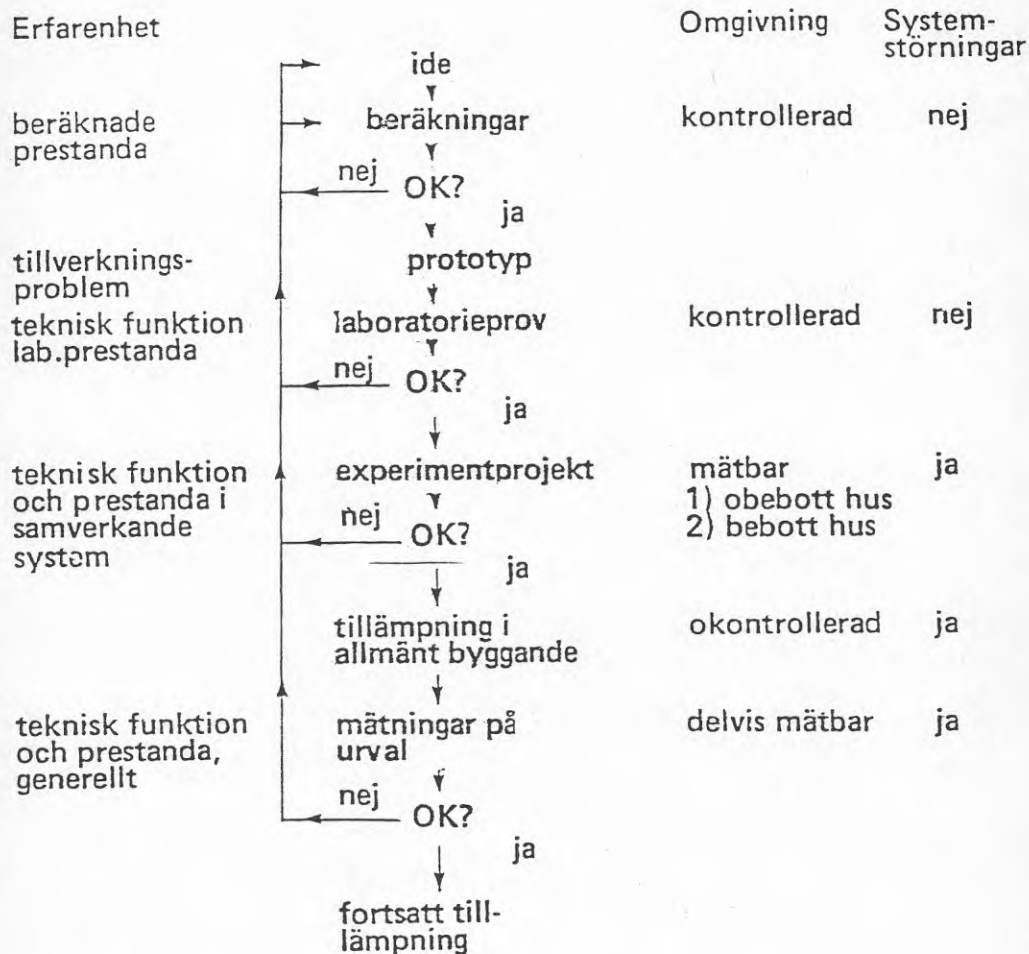
5.2.1 Värmeisoleringsfunktionen i ett lågenergihus

I många fall i ett lågenergihus ställs höga krav på isolerfunktionen. Inverkan av konstruktiva köldbryggor, aktuellt arbetsutförande, produktionsteknik, klimatinverkan på platsen i form av vindbelastningar och luftrörelser, möjligheter till lämplig uppföljning och funktionskontroll, liksom behovet av relevanta beräknings- och dimensioneringsmetoder är några av de faktorer som speciellt bör studeras.

5.2.2 Täthet - ventilation - energiförbrukning

I detta problemområde finns det en del föreliggande arbeten. Man har studerat olika tekniska lösningar för ökad täthet och utvecklat provningsmetoder för att bestämma tätheten såväl hos byggnadsdelar som hela hus. Däremot vet man inte mycket om täthetens verkliga betydelse för årsenergibehovet. Den konkreta målsättningen med det arbete som här föreslås vore att ta fram samband mellan det uppmätta läckflödet vid 50 Pa och årsenergibehovet för olika typer av byggnader och ventilationssystem.

Det finns idag datorprogram som kan beräkna detta samband under väl specificerade förhållanden. Det finns dock vissa frågetecken som uppstår när dessa skall matas med indata. Det kan gälla den verkliga frånluftstemperaturen, luftläckage i ventilationssystemet och systemförluster av olika slag. Dessutom måste infiltrationens beroende av vind och temperatur beskrivas på ett relativt förenklat sätt.



Figur 5.1 Utvecklingskedjan

I detta sammanhang får täthetens beständighet också observeras med hänsyn till såväl materialegenskaper som konstruktiva egenskaper.

Sådana beräkningar får därför kompletteras med en utförlig analys av ventilationssystemen och då speciellt sådana som innehåller någon typ av värmeväxlare.

Praktiska mätningar kunde t ex utföras så att ett antal nyproducerade hus byggdes extremt väl tätade men försågs med justerbara ventiler som gjorde det möjligt att variera det uppmätta läckflödet vid tryckprovning inom ett visst område. Därefter skulle man kunna använda liknande teknik som SIB har använt för att jämföra hus med F och FTX ventilation, nämligen genom att veckovis ändra tätheten samtidigt som energiförbrukningen avläses.

Vidare bör man speciellt studera samverkan mellan effekten av olika ventilationstekniskt energibesparande åtgärder som t ex värmeåtervinning eller behovsstyrd ventilation och byggnadens täthet.

5.2.3 Samverkan mellan komponent, system, byggnad och boende

Vid utformningen av en byggnad för extremt låg energiförbrukning krävs optimering av ett stort antal faktorer. Speciellt i dessa situationer framstår samverkan mellan komponenter, system, hela byggnader och inte minst den boende, som viktiga faktorer för en slutlig, funktionell lågenergilösning. Detta gäller inte minst systemanpassning i samband med utnyttjande av värmepumpar, värmeväxlare och andra alternativa uppvärmningssystem. I många fall är effektbehovet så lågt att utveckling krävs av komponenter med motsvarande låga effekter. Inte minst den boendes egen påverkan är härvid av betydelse.

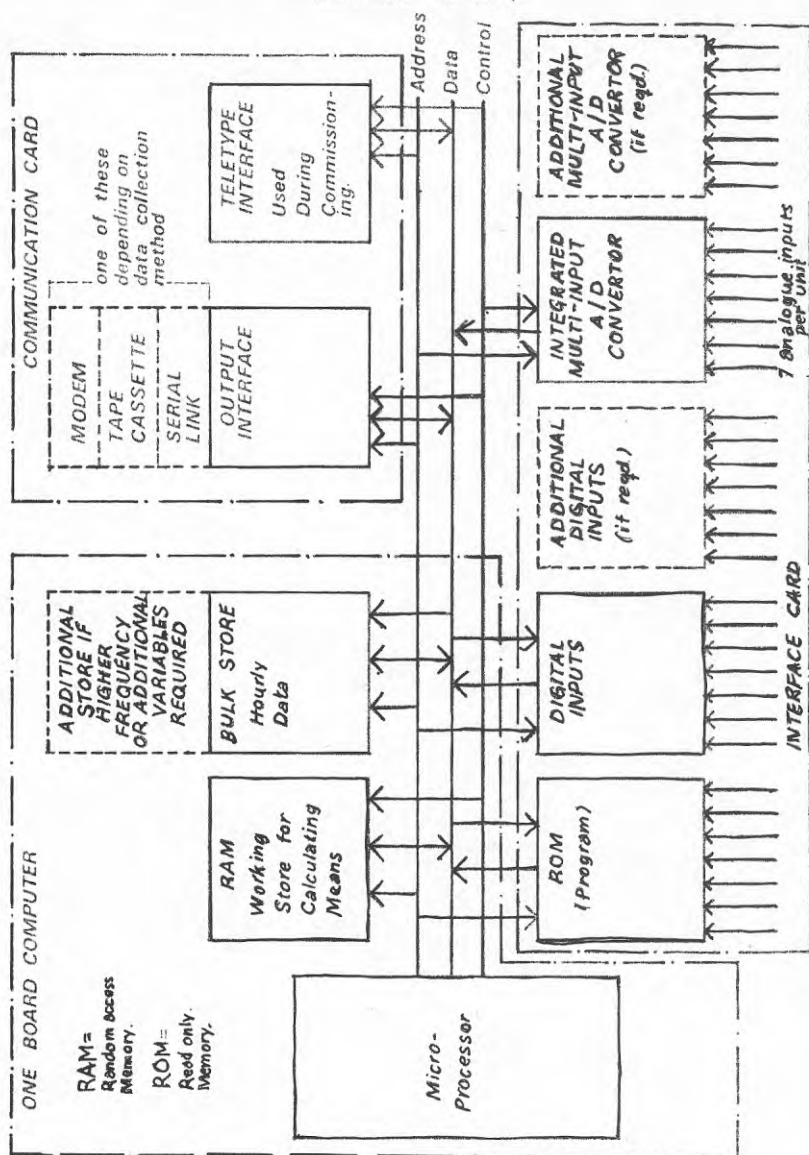
Med den låga energitillförseln i konventionella termer, som är aktuellt för ett lågenergihus, är gratisvärmens storlek och utnyttjande ett intressant problem. Det bör studeras vilka möjligheter, som finns till nytänkande i samband med olika regler- och driftstrategier, vilket är önskvärt för balans mellan gratisvärme och tillförd värme i olika hus.

