



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**

**R24:1976**

# **Värme- och klimatmätning i lägenheter**

**Kritisk studie av huruvida  
individuell värmekonsumtion  
kan mätas på ett rättvist sätt**

**Ulf Nyberg**

**BYGGDOK**

Sankt Eriksgatan 46

112 34 Stockholm

tel: 08-617 74 50

fax: 08-617 74 60

**Byggforskningen**

Rapport R24:1976

VÄRME- OCH KLIMATMÄTNING I LÄGENHETER

Kritisk studie av huruvida individuell värmekonsumtion  
kan mätas på ett rättvist sätt

av tekn.lic. Ulf Nyberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 760002-1  
från Statens råd för byggnadsforskning till Energisystem  
Projekt AB, Åkersberga.

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm  
ISBN 91-540-2588-5

## INNEHÅLL

BETECKNINGAR .....	4
1       STUDIENS MÅLSÄTTNING OCH UPPLÄGGNING .....	5
2       VÄRMEBALANS FÖR LÄGENHETER .....	8
2.1     Samband mellan tillförd och förbrukad värme i en lägenhet .....	8
2.2     Olika typer av uppvärmning av lägenheter .....	9
2.3     Värmebalans i lägenheter .....	9
3       VÄRMEÖVERSTRÖMNING MELLAN LÄGENHETER .....	10
3.1     Förutsättningar och konstruktionsdata .....	10
3.2     Beräkningsmetodik .....	12
3.3     Beräknad värmeöverströmning .....	13
4       VÄRMEMÄTNING I LÄGENHETER .....	17
4.1     Mätning av tillförd respektive förbrukad värme ..	17
4.1.1   Mätning av värmertilförsel med radiatorer .....	17
4.1.2   Erfarenheter av värmemätning .....	18
4.1.3   Mätning av förbrukad värme .....	20
4.2     Mätning av värmeförluster .....	24
4.3     Mätning av temperaturen i lägenheter som grund för fördelning av värmekostnader .....	25
4.4     Möjlighet till ett rättvist system för indivi- duell värmemätning .....	26
5       MÄTNING AV KOMFORT .....	28
6       REGLERING AV VÄRMESYSTEM OCH ENERGIBESPARING ....	29
7       KOSTNADER OCH LÖNSAMHET VID INDIVIDUELL VÄRME- MÄTNING .....	31
8       DISKUSSION OCH SLUTSATSER .....	34
LITTERATUR .....	36
SAMMANFATTNING .....	38

## BETECKNINGAR

A	yta	$m^2$
c	specifikt värme	$kcal/^\circ C \text{ kg}$
k	värmegenomgångstal	$W/m^2 \text{ }^\circ C$
q	flöde	$m^3/h$
$\rho$	täthet	$kg/m^3$
$\vartheta$	temperatur	$^\circ C$
$\sigma$	standardavvikelse	%
t	tid	h
W	värmemängd	kWh

Energiförbrukningen för uppvärmning av flerfamiljshus torde i första hand kunna minskas genom dels byggnadstekniska åtgärder t.ex. bättre isolering, dels bättre inreglering och underhåll av centralvärmesystem. (Höglund, I & Johnsson, B, 1976.) En intressant fråga är om individuell mätning och debitering av värmeförbrukningen i lägenheter i flerfamiljshus kan bidra till ytterligare energibesparing.

Kravet på en individuell värmemätning måste därvid vara att den rättvist mäter värmeförbrukningen och gör det möjligt att debitera värmekostnaderna på ett sätt som ur rättvisesynpunkter måste anses likvärdigt med eller är bättre än fördelning av uppvärmningskostnaderna efter lägenhetsyta.

Svårigheterna att mäta värmekonsumtionen i olika lägenheter inom en fastighet på ett rättvisande sätt är emellertid betydande. Målsättningen med föreliggande studie är, att kritiskt utreda om individuell mätning av värme- eller komfort i lägenheter i flerfamiljshus kan göras på ett rättvist sätt. I utredningen studeras i vilken mån olika metoder, system och utrustningar för värme- och klimatmätning kan uppfylla de krav som måste ställas på ett rättvist system. I studien behandlas även kostnaderna för individuell mätning i relation till det ekonomiska värdet av den energibesparing som skulle kunna uppnås.

För att en hyresgäst skall uppfatta individuell värmemätning som meningsfull, torde det vara önskvärt, att han kan påverka värmekonsumtionen genom att en individuell reglermöjlighet finns i lägenheten. Förutsättningarna för detta inom ramen för ett centralvärme- och eventuellt centralventilationssystem kommer därför även att diskuteras.