För VA systemet saknas information kring värmeinnehåll, värmebalans och liknande. Här är det viktigt att man redovisar hur energisnåla installationer och brukarvanor påverkar förutsättningarna för ekonomisk värmeåtervinning.

5.2.4 Komponenter i lågenergisystem

Det ringa effektbehovet i ett lågenergihus innebär att de komponenter som används för tillförsel av energi måste omvärderas och anpassas till ändrade förhållanden. Det gäller t ex värmepumpar, oljepannor och braskaminer. Även formerna för uppvärmningen bör omvärderas med hänsyn till de relativt små energimängder som skall transporteras. En tänkbar alternativ uppvärmningsform är t ex luftburen värme. Man bör här studera samverkan mellan uppvärmningssystemet och byggnaden och göra en teknisk och ekonomisk utvärdering av förutsättningar och prestanda för de olika systemen och för varierande maximalt effektuttag.

Solar Houses in Europe



Figur 5.2 Blockschema som visar ett mikroprocessorbaserat datainsamlingsystem. Palz, W (1981).

5.2.5 Mikrodatorbaserade styr- och övervakningssystem

I detta problemområde föreligger ett behov av automatisk övervakning av energibesparande komponenter och system som är för komplicerade för den gemene husägaren. Samtidigt kan energi besparas genom att inomhustemperatur och ventilation kan varieras antingen enligt ett tidsschema, beroende på vissa uppmätta tillståndsstorheter, eller på beställning av brukaren.

Den principiella utgångspunkten för låg energiförbrukning är att åstadkomma rätt klimat, dvs luft- och temperaturförhållanden på rätt plats vid rätt tidpunkt. Lågenergitekniken innebär i sig normalt små reglerbara värmeeffekter, vilket kan leda till låg styr- och reglerbarhet. Speciella temperaturkällor i form av strålningsvärmare och behovsanpassad styrning av ventilationsluft kan ge förutsättningar för ett maximalt utnyttjande vad gäller ventilations- och temperaturförhållanden.

I arbetets första fas skulle man kunna göra en kostnadssammanställning över ett system innehållande bl a centraldator, sensorer och styrdon och föreslå en utveckling mot ett förbilligande av systemet. Samtidigt uppskattas den energibesparing som systemet kan ge upphov till genom ökad driftssäkerhet och optimal styrning av temperatur och ventilation.

Ett positivt resultat skulle förutom energibesparing kunna ge exportmöjligheter.

5.3 Forskningsmetodik

När man följer upp den forskning inom lågenergihusområdet som redan har ägt rum, får man ibland den känslan att vägen från idé till experimenthus är lite för kort.

En idé bör naturligtvis i första hand ställas mot tidigare erfarenheter och de uppgifter som finns att hämta i litteraturen. Om man vill utvärdera idén skall man i första hand utföra beräkningar. Om passande beräkningshjälpmedel inte finns att tillgå, får man börja med att utveckla sådana. Här finns ett starkt behov av lättillgänglig information om beräkningsmetoder, datorprogram och beräkningskonsulter som finns inom området. Om beräkningarna ger ett positivt resultat kan man börja planera mätningar. Då finns det olika nivåer. En komponent kan studeras och provas för att ta fram viktiga tekniska egenskaper som t ex verkningsgrad och tryckfall över en värmväxlare. Om dimensioneringsgrunderna ändå är osäkra kan systemet byggas upp i laboratorium där olika delar kan bytas ut och systemet lätt kan omjusteras och modifieras. Om man nu på basis av beräkningar och/eller komponent- och systemstudier anser att idén är bärkraftig blir det så dags att utföra en eller flera experimentbyggnader för att kunna göra mätningar. I det läget är det viktigt att ha en klart definierad målsättning med mätningarna. Innan mätningarna påbörjas bör en modell för utvärdering och jämförelse med beräkningsmodeller föreligga. En vanlig målsättning med mätningar är att bevisa en viss årlig energiförbrukning som en åtgärd medför för att sedan kunna bedöma åtgärdens kostnadseffektivitet. Här finns det två huvudstrategier. Den ena är att jämföra den årliga energiförbrukningen för två relativt stora grupper tämligen identiska hus där åtgärden har tillämpats i den ena gruppen medan den andra tjänar som referensgrupp. En husgrupp kan också tjäna

som sin egen referensgrupp om årsenergiförbrukningen mätes både före och efter utgårderna. I det förra fallet orsakar individuella variationer i utförandet och brukarbeteende en stor spridning medan man i det andra får vissa problem med att tolka skillnader i klimat mellan två perioder.

Den andra huvudstrategin är att genom ökad detaljeringsgrad i mätningarna och eventuellt också genom simulerat brukarbeteende kontrollera värmebalansens olika beståndsdelar. På det viset kan beräkningsmodeller anpassas till verkliga förlopp. En stor svårighet i detta sammanhang har varit att mäta infiltrationen. I bebodda hus blir även den tillförda gratisvärmen en osäker post. Denna typ av mätningar är relativt dyrbara och kan därför endast utföras i ett eller ett fåtal hus. Utvärderingen är också mycket arbetskrävande, vilket ofta förbises i planeringen.

Vilken av dessa två huvudstrategier eller kombination av dessa som skall väljas betingas naturligtvis till stor del av projektets natur. Men den valda strategin måste också anpassas till målsättningen på det viset att man har klart för sig vilka resultat som eftersträvas och vilka möjligheter det finns att belägga dessa rent statistiskt.

Resultatet från ett experimenthus är naturligtvis inte enbart fråga om en siffra som anger den årliga energibesparingen. Under utförandet bör man kunna observera produktionstekniska möjligheter och nackdelar med sikte på en eventuell rationell serieproduktion. Under drift bör eventuella bieffekter, känslighet för störningar, brukaranpassning och servicemöjligheter kunna följas upp. Då bör man vara medveten om att ett hus som ingår i ett forskningsprojekt blir ett speciellt föremål för forskarnas och även brukarnas intresse vilket innebär att injusteringar, underhåll och uppföljning blir bättre än normalt.

Rapporteringen borde egentligen ägnas ett speciellt kapitel. Rapporten utarbetas som regel under projektets sista fas då de ekonomiska kalkylerna och tidsplanerna redan har spruckit, samtidigt som det har visat sig att projektresultaten inte till alla delar uppfyller de stora förväntningar som fanns vid projektets början. Att rapporteringen får vänta en längre tid efter projekttidens slut gör som regel inte saken bättre. Alla som har behövt rapporter av ett projekt vet hur långsamt det går om man försöker begränsa sina insatser till normal arbetstid när en uppsjö av nya arbetsuppgifter väntar på en.

För att komma tillrätta med detta problem skulle man t ex kunna upprätta en lista med specificerade minimikrav över vad en sådan rapport skall innehålla samt betala ett speciellt författararvode för de rapporter som uppfyller dessa minimikrav och inkommer inom rimlig tid efter projekttidens slut. Författararvodet skulle ligga helt utanför projektbudgeten.

Det finns andra former för erfarenhetsåterföring än rapporter, även om dessa utgör ett viktigt led. En kontinuerlig uppbyggnad av kunskap om den grundläggande fysiken, mättekniken och deras tillämpning bör utgöra en viss del av arbetet. Kopplingen mellan beräkningsmodeller och försök bör förbättras. Man bör eftersträva att alla välinstrumenterade experiment testas mot beräkningsmodeller. En mer aktiv växelverkan mellan teori, beräkningar och experiment behövs.

För att kunna åstadkomma detta krävs personer, grupper och institutioner som bereds möjlighet att arbeta systematiskt och långsiktigt med dessa problem. Det är viktigt att de arbetar på ett öppet sätt i nära samverkan och växelverkan med olika konkreta projekt.

5.4 Fortsatt arbete

Kraven på sammanhållning och systematik i den vidare forskningen väcker frågor kring resurser för beräkning och teoretiska utvärderingar. Likaså resurser för utvärdering och mätning, teknisk provning, i dessa sammanhang. På samma sätt är en övergripande sammanhållning, eller samlad information inom området av betydelse.

Mot denna bakgrund kan den vidare fortsättningen av det aktuella projektet ses. Om området anses som ett prioriterat insatsområde inom byggforskningen kan det vara angeläget att föra arbetet vidare. Detta kan ske genom att databanken kompletteras och hålls aktuell vad gäller information om genomförda projekt och pågående arbeten. Därmed fås en information som är anpassad till forskningsområdet, är mer lättillgänglig och av högre kvalitet än vad som var vanligt för allmänna databaser. Inom projektet har även diskuterats behovet av att vid tillfällen göra "state of the art"-rapporter. Detta kräver en speciell insats. Det innebär att tillgänglig information förs ett steg vidare. Förutom en allmän bakgrund och en strukturering av det aktuella materialet görs en värdering och analys av de resultat som kommit fram. En inventering av det slag som gjorts inom föreliggande projekt bör vara aktuell även för andra områden, som är prioriterade inom byggforskningen. Förutsättningarna skulle därmed öka för ett målmedvetet fortsatt arbete i medvetande om de arbeten som genomförts och det resultat som dessa medfört.

6 PROJEKTLISTA

Nedan följer en sammanställning över de projekt som finns med i databasen.

8204001

Solvärmesystem för tappvarmvatten i flerbostadshus
Wahlings Installationsutveckling AB,
Box 1, 182 11 DANDERYD 1
Sören Lindgren 08-7552740

8204002

KNIVSTA EGH1. LAGENERGIHUS
Riksbyggen, projekteringskontoret i Stockholm
08-730620
Inst för uppv och vent teknik, KTH, Stockholm
08-7877000
Alvar Östman - Jan Nilsson
Lennart Ringholm

8204003

Passivt solenergisystem, hus med tung vägg.
EFEM arkitektkontor
Hans Eek 031-178460

8204004

SSF-metoden, Sol Spar Faktor. Enkel metod för bedömning
av solvärmestillskott för bostäder i Stockholmsområdet.
Can Arkitektkontor AB, Drottninggatan 57,
111 21 STOCKHOLM 08-243735
Roland Persson

8204005

Energisnåla småhus, Projekt Täby
Tyréns Företagsgrupps AB 08-220940
N E Lindskoug

8204006

Energisnåla bostadshus, passiv solvärme, programstudie
Can Arkitektkontor AB, Drottninggatan 57,
111 21 STOCKHOLM 08-243737
Göran Lundquist

8204007

Systemstudier av TT-systemets komponenter för lågenergihus
(BFR nr 810137-6)
Novotherm AB, Sollentuna
Torgny Thorén 08-7544000

8204008

Lågenergihus genom utnyttjande av solvärme och värme-
återvinning - förstudie
Avd för Husbyggnadsteknik, Chalmers Tekniska Högskola
Rolf Pettersson

8204009

Temperaturreglering i bostadshus
Energi i norr. Konsult: energi- och reglerteknik, undervisning
Axvägen 23 B, 931 38 SKELLEFTEA 0910-18862
Viktor Oja

8204010
Solvärmväxlare och ytjordvärme
Gräpenfelt Installationskonsult AB
Gösta Eléhn 063-117090

8204011
Lågenergiprojekt för småhus
Byggnadskonstruktionslära, LTH
Bertil Jonsson 046-107000

8204012
Soluppvärmt ekologiskt lågenergihus.
BFR-projektnummer 771055-8
Lennart Sigurd, Ingeltorpsvägen 13, SOL-EKO,
605 90 NORRKÖPING 011-43378

8204013
Lågenergihuset Kardos
Karl Kardos 031-881037

8204014
Variation i energiåtgång hos nyproducerade småhus.
Avd för Byggnadskonstruktion 031-810100-1738
Christer Harrysson 0346-83140

8204015
Undersökning av effekter av energisparåtgärder
(Högskoleprojektet)
Statens institut för byggnadsforskning i samarbete med
Norrlands Byggtjänst i Umeå, inst för Byggn tekn, KTH,
avd för husbyggnad, CTH, inst för byggn konstr lära, LTH
och avd konstr teknik, LuTH
Urban Norlén 026-100220

8204016
Lågenergihus Strängnäs. Redovisat till BFR.
Projekt 781416-4.
David Linnceus 0152-25278

8204017
Energisnåla flerfamiljshus (prel namn)
Planeringsberedningens kansli, STOCKHOLMS KOMMUN
Mats Thorén (prel) 08-789620

8204018
Lågenergi - Försöksbostäder
Sintef, 7034 TRONDHEIM, NORGE
Helge Raaen 075-92623

820419
Energisnålt hus baserat på mekanisk ventilation av
takkonstruktion som solfångare
AB Fastighetsanalys
Hans Lönn 08-7402080

8204020
Villa - 80
AB Norrlands Byggtjänst
Jan-Åke Jonson 090-125910

8204021

Rockwool AB:s energisåla småhus i Skövde - för-
projektering
Rockwool AB
Claes-Göran Stadler 0500-69221

8204022

Utveckling av växthuskonstruktion anpassad till låg-
energisystem
Sveriges lantbruksuniversitet, inst för lantbrukets
byggnadsteknik
Göran Nilsson 046-117510

8204023

Passiv solvärmeteknik på Teleborgsområdet i Växjö
Statens Provningsanstalt
Ake Blomsterberg

8204024

Direktverkande värmepump (Spanoterm) för småhus
i Bromölla - prototyp
LB-HUS AB, Box 67, 295 00 BROMÖLLA 0456-28030
Ulf Bergström

8204025

Energisålt hus i Sorunda
JCC och Axel Johnson Engineering AB
Knut Enarson 0752-14200

8204026

Sol - jordvärmeanläggning system Backlund, Sveg
Wangerud Konsult AB, Östersund
Ingemar Holmlund, Ålgstråket 31,
831 43 ÖSTERSUND 063-128383

8204027

Lågenergiprojekt i Smålands Taberg
Stiftelsen Tabergshem, Jönköpings kommun
Kent Kieninger 036-105196

8204028

Icke stationär värmeströmning i byggnadsdelar -
inverkan på klimat och energibehov
Husbyggnadsteknik, Lunds Tekniska Högskola
Gudni Johannesson 046-107382