Stationärt är tillförd värme till en lägenhet lika med bortförd värme. Mätning av värmeförbrukningen lika med värmeförbrukningen kan därför i princip göras antingen genom mätning av tillförd värme eller av förlusterna.

Vid mätning är två frågor viktiga. Dels om man kan mäta det som bör mätas, d.v.s. om det man mäter är relevant, dels om man kan göra det med tillfredsställande noggrannhet. Vidare är mätningens kostnader väsentliga. Kostnaderna för värmemätningen och mätdatainsamlingen måste uppväga kostnadsbesparingar genom motsvarande energibesparingar.

Värme tillföres en lägenhet med radiatorer, genom ventilationen, genom värmeströmning mellan lägenheter med olika temperatur, genom solinstrålningen samt från tappvarmvatten, hushållsel och personvärme. Individuell mätning och debitering av värmeförbrukningen måste därför utformas med hänsyn till att vissa komponenter i den totala värmekonsumtionen redan mätes och debiteras i särskild ordning, såsom tappvarmvattenförbrukning och elförbrukning (där detta sker individuellt).

Gratisvärme i form av solinstrålning och personvärme minskar behovet av uppvärmning av en fastighet och bör rimligen ej påföras som en samlad kostnad för hyresgästerna. Å andra sidan kan det vara rimligt att solinstrålningens ojämna spridning på norr och söderlägenheter beaktas vid fördelning av uppvärmningskostnaderna på olika lägenheter.

Endast under förutsättning att värmeförlusten genom ventilation och genom värmeövergång mellan lägenheterna etc. är försumbar i förhållande till den över radiatorerna tillförda värmen, är det senare ett riktigt mått på värmekonsumtionen i en lägenhet. En väsentlig fråga är därför den relativa storleken på den värme som tillföres en lägenhet på annat sätt än över radiatorerna och undersökningen avser belysa detta och sammanfatta skillnaden mellan tillförd och förbrukad värme.

Mätning av värmekonsumtionen kan göras på förlustsidan genom mätning av transmissions- och ventilationsförlusterna. Emellertid innehåller värmeförlusterna även bidrag från sådana värmeflöden till en lägenhet som ej bör ingå i debiteringen av värmekonsumtion, t.ex. personvärme, belysning etc., varför mätning på förlustsidan är diskutabel. Mätning av förluster torde i övrigt erbjuda mycket stora praktiska problem.

De olika delposterna i värmebalansen kommer att diskuteras med avseende på betydelsen för individuell värmemätning. Det som vid sidan av värmeförlusten över radiatorer därvid är av särskilt intresse är värmeströmningen mellan angränsande lägenheter. Värmegenomgången genom lägenhetsskiljande väggar kan redan vid några graders temperaturskillnad vara betydande. En undersökning i HSB's fastigheter i Östberga tyder på detta. (Lindskog, N-E, 1962.) Några kvantitativa mätningar eller beräkningar finns emellertid ej gjorda för olika byggnadstekniska utföranden av fastigheter.

Studiens uppläggning har gjorts i följande steg:

- . En översikt av värmebalansen för lägenheter. De data som diskuteras är uppställda med ledning av litteraturen och några särskilda mätningar har ej gjorts inom ramen för denna studie.
- . Beräkningar av värmeöverströmning mellan lägenheter vid olika byggnadstekniska förutsättningar. Dessa beräkningar har i studien utförts av ing. Sven Mandorff.
- . Mot bakgrund av värmebalansen för lägenheter diskuteras metoder för mätning av tillförd respektive förbrukad värme, därvid behandlas mätomöjligheter, mätnoggrannhet samt kostnader för olika metoder och utrustning.
- . Sammanfattning av genom litteraturen och intervjuer inhämtade erfarenheter av individuell värmemätning.
- . Förutsättningar för värmekostnadsfördelning baserad på temperaturmätning i lägenheter.



- . Förutsättningar för individuell mätning av komforten i lägenheter.
- . Sambanden mellan mätning och reglering samt genom individuell reglering möjlig energibesparing.
- . Diskussion av lönsamheten för individuell värmemätning.

## 2 VÄRMEBALANS FÖR LÄGENHETER

### 2.1 Samband mellan tillförd och förbrukad värme i en lägenhet

Ett hus är ur energisynpunkt ett system där omgivande byggnadsdelar kan betecknas som ett skal. Detta kan medföra vissa svårigheter att urskilja förbrukad värme för en del av huset, t.ex. en lägenhet i ett flerfamiljshus.