8204029

Lågenergihus i Mullsjö
Atrio Arkitektkontor
Stig Axell 036-118390

8204030

Experimenthus i Linköping
K-Konsult, Stockholm
Laszlo Marko 08-7440000

8204031

Energisnålt varmvatten i bostadshus
Wahlings Installationsutvecklings AB,
Box 1, 182 11 DANDERYD 1
Sören Lindgren 08-7552740

8204032

Energisparande åtgärder i småhusbebyggelse från 1960-talet
Avd för Husbyggnadsteknik, LTH
Ann-Charlotte Andersson 046-107387

8204033

Quality demands of solar collectors
Technical Research Centre of Finland
Timo Kalema

8204034

The properties of solar and heat pump heating system
Technical Research Centre of Finland
Timo Kalema

8204035

Uppmätning av småhusens solvärmesystem
Statens Tekniska Forskningscentral
Timo Kalema

820436

Vinduer og varmeakkumulering
Norges Byggeforskningsinstitutt, Trondheimsavdelningen
Anker Nielsen, Roy S Heiersted 075-93390

8204037

Energisnåla småhus. Energi- och effektbehov.
Temperaturkorrigering
Tekn lic Karl Munther Energiforskning AB
Karl Munther 08-540940 Planverket 08-877276 bostaden

8204038

Deltagelse i IEA Solar Heating and Cooling Programme,
Task VIII, Passive and Hybrid Solar Low Energy Buildings
Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks Tekniske Højskole
Ove Jörgensen 02-883511

8204039

Experiment med passivt solvärmeutnyttjande i Hässelby
K-Konsult
Laszlo Marko 08-7440000

8204040

Undersökning av ett värmeåtervinningssystem i höghuset,
vilket använder hållplattor som luftkanal.
Statens Tekniska Forskningscentral i Finland
Matti Laukkanen 038-0-4564757

8204041

Värmeåtervinning ur frånluft i befintliga flerbostadshus
1) Statens Tekniska Forskningscentral i VVS-tekniska laboratoriet
2) Finlands Fastighetsförbund
3) Rakennusvalmiste Oy
Jorma Railio 358-0-4564745

8204042

Flerbostadshus med luftburen värme - luftcirkulation
i varje rum
Statens Tekniska Forskningscentral, VVS-tekniska laboratoriet
(som konsult till Oy Partek A6)
Jorma Railio 358-0-4564745

8204043

Flerbostadshus med luftburen värme - luftcirkulation
i lägenheter
Statens Tekniska Forskningscentral - VVS-tekniska laboratoriet
(som konsult till Puolimatka - Yhtymö Oy)
Jorma Railio 358-0-4564745

8204044

Institutionen för Uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH
F Peterson

8204045

Experimenthus med passiv solenergiteknik på Teleborgs-
området i Växjö
Scandinavian Consulting Groups Resursplanering AB
Bo Ulmås

8204046

Gustavslund
Stadsbyggnad A i samarbete med Hälsingborg
Stadsb dir Bertil Perntoft, Hälsingborg
Ansv: Bertil Hultén, LTH

8204047

Lågeffekt - Lågenergihus i Knivsta
Uppvärmnings- och Ventilationsteknik, KTH
Folke Petersson 08-7877674

8204048

Beräkningsmetoder för energibesparing i bostadshus
Byggnadskonstruktionslära, LTH
Kurt Källblad 046-107358

8204049

Energiushållning i undermarksanvändning.
Jordtäckta hus. Andras till "jordskyddade hus".
VBB AB
Torbjörn Winqvist 08-228580

8204050

Kostnadseffektivt lågenergihus
Mats Wolgast 018-152000 ankn 1183

8205051

Passiva solhus, Stora Ersåsberget i Göteborg,
flerfamiljshus
K-Konsult, Göteborg
Gunnar Nordfelt 031-803820

8204052

En energisnål kontorsbyggnad
Ekono Oy
Antero Punttila, Ekono Oy, P O Box 27
SF-00131 HELSINGFORS 13 358-0-46911

8204053

Luftburet lågenergisystem för lokalkomfort
Kvissberg & Bäckström Byggnads AB och
Jönköpings Tekniska Högskola
Hans Ottosson 013-111700-1156

8204054

Mångsidigt användbara förskolor och fritidshem -
Förstudie till energiexperiment
KTH-A Sektionen Avd Formlära
Ronald Colven 08-7878557

8204055

Energianvändning i radhus med extrem isolering och
värmväxling - mätningar, datorberäkningar, studier av de
boendes roll
Byggnadskonstruktionslära
Bertil Fredlund och Egon Lange 046-107357

8204056

Kv Akern, energihantering i lättbyggnad
Citadellet AB
CG Pettersson 08-418562
ytterligare information lämnas av Sven Malm 08-7148492

8204057

Energiförbrukning i vatten- och energisnåla småhus
med passiv solvärme och värmepump (SPARSAM)
KTH, Byggnadsteknik
Arne Elmroth 08-7878669

8204058

Solytyphus Väst
Knut-Olof Lagerkvist 033-102000
(mätning och utvärdering)

8204059

Småhusproduktion av tegelhus - en jämförande studie
C Andersson AB, avd Byggproduktionsteknik
Kjell-Börje Grönder, Bengt Hansson

7 DATABLANKETT FÖR LÅGENERGIHUS

Projektspecifikation (Texta eller skriv på maskin)

Projektnamn:

Institution eller företag:

Projektledare:

tel:

Syfte:

Publikationer: (Förf., titel, distribution, ev beställningskod)

Total FOU budget ca: sv kr

STARTDATUM
år mån

Slutdatum
år mån för avslutade projekt

Planerat slutdatum
år mån för pågående projekt

Flerbostadshus	<input type="checkbox"/>	1
Enbostadshus/radhus	<input type="checkbox"/>	2
Byggnadstekniska lösningar	<input type="checkbox"/>	3
Värmeisolering	<input type="checkbox"/>	4
isolergrad	<input type="checkbox"/>	5
utförande	<input type="checkbox"/>	6
Täthet	<input type="checkbox"/>	7
Fönster	<input type="checkbox"/>	8
Energiplanering och installationer	<input type="checkbox"/>	9
Solvärme	<input type="checkbox"/>	10
aktiv	<input type="checkbox"/>	11
passiv	<input type="checkbox"/>	12
Ventilationssystem	<input type="checkbox"/>	13
självdrag	<input type="checkbox"/>	14
mekanisk frånluft	<input type="checkbox"/>	15
mekanisk tilluft	<input type="checkbox"/>	16
Värmeåtervinning	<input type="checkbox"/>	17
frånluft	<input type="checkbox"/>	18
avloppsvatten	<input type="checkbox"/>	19

	69	
Värmepump	<input type="checkbox"/>	20
mot jord	<input type="checkbox"/>	21
mot vatten	<input type="checkbox"/>	22
mot uteluft	<input type="checkbox"/>	23
mot ventilationsluft	<input type="checkbox"/>	24
Värmelager	<input type="checkbox"/>	25
korttidslagring	<input type="checkbox"/>	26
vattentank	<input type="checkbox"/>	27
stomme	<input type="checkbox"/>	28
salter	<input type="checkbox"/>	29
värmegrund/stenbädd	<input type="checkbox"/>	30
säsongslagring	<input type="checkbox"/>	31
Värmedistribution	<input type="checkbox"/>	32
vatten	<input type="checkbox"/>	33
luft	<input type="checkbox"/>	34
el	<input type="checkbox"/>	35
lågtemperatursystem	<input type="checkbox"/>	36
Styr- och reglersystem	<input type="checkbox"/>	37
mikrodatorbaserade	<input type="checkbox"/>	38
termostatventiler	<input type="checkbox"/>	39
nattsänkning - tidsstyrning ...	<input type="checkbox"/>	40

Energislag	<input type="checkbox"/>	41
fjärrvärme	<input type="checkbox"/>	42
el	<input type="checkbox"/>	43
olja	<input type="checkbox"/>	44
fasta bränslen	<input type="checkbox"/>	45
Vattensnåla system	<input type="checkbox"/>	46
Funktionsstudier	<input type="checkbox"/>	47
Byggerfarenheter	<input type="checkbox"/>	48
Driftserfarenheter	<input type="checkbox"/>	49
Komponentsamverkan	<input type="checkbox"/>	50
Systemoptimering	<input type="checkbox"/>	51
Boendeinverkan	<input type="checkbox"/>	52
Inomhusklimat	<input type="checkbox"/>	53
Effektbehov	<input type="checkbox"/>	54
Energiförbrukning per år	<input type="checkbox"/>	55
Lönsamhet	<input type="checkbox"/>	56

Projektmetodik

71

Litteratursökning	<input type="checkbox"/>	57
Via Byggdok	<input type="checkbox"/>	58
Antal dokumenterade referenser..	<input type="checkbox"/>	59
Programarbete - förstudie	<input type="checkbox"/>	60
Teoretisk studie	<input type="checkbox"/>	61
Datorsimulering	<input type="checkbox"/>	62
Analytiska modeller	<input type="checkbox"/>	63
Förenklade beräkningssätt	<input type="checkbox"/>	64
Mätstudier	<input type="checkbox"/>	65
Laboratoriemätning	<input type="checkbox"/>	66
Fältmätning	<input type="checkbox"/>	67
Mätcentral	<input type="checkbox"/>	68
Datalogger	<input type="checkbox"/>	69
Skrivare	<input type="checkbox"/>	70
Manuell avläsning	<input type="checkbox"/>	71
Studie av mätresultat vs teori	<input type="checkbox"/>	72

Resultatredovisning

- Forskningsrapport 73
- på svenska 74
- på engelska 75
- Användarinriktad information 76
- Beräkningshjälpmedel 77
- Resultaten är generaliserbara 78
- Projektresultaten föranleder fortsatt
forskning 79

Projektets förutsättningar

- Projektets ursprungliga syfte
har förändrats 80
- p g a ekonomi 81
- p g a synpunkter från
 uppdragsgivaren 82
- p g a ändrade tekniska
 bedömningar 83
- Vetenskaplig bakgrund 84
- Arkitekt 85
- Civ ing 86
- Ingenjör 87
- Tekn dr/lic 88

Projektet skulle planerats annorlunda	<input type="checkbox"/>	88
Mer tidsåtgång	<input type="checkbox"/>	90
Bättre avgränsat	<input type="checkbox"/>	91
Mera beräkningar	<input type="checkbox"/>	92
Annan mätteknik/uppläggning	<input type="checkbox"/>	93

Kompletterande uppgifter:

8 BEARBETNING AV BLANKETTSVAR

På nästa sida ges en tabell som visar vilka frågor som, enligt blanketten, fått ett positivt svar i de olika projekten. De översatta två raderna anger frågans nummer och den första kolumnen projektets nummer. Positivt svar anges med en etta.

Fråga

Proj 00000000111 11111122222 22222333333 33344444444 45555555555 66666666777 77777788888 88888999999
123456789012 345678901234 567890123456 789012345678 901234567890 123456789012 345678901234 567890123456

1	101000001110	000000000000	111000000000	000000000011	111001111111	110000000000	110101000001	010000000000
2	101100110011	001110000000	000100001001	100101000000	100011100000	010000101101	110001000000	110000000000
3	011100011101	110000000000	110100011000	000010011110	100011101010	110110000011	000000000000	000000000000
4	010010101111	101111111011	011000011110	100100100011	110110110011	111111110011	111001100001	111100000000
5	111111111101	101111000000	110100010101	100111100000	000110100000	111100000000	110111100001	111100000000
6	101111110101	001111000001	010100000101	001100100000	011011110001	110100000000	110000100001	100100000000
7	011110101101	101111111001	110001110101	110110100010	011011110001	100111101111	110000100001	001000000000
8	001100001110	101111110001	110100010101	110101010101	010011101000	100110101000	110000000001	010000000000
9	010000000000	000000000000	000000000000	101100110010	100001111111	100111101111	110001000000	010000000000
10	010000000010	000000001010	000000001000	000000100001	110000110000	000100000110	010000000000	010001001000
11	011111111101	101100000000	110100010010	101010100010	000111100001	110111110011	110000100001	010010001000
12	011101011111	101111000000	110001010100	110010101111	100111100000	100110000010	110000000000	001000000000
13	011111101111	111111110101	111101111001	101110011001	100101111110	000110100011	110101011010	010111000000
14	011111111111	111111111111	111100011111	111111111111	111111111100	111111111111	111111111111	000111111000
15	111110011000	000000000000	000000000000	101011110000	000011100000	101010100011	111111100010	000010001000
16	010111111110	110000011000	111000001011	000010101001	100101110000	000110000010	110101100001	101011011000
17	101111111101	101111010100	110101011101	111111001111	111111100000	000010110111	110101000001	111100000000
18	011111111111	111111011011	111101111111	111110110111	111111100001	111110110111	100001100001	110010100000
19	010010110111	091000000000	000000000010	001100100000	100000110000	000100100111	010100000000	010000000000
20	011111110000	101011011011	000000011010	110110010001	100110110001	100100100110	110101100001	111000000000
21	011111110001	101111010001	000000010101	000010100011	011011110001	100110101001	110000000001	010000000000
22	011100000100	101100010011	000000010101	000000000000	000011100000	111000000000	110000000001	010000000000
23	011110000101	001111000000	110001010100	101011010011	110011101010	110101010010	011010000000	110011010000
24	011000010100	101000010010	000000010000	100000100011	111111110000	110101011111	110101100000	110000000000
25	011010000001	001101100000	000000000101	000100100001	111111110001	100111101001	010011100000	010000000000
26	010000000110	101100010100	100000111001	000000000010	111001110001	000000110011	110011000000	010000000000
27	101110111101	101111000000	110100000010	000100100011	111111110000	111101100001	110001011001	111011000000
28	000000001101	000000000000	110100000000	000000000010	000011001110	111100000000	101000000000	000000000000
29	010000000110	001111000000	000000010010	001111010001	000001110000	100110000010	110000000001	100010100000
30	101100101110	101011000000	010000011000	101000000011	110011110001	110110101101	000000000001	100000000000
31	110000001000	000000000000	000000000000	000011101010	111101111110	101000000000	110101100001	010000000000
32	011110110000	110000000000	000000011000	100100000010	100000111010	100110100010	110100011000	010010001000
33	000000001110	000000000000	000000000000	000000000011	100000101010	000000000000	100000000000	010000000000
34	010000001110	000000001000	011001000000	000000000010	000001110000	110000000000	100000000000	010000000000
35	010000101110	101111011000	111000011110	000000000010	110111110000	000010101111	101000000000	010000000000
36	111000010001	000000000000	010000000000	000000000000	000000100000	110111001100	100110000000	010100000000
37	010110111101	111111110001	000000011110	000000100000	001001110000	011100000000	110111100000	000100000000
38	111111010111	111111000000	111100001101	111100000001	111010111000	010111101001	101111000001	110000000000
39	101000011101	000000000000	011000000000	100000000011	100110111011	110101011011	000000000000	100000000000
40	100000000100	101111000000	000000011000	101011000011	010011100000	000110101100	100100000001	010000000000
41	100000001000	101111000000	000000000000	000011000011	110101100001	101010100111	100101000001	010000000000
42	101000111110	101111000000	110100011100	101011000011	110111110001	100110101011	100100100001	010000000000
43	101000101000	101111000000	110100011100	111011000011	110111110001	100110101011	100100000001	010011000000
44	011110100111	011111000000	111100011101	000011000011	111111110111	111111101011	110101000001	010100000000
45	011111111101	111111000000	110001010111	100010100011	111111111000	110101111111	111011010001	101000000000
46	110000000111	000000000000	000000000000	000000000000	000000001001	010000000000	110001100001	000100000000
47	011111111111	101111000000	101000011001	100111000011	111111110000	110010101000	110000000001	010011000000
48	111100011101	111100000000	000000000000	100100000010	000111100000	111100000000	101111100001	010011010000
49	011001101001	001101000000	100001000101	110000000011	101011110001	110010111001	110101100001	111100000000
50	011110111000	100011000000	000000000100	000000101111	101011110000	000001011001	111101100000	000000000000
51	101110110101	111111010001	100110010110	001110100101	111111110001	110010111001	111111000001	110100000000
52	001000110111	101111000000	010100100101	010101000011	111101000000	110110110111	101101100000	010100110000
53	010000000110	000000000000	010011000100	010000110001	001000000000	000000110000	010000011010	001010100000
54	001111011110	101111111011	110110011010	100111110011	101001110011	000100000000	110111111001	111000000000
55	011111010001	101110000000	000000001000	101111000011	110111100000	111101100111	110101110010	011000000000
56	101111110000	000010010101	111000011101	110000000011	101100101000	000010100000	110000011000	001000000000
57	011111111101	101111110001	110100010110	000010100011	101111000000	110110110111	111111000001	000100000000
58	010000000111	101011110111	111000011001	111110100010	111000011001	100110101011	110011111111	111000000000
59	011101100000	000000000000	000000000000	000000000001	110001110000	001000000000	010100000000	000100000000