Sambandet mellan värmertilskotten och värmeförlusterna i en lägenhet kan indelas på följande sätt.

Totalt tillförd värme,  $W$ , är summan av:

$W_1$	radiatorvärme och värmeavgivning från oisolerade kopplingsledningar
$W_2$	värme tillförd med förvärmad ventilationsluft
$W_3$	solinstrålning
$W_4$	överströmning från andra lägenheter
$W_5$	personvärme, värmeavgivning från varmvatten, belysning och annan hushållsel

Värmeförlusterna betecknas  $W_f$ , och är summan av:

$W_{f1}$	ventilationsförlusten (utom vädring)
$W_{f2}$	vädring
$W_{f3}$	transmission genom ytterväggar, yttertak m.m.
$W_{f4}$	överströmning till andra lägenheter

Värmebalansen i den enskilda lägenheten kan uttryckas enligt ekvationen:

$$\sum_{i=1}^5 W_i = \sum_{i=1}^4 W_{fi}$$

$$W_1 + W_2 + W_3 + W_5 + W_4 - W_{f4} = W_{f1} + W_{f2} + W_{f3}$$

Vilka komponenter i värmebalansen som det finns anledning söka mäta individuellt är beroende av om motsvarande kan och bör kunna regleras av hyresgästen. Den kvantitativa värmebalansen är också viktig att kartlägga så att intresset inriktas på variabler som har en storleksordning av betydelse för problemet.

## 2.2 Olika typer av uppvärmning av lägenheter

Den vanligaste typen av uppvärmningssystem innebär att den styrda värmeförseln sker helt med varmvattenradiatorer eller elradiatorer. En ökning sker dock av andelen system där värmeförseln sker dels med radiatorer dels genom centralventilationen med förvärmad tilluft s.k. FT-system.

Centralventilationens uppgift är att åstadkomma en behaglig och hälsosam komfort. Det är därför tveksamt, av bl.a. hälsoskäl, om den enskilda hyresgästen skall ges möjlighet att reglera ventilationen vid ett FT-system. Detta innebär att den andel av värmeförseln som hyresgästen kan påverka blir 20 - 30% mindre än vid självdrags- eller F-system. Motivet till individuell värmemätning för energibesparing minskar därför något vid övergång till FT-system. Vid ett eventuellt framtida s.k. FTV-system, där värmeförseln sker helt med förvärmad luft, kommer motivet helt att saknas för individuell värmemätning eftersom den värme som tillföres lägenheten kanske ej kan regleras av den enskilda hyresgästen.

## 2.3 Värmebalans i lägenheter

Värmebalansen i småhus har studerats av Elmroth, A & Höglund, I 1973. Energianvändningen i flerfamiljshus har undersökts av Byggnadsenergigruppen, 1974, samt av Adamson, B, Hämler, J & Mandorff, S, 1975. Det har klarlagts att det endast är under vissa förutsättningar som en dominerande del av värmebehovet för en enskild lägenhet tillförs via radiatorerna. Hur stor denna del är och hur mycket av värmeförseln som sker genom solinstrålning, personvärme, tillskott från grannlägenheter etc. är beroende på förutsättningarna beträffande väderstrecksplacering, byggnadstekniskt utförande, typ av ventilation m.m.

Den från radiatorerna avgivna värmen kan således beroende på förutsättningarna utgöra en mycket varierande andel av värmebalansen. Under vissa förutsättningar t.ex. söderläge, FT-ventilation, dålig isolering mellan lägenheter och låga transmissionsförluster är det erforderliga värmeförselkottet från radiatorerna mycket litet.

Detta innebär att eftersom de angivna förutsättningarna också ligger utanför den enskilda hyresgästens möjlighet att påverka blir en värmekostnadsdebitering enbart baserad på mätning av värmeavgivningen från radiatorerna klart orättvis.

### 3 VÄRMEÖVERSTRÖMNING MELLAN LÄGENHETER

#### 3.1 Förutsättningar och konstruktionsdata

Tidigare undersökningar (Lindskog, N-E, 1962) har som nämnts visat att värmeflödet mellan lägenheter med olika temperatur varit betydligt större än man räknat med när värmefördelningsmätning med avdunstningsmätare infördes.

Utvecklingen av ytterväggars och vindsbjälklags värmeisoleringsförmåga har successivt förbättrats under 1900-talet (Höglund, I & Johnsson, B, 1976, p. 8). Samtidigt har i flerfamiljshus en fortlöpande sänkning skett av värmeisoleringen mellan angränsande lägenheter. Det finns därför anledning att studera hur olika byggnadstekniska utföranden påverkar storleken av värmeöverströmningen mellan angränsande lägenheter.