LITTERATUR

- Abrahamsson, T, 1979, Energi från solvärmd vind. Beredning av varmvatten eller förvärmning av ventilationsluft. Förstudie. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 12:1979, Stockholm.
- Abrahamsson, T, Jonsson, S, Strååt, H, 1982, Luft- och vattenvärmepump till befintlig gruppcentral. Förstudie i Brunnsberg, Varberg. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 34:1982, Stockholm.
- Adamson, B, Källblad, K, 1982, Byggnaders energibalans, en handberäkningsmetod. (Institutionen för byggnadskonstruktionslära, LTH.) Lund.
- Almlund, Nilsson, Norström, Wangerud, 1980, Experimentbyggnadsprojekt "System Backlund". (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 177:1980. Stockholm.
- Andersson, A-C, Fjällström, H, 1980, Energibesparande åtgärder i småhusbebyggelse från 1960-talet. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 4:1980. Stockholm.
- Andersson, I, Höglund, G, Leckström, R, 1981, Injustering av tvårörsvärmsystem. Utvärdering av alternativa metoder. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 123:1981. Stockholm.
- Andersson, K A, 1981, Tidsstyrda elradiatorer i småhus. Fältundersökning i Viksjö, Järfälla. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 67:1981. Stockholm.
- Andersson, K A, 1981, Ytjordvärme eller direktvärme? Två års erfarenheter från ett småhusområde i Arvika. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 45:1981. Stockholm.
- Andrén, O, Hedberg, P O, 1982, Blandningsdelar för luftbehandlingssystem. Analys och kravspecifikation. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 23:1982. Stockholm.
- Axell, S, 1981, Lågenergihus i Mullsjö. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 93:1981. Stockholm.
- Bakken, K, Brunberg, E-Å, Girdo, V, Olsson, R, 1982, Termokemisk energilagring. Fullskaleförsök i en villa i Jakobsberg. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 49:1982. Stockholm.
- Bergqvist, B, Holmberg, J, 1978, Swedish Energy Projekts 1978. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport D13:1978. Stockholm.

- Bergström, U, Fehrm, M, Mattsson, P-O, 1982, Direktverkande värmepump för småhus. Utvärdering av funktion och energibesparing genom fältmätningar. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 18:1982. Stockholm.
- Berkowicz, G m fl, 1980, Värmepumpar för flerbostadshus. Förstudie: 750 lägenheter i Minneberg, Stockholm. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 81:1980. Stockholm.
- Berndtsson, L, Granstrand, L, Lindgren, S, 1982, Energisnålt varmvatten i bostadshus. (Statens råd för byggnadsforskning.) T2:1982. Stockholm.
- Berndtsson, L Lindgren, S, 1979, Solvärmesystem för tappvarmvatten i flerbostadshus. Förstudie till experimentbygge - etapp 2. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 7:1979. Stockholm.
- Berntsson, T, 1980, Dimensionering av jordvärmesystem. Teknik och ekonomi. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 53:1980. Stockholm.
- Berntsson, T, Franck, P-A, Jacobson, L, Modin, B, Wilén, P, 1980, The use of the ground as a heat source for heat pumps in urban areas. (Statens råd för byggnadsforskning.) D39:1980. Stockholm.
- Bjerking, S-E, 1979, Fönster. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 150:1979. Stockholm.
- Björk, E, Wiklund, S, 1982, Energibesparing vid tidsstyrning av temperaturen i gruppbyggda småhus. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 8:1982. Stockholm.
- Björk, E, Wiklund, S, 1980, Praktisk provning av vattenburet värmesystem med värmepump och konvektorer/radiatorer. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 131:1980. Stockholm.
- Blomberg, P E, Dahlgren, T, Haegerstrand, E, Schmeling, P, 1982, Absorptionsvärmepumpar i kombination med små hetvattenpannor. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 31:1982. Stockholm.
- Boman, C-A, Matsson, M, 1981, Provhus med dynamisk isolering. Mätningar. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 142:1981. Stockholm.
- Boman C-A, Sidén, L, 1981, Värmepumpsystem med luft som värmekälla. Energibesparing i sex villor i Hudiksvall. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 125:1981. Stockholm.
- Bovin, J, Jacobson, S, 1980, Varmluftsuppvärmning av flerbostadshus. Förstudie. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 152:1980. Stockholm.

- Bredberg, U, Eriksson, A, Rygert, G, Thorvaldsson, G, 1981, Energisparande bostadsutformning. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 12:1981. Stockholm.
- Burell, J, Burell, U, 1982, Dormsjö projektet. Erfarenheter från att planera, bygga och bo i ett grupphusområde med alternativ energi- och miljöteknik. (Statens råd för byggnadsforskning.) T3:1982. Stockholm.
- Bäckström, B, Sylvesten, G, 1980, Värmepumpar för tappvarmvatten. Experimentanläggningar i befintliga flerbostadshus - planeringsresultat - installationsmöjligheter. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 146:1980. Stockholm.
- Bäckström, H, 1980, Energiförluster för grundkonstruktioner i småhus. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 32:1980. Stockholm.
- Carlsson, B, Stymne, H, Wettermark, G, 1978, Lagring av värme. En översikt över metoder och möjligheter. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 70:1978. Stockholm.
- Colven, R, 1980. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 48:1980. Stockholm.
- Dahlstrand, K, Edelborg, I, 1981, Att använda branddammur för värmelagring. Utredning för ett framtida fjärrvärmesystem i Tidaholm. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 146:1981. Stockholm.
- Degerman, T, 1982, Projektbeskrivning. (Lunds tekniska högskola.) Lund.
- Eek, H, 1978, Sol, luft och värme, - erfarenheter från projektering och byggnader av ett energisnålt hus. (Statens råd för byggnadsforskning.) T13:1978. Stockholm.
- Eek, H, Solbräcke, B, 1982, Sol, tyngd och värme, - passivt solhus med tung vägg. (Statens råd för byggnadsforskning.) T7:1982. Stockholm.
- Engen, Granum, Hestnes, Raaen, Skjulsvik, 14 Lavenergi-hus, Heimdal. Delrapport nr 1. Sintef Rapportnr: STF G2 A 81003.
- Eléhn, G, 1981, Solvärmväxlare och ytjordvärme. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 71:1981. Stockholm.
- Elmårsson, B, 1979, Puts på tilläggsisolering. Tio experimentbyggnadsprojekt för prov av olika metoder. (Statens råd för byggnadsforskning.) T5:1979. Stockholm.

Elmroth, A, 1981, Technische Energiesparmassnahmen beim Bauen in Schweden. Institutionen för byggnadsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) Stockholm.

Elmroth, A, Forslund, J, Rolén, O, 1981, Energibesparing i bostadshus. Institutionen för byggnadsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) Stockholm.

Elmroth, A, Lögberg, A, 1981, Airtight Houses and Energy Consumption. Maisons étanches à l'air et consommation d'énergie. Institutionen för byggnadsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) Stockholm.

Elmroth, A, Nylund, P O, 1981, Fukt, täthet och ventilation. Utveckling av tekniska system. Institutionen för byggnadsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) Stockholm.

Enarson, K, 1980, Nya kanaltyper för luftburna uppvärmningssystem. (Svensk Byggtjänst.) R167:1980. Stockholm.

Enarson, K, Nyberg, K, 1980, Energisnålt hus i Sorunda. Projektering, uppförande och utvärdering av 1½-plans enfamiljshus med luftburen värme. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 169:1980. Stockholm.

Fikri, Z, Käll, G, 1977, Projektering av elanläggningar i byggnader från energihushållningssynpunkt. Del III. Elförbrukningskalkyler. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 81:1977. Stockholm.

Finn, L, Gransell, H, 1982, Värmeproduktion i heliostatanelläggningar. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 33:1982. Stockholm.

Fredlund, B, 1982, Energibesparing genom värmelagring i innertak med glaubersalt. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 26:1982. Stockholm.

Gabrielsson, J, Mäki, H, Sulku, J, Kuusela, L, 1980, The EKONO Building. Cost effective energy design. CLIMA 2000. 7th International Congress of Heating and Air Conditioning. Budapest 1980.

Gabrielsson, J, Punttila, A, 1978, Extract-Air Window as a Solar Collector and Hollow Core Concrete Slab as a Heat Utilizer. EKONO-Oy, Helsinki 1978.

Gedda, C, Ejdeling, G, 1982, Värmelagring i grundvattenmagasin. Fältförsök i kalkstensakvifer, Landskrona. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 32:1982. Stockholm.

Gezelius, G, 1982, Värmepumpar i befintliga flerbostadshus. (Statens råd för byggnadsforskning.) T8:1982. Stockholm.

Girido, V, 1981, Passiv solvärme för byggnadsuppvärmning, - metod för beräkning av energibesparing och självförsörjningsgrader. Institutionen för Byggnadsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) Stockholm.

Glas, L-O, Karlsson, G, Kenne, H, 1982, Utveckling av värmepumpsystem för bostäder. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 73:1982. Stockholm.

Grafström, H, Lagergren, S, 1982, Värmepump vid friluftsbad med havsvatten som värmekälla. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 45:1982. Stockholm.

Grundsell, B, Schenström, J, 1982, Drift- och skötselinstruktioner för småhus. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport T5:1982. Stockholm.

Gröndalen, O, Renntun, M, 1980, Resultat från prov av två ytvärmepumpar. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 135:1980. Stockholm.

Hallenberg, J Norbäck, K, 1982, Sjövattnen som värmekälla till värmepump. Erfarenheter från uppvärmning av två småhus i Falun. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 46:1982. Stockholm.

Harrysson, C, 1981, Effekt- och energibehov vid periodvisa temperatursänkningar i småhus. Teoretisk beräkning av värmekapacitetens betydelse för vanligen förekommande konstruktioner och värmesystem. (Chalmers Tekniska Högskola.) Avdelningen för Byggnadskonstruktion. Arbetsrapport 1981-20. Göteborg.

Hill, A, Matsson, L-O, Rydberg, A, 1981, Återvinning av värme med värmepump från lokaler där spillvärme alstras. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 145:1981. Stockholm.

Höglund, I, 1981, Bygga om - spara energi. Energihushållning i teori och praktik. Institutionen för byggnadsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) Meddel. nr 135. Stockholm.

Ingeström, C, Reklambrochyrer från Legalett.

Isaksson, P, 1980, Flat plate thermal solar collectors. A physical background. (Statens råd för byggnadsforskning.) D35:1980. Stockholm.

Jensen, L, Tiljander, S, 1981, Marknadsundersökning av datoriserade styr- och reglersystem för byggnadsklimatsystem. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 88:1981. Stockholm.

Jilderyd, O, Oja, V, 1980, Reglerspjäll i rökrör och luftintag i småhus. Undersökning av energibesparing med reglerspjäll. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 156:1980. Stockholm.

- Johannesson, G, 1981, Active Heat Capacity. Models and parameters for the thermal performance of buildings. (Lunds Tekniska Högskola.) Rapport TVBH-1003. Lund.
- Johansson, C, Pettersson, B, 1983, Takvärme - Energi-förbrukning. (Statens råd för byggnadsforskning.) Under publicering.
- Johnsson, H, 1981, Datorsimulering av reglersystemet: radiatortermostatventil - radiator - rum. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 95:1981. Stockholm.
- Jones, R F, Dennehy, G, Ghaffari, H T, Munson, G E, 1981, Case study of the Mastin Double - Envelope House. United States Department of Energy. Brookhaven National Laboratory.
- Jonsson, B, 1978, STR, Lågenergiprojekt för småhus. Vetlanda, vintern 1976-77. (Lunds Tekniska Högskola.) Institutionen för byggnadskonstruktionslära. Rapport BKL 1978:3. Lund.
- Jonsson, B, 1979, STR, Lågenergiprojekt för småhus. Vetlanda 1977-79. (Lunds Tekniska Högskola.) Institutionen för byggnadskonstruktionslära. Rapport BKL 1979:11. Lund.
- Jonsson, J-A, 1978, Villa -80 - fjorton energisnåla småhus i Umeå. 1. Byggskedet. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 47:1978. Stockholm.
- Jonsson, J-A, Gisselberg, M, Hedvan, R, Persson, G, 1980, Villa -80 - fjorton energisnåla småhus i Umeå. 2. Boendeskedet. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 98:1980. Stockholm.
- Joss, E, Sixtensson, R, 1980, Åtgärder med befintliga fönster. Förbättrad värmeisolering, beslag, underhåll, utbyte. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 55:1980. Stockholm.
- Jönsson, A, Lindgren, S, 1982, Mätning av energiförbrukningen för tappvarmvatten i flerbostadshus. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 72:1982. Stockholm.
- Jönsson, K, Johansson, K-E, 1981, Utprovning av värmeväxlare för avloppsvatten för flerbostadshus. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 74:1981. Stockholm.
- Kalema, T, 1980, Egenskaper av ett solvärme- och luftvärmningssystem och dess energibesparingsmöjligheter jämförda med direkt eluppvärmning. Statens Tekniska Forskningscentral, VVS-tekniska laboratoriet. Meddelande nr 50/1980.
- Kamph, E, 1982, Balkongers dämpning av vägtrafikbuller. Modellmätningar och beräkningar. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 41:1982. Stockholm.
- Karlsson, L, 1981, Fältstudier av isolerrutefönster. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 148:1981. Stockholm.

Kraft, H, Fehrm, M, Hill, A, 1979, Värmepumpar för bostadsuppvärmning. Komponent- och systemstudier. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 14:1979. Stockholm.

Lagerkvist, K-O, Wennerholm, H, 1980, Solfångares hållbarhet. Erfarenheter från besiktning av solvärmeanläggningar 1979-80. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 127:1980. Stockholm.

Lagerkvist, K-O, Wennerholm, H, 1982, The durability of Solar Collectors. Experience from surveys of Swedish solar collector installations 1979-80. (Statens råd för byggnadsforskning.) D1:1982. Stockholm.

Larsson, T, 1978, Försöksanordning för förvärmning och kylning av ventilationsluft. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 36:1978. Stockholm.

Lideflo, I, Norin, F, 1981, Mekanisk tilluft och värmeåtervinning i flerbostadshus. Energiförbrukning och ventilation i 374 lägenheter i Helsingborg. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 76:1981. Stockholm.

Lind, J, Persson, M, Pettersson, S, 1981, Enkla program för beräkning av värmebalans. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 73:1981. Stockholm.

Lindskoug, N E, 1979, Arb i VVS 9-12 1981 mm. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 83:1979. Stockholm.

Lindquist, G, Energisnåla bostadshus, passiv solvärme, programstudie. (Statens råd för byggnadsforskning.) Nr 810222-0. Stockholm.

Lundquist, G, m fl, 1980, Camera Solaris. Arkitektur för vårt klimat. (Statens råd för byggnadsforskning.) T28:1980. Stockholm.

Munther, K, 1982. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 110:1982.

Munther, K, 1980, Oljeförbrukning i småhus 1973-79. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 150:1980. Stockholm.

Nielsen, A, 1981, Enfamiliehuse med glasbeklædte uderum. En analyse af energiforbrug. Laboratoriet for Varmeisolering. (Danmarks Tekniske Højskole.) Meddel. nr 113: 1981. Rapport nr 9.

Nilsson, E, 1981, Energiflöden i solfångare. Mätresultat och drifterfarenheter. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 46:1981. Stockholm.

Nilsson, G, 1981, Växthuskonstruktion anpassad till lågenergisystem, del 2. (Sveriges Lantbruksuniversitet.) Institutionen för Lantbrukets byggnadsteknik. Specialmeddelande 110. Lund.

Nordfelt, G, 1982. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 1982. Stockholm.

Nordfelt, G, Qerner, G, Passiva solhus. Stora Ersåsberget i Göteborg. En teoretisk studie av de passiva systemens möjligheter i flerfamiljsbebyggelse.

Nordström, C, 1982, Historien om ett solhus. (Statens råd för byggnadsforskning.) T:18 1982.

Norlén, U, Asplund, L, Hjalmarsson, C, 1981, The energy signature of a house. Proceedings of the energy Audit Workshop, IEA Programme for energy conservation in Buildings and Community Systems. Task III. Helsingör. (Under utgivning.)

Norlén, U Holgersson, M, Estimating effects of Energy Conservation measures: A Swedish Study Proceedings of the Conference on new energy conserv tech and their commercialisation. Vol I. (Springer.) Berlin.

Nousiainen, M, 1981, Värmeåtervinning ur frånluft, trapphusinblåsning som tilluftssystem. (Finlands Fastighetsförbund.) 1981.

Oelert, G, m fl, 1982, Thermochemical Heat Storage: State - of - the - art - report. (Statens råd för byggnadsforskning.) D2:1982. Stockholm.

Oja, V, Undersökning av överordnade reglersystemens effektivitet. (Statens råd för byggnadsforskning.) Svensk Byggtjänst.

Olsson, S, 1978, Kommunal energiplanering. Programplan för EFUD-78, programelement 06. (Statens råd för byggnadsforskning.) G7:1978. Stockholm.

Ottosson, H, Delrapporter. Slutrapport maj 1982.

Palz, W, Steemers, T C, 1981, Solar Houses in Europe, - How they have worked. Pergamon press 1981.

Petersson, F, 1978, Byggnads, byggnadsdelar och inre försörjningssystem. Programplan för EFUD -78, programelement 02. (Statens råd för byggnadsforskning.) G4: 1978. Stockholm.

Peterson, F, Försmutsning av plana solfångare. Institutionen för Uppvärmnings- och ventilationsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) A4 - serie 16. Stockholm.

Peterson, F, Institutionen för Uppvärmnings- och ventilationsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) A4 - serie nr 14 och 20. Stockholm.

Petersson, F, Val av radiatorer -I-. Institutionen för Uppvärmnings- och ventilationsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) A4 - serie nr 12. Stockholm.

Petersson, F, Värmeledningsdimensionering vid energisnåla småhus. Institutionen för Uppvärmnings- och ventilationsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) A4 - serie nr 13. Stockholm.

Peterson, F, Ringblom, L, Optimering av solfångare för varmvattenberedning. Institutionen för Uppvärmnings- och ventilationsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) A4 - serie nr 15. Stockholm.

Pettersson, P, 1981, Measurement Considering the Effect of Different Ventilation Control Strategies on indoor air quality. Konstruktionsbyrå AB & EKONO-Oy. Working report for BFR. (Statens råd för byggnadsforskning.) Stockholm.

Ringblom, L, Effekt - och energiberäkningar. Institutionen för Uppvärmnings- och ventilationsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) A4 - serie nr 48. Stockholm.

Ringblom, L, Val av system för varmvattenberedning med solenergi. Institutionen för Uppvärmnings- och ventilationsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) A4 - serie nr 11. Stockholm.

Ringblom, L, Värmegenomgångstalet för vinterträdgårdens takfönster. Institutionen för Uppvärmnings- och ventilationsteknik. (Kungliga Tekniska Högskolan.) A4 - serie nr 49. Stockholm.

Risting, L, Zinko, H, 1982, Energiproduktionskostnader för tappvarmvatten - och uppvärmningssystem med olika typer av solfångare. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 15:1982. Stockholm.

Seppänen, O, 1980, Cost effective energy conservation in an office building. International conference on energy management. Povoá de Varzim. Portugal.

Siitonen, V, Kalema, T, 1980, The properties of the heating and waste treatment system in the Ekohouse. (Technical Research Centre of Finland.) Building Department. Publication 23/1980.

Sjölund, J, 1981, Värmeisoleringsekonomi II. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 18:1981. Stockholm.

Stymne, H, 1982, Kemiska värmepumpar. En studie av energilagrande sorptionsvärmepumpar med vatten som arbetsmedium. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 4:1982. Stockholm.

Svedinger, B, (red), 1981, Värme, jord, berg och vatten. Utvinning och lagring. (Statens råd för byggnadsforskning.) T1:1981. Stockholm.

Svensson, S A, Nilsson, G, 1980, Växthuskonstruktion anpassad till lågenergisystem, del 1. Institutionen för Lantbrukets byggnadsteknik. (Sveriges Lantbruksuniversitet.) Specialmeddelande 103. Lund.

- Södergren, D, 1981, Control of the ventilation by carbon dioxide content. International symposium on indoor air pollution, health and energy conservation. Amherst Massachusetts.
- Thorén, T, Dynamisk isolering. STU-information, nr 76 - 1978. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 162:1980. Rapport 142:1981. Olika artiklar. Stockholm.
- Troedsson, T, m fl, 1982, Ekologiska effekter av ytvärmeuttag. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 51:1982. Stockholm.
- Welmer, K, 1981, Metod att på ett kontrollerat sätt utnyttja en byggnadsstommes värmeackumuleringsförmåga för att spara energi. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport 104:1981. Stockholm.
- Westerholm, V, Punttila, A, Kuusela, L, 1981, Measurements Considering the Effect of Different Ventilation Control Strategies on indoor air quality. EKONO, Consulting Engineers, Helsinki, Finland.
- Winqvist, T, Jordskyddade hus, förstudie. Under publ av Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm.
- Wolgast, M, 1982, Det superisolerade huset. (Gullfiber AB.) Billesholm.
- Bostadsdepartementet, 1980, Energispareffekter i bostadshus där åtgärder genomförts med statligt energisparstöd. Expertbil. 5 till SOU 1980:43 "Program för energihushållning i befintlig bebyggelse." Ds Bo 1980:8.
- Camera Solaris. (Statens råd för byggnadsforskning). T 28:1980.
- Gustavslund, 1981, En studie av energibesparande hus och stadsplaner. (Lunds Tekniska Högskola.) Stadsbyggnad A. Lund.
- Konsumentverket, 1977, Småhus. Brister och tvister. Byrå 2 1977:2-02.
- Railio, J, 1981, Värmeåtervinning i flerbostadshus. LVI - Tehti 33 (1981) 5.
- Resursbesparande trähus. Träinformation, maj 1982.
- Statens Planverk, 1982, Villavärmepumpar. Rapport 58. Stockholm.
- Swedish Council for Building Research, 1981, Energy saving effects in dwellings where measures have been implemented by governmental energy saving grants. Document D7:1981. Stockholm.
- Villvärmepumpar, 1981, Rapport från VAST. VAST Kraftverksförenings utvecklingsavdelning.

Värmeisolering, täthet, ventilation. (Statens råd för
byggnadsforskning.) T35:1982.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810990-1 från Statens råd för byggnadsforskning
till instituionen för Byggnadsteknik, Lunds
Tekniska Högskola, Lund.**

R31: 1984

ISBN 91-540-4093-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704031

**Abonnemangsgrupp:
W. INstallationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 35 kr exkl moms