Beräkningar av värmeöverströmning mellan lägenheter har gjorts för fyra olika byggnadstekniska utföranden av flerfamiljshus representerande olika tidsskeden.

- a. 20/30-talshus
- b. 40-talshus
- c. 60/70-talshus
- d. utförande enligt SBN-1975

Beräkningarna har gjorts för en lägenhet med planlösning enligt FIG. 1. Denna planlösning är närmast typisk för sent 40-tal, men har genomgående använts i beräkningarna. Däremot har våningshöjd och takhöjd varierats enligt TAB. 1. Fönster och balkongdörr antages utgöra 25 % av ytterväggsytan.

Värmeströmningen till eller från en lägenhet beräknas vid olika temperatur, varvid antages att den på båda sidor samt såväl under som ovanför är omgiven av likadana lägenheter, som samtliga har en konstant temperatur av  $+21^{\circ}\text{C}$ .

Vid beräkningarna har antagits att husen enligt a och b är ventilerade med självdragssystem, c med frånluftssystem samt d med FT-system med värmeåtervinning ur frånluften med 60 % verkningsgrad. I fallen a, b och c antages totala luftutbytet vara  $150 \text{ m}^3/\text{h}$  och i d  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Värmegenomgångstalen är för hus a och b valda ur VVS-Handboken (1947) med ledning av (Bjerking, S-E, 1974)<sup>1)</sup> samt för hus c från byggnadshandlingar för Tenstaområdet i Stockholm. För hus d är k-värdet för ytterväggen något lägre än gränsvärdena i SBN-75.

<sup>1)</sup> Bjerking, S E, 1974, Ombyggnad. Hur bostadshusen byggdes 1880 - 1940. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R32:1974, Stockholm.

TAB. 1. Dimensioner på lägenheter vid beräkning av värmeöverströmning

Hus	Vånings- höjd m	Tak- höjd m	Fasad m <sup>2</sup>	Ytter- väggar m <sup>2</sup>	Fönster m <sup>2</sup>	Mellan- väggar m <sup>2</sup>	Golv m <sup>2</sup>	Volym m <sup>3</sup>
a	3,5	3,2	61,3	46,0	15,3	57,6	71,3	220
b	3,0	2,7	52,5	39,4	13,1	48,6	71,3	185
c	2,9	2,7	50,8	37,7	13,1	48,6	71,3	185
d	2,9	2,7	50,8	37,7	13,1	48,6	71,3	185

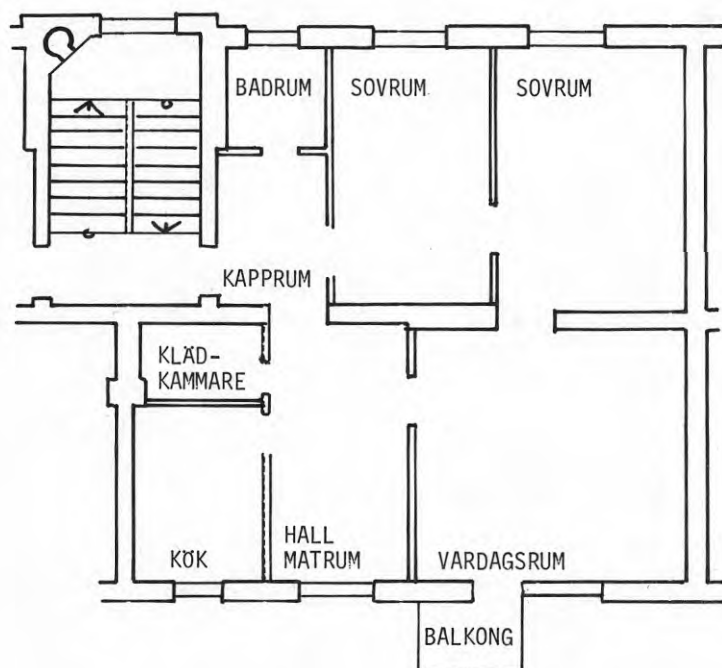


FIG. 1. Planlösning på lägenhet vid beräkning av värmeöverströmning

Följande värmegenomgångstal,  $k$ , har använts vid beräkningarna:

a. 20/30-talshus

		$W/m^2 \text{ } ^\circ C$
Yttervägg	1 1/2-stens 30-tegel, tungt murtegel, puts på båda sidor	1,18
Mellanvägg	1-stens 30-tegel, tungt murtegel, puts på båda sidor	1,61
Mellanbjälklag	1 1/4" golvträ, 3" x 10" bjälkar, 20 cm fyllning med slagg	0,4
Fönster	2-glas	2,5

b. 40-talshus

Yttervägg	1 1/2-stens 25-tegel, volymvikt 1400 $kg/m^3$ , puts	1,03
Mellanvägg	1-stens 25-tegel, volymvikt 1400 $kg/m^3$ , puts	1,4
Mellanbjälklag	1 1/4" golvträ, 10 cm fyllning med slagg, 15 cm betong, puts	0,8
Fönster	2-glas	2,5

c. 60/70-talshus

Yttervägg	60 mm betong, 100 mm cellplast, 100 mm betong	0,41
Mellanvägg	200 mm betong	3,2
Mellanbjälklag	200 mm betong + linoleum	3,2
Fönster	2-glas	2,5

d. Enligt SBN-75

Yttervägg		0,25
Mellanvägg	200 mm betong	3,2
Mellanbjälklag	200 mm betong	3,2
Fönster	3-glas	1,75

### 3.2 Beräkningsmetodik

Lägenheten tillförs värme  $W$  från radiatorer,  $W_r$ , och angränsande lägenheter,  $W_g$ , samt basvärme,  $W_b$ , från hushållsel, personvärme och solinstrålning.

$$(1) \quad W = W_r + W_g + W_b$$

Värme bortförs genom ytterväggar och fönster,  $W_t$ , samt åtgår för att värma ventilationsluften,  $W_l$ .

$$(2) \quad W = W_t + W_l = W_r + W_g + W_b$$

Värmetillförseln från grannlägenheterna beräknas enligt

$$(3) \quad W_g = (\sum k_i \cdot A_i) \cdot (v_g - v_i) \cdot t$$

där  $k_i$  = värmeegenomgångstal för lägenhets-  
skiljande byggnadselement

$A$  = yta

$v_g$  = temperatur i grannlägenhet

$v_i$  = temperatur i mittlägenheten

Värmeförlusterna beräknas enligt

$$(4) \quad W_t = (\sum k_y \cdot A_y) \cdot (v_i - v_u) \cdot t$$

$$(5) \quad W_l = c \cdot \rho \cdot q \cdot (v_i - v_u) \cdot t$$

$k_y$  = värmeegenomgångstal för ytterväggar  
och fönster

där  $c$  = 0,24 kcal/ °C kg

$\rho$  = 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$q$  = 150 m<sup>3</sup>/h

$v_u$  = utomhustemperatur

$t$  = tiden

Värmebalansen har beräknats för en eldningssäsong med förut-  
sättningarna i Stockholm, d.v.s. 240 dygn samt medelvärdet i  
utomhustemperatur + 2,2°C.

Basvärmen varierar inom vida gränser för olika fastigheter  
samt tidsmässigt över eldningssäsongen. Vid beräkning av års-  
väremförbrukningen har man tidigare ofta utgått från en tum-  
regel att basvärmen ger en höjning av rumstemperaturen med 3°C.

I alt. a motsvarar detta 2500 kWh.

I SOU 1974:76, Energiforskning, anges att "För en 75 m<sup>2</sup> lägen-  
het av medelgod standard basvärmen är 900 kWh/år och för d:o  
med mycket god standard 5600 kWh/år.

I föreliggande beräkningar har basvärmen schematiskt antagits  
vara 3000 kWh/år i samtliga alternativen.

### 3.3 Beräknad värmeöverströmning

Med dessa förutsättningar har värmeöverföringen  $W_g$  samt erforderlig värme  $W_r$  från lägenhetens radiatorer beräknats.

TAB. 2. Värmetillförsel,  $W_g$ , från omgivande lägenheter med konstant temperatur  $+21^{\circ}\text{C}$  och från radiatorer,  $W_r$ , till en lägenhet vid varierande temperatur  $\vartheta_i$ .

$\vartheta_i$ $^{\circ}\text{C}$	20/30-tals- fastighet		40-tals- fastighet		60/70-tals- fastighet		utförande enl. SBN-75	
	$W_g$ kWh	$W_r$ kWh	$W_g$ kWh	$W_r$ kWh	$W_g$ kWh	$W_r$ kWh	$W_g$ kWh	$W_r$ kWh
18	2587	7609	3147	5292				
19	1725	9445	2098	7066	7039	-305	7039	-5554
20	862	11004	1049	8839	3524	3790	3524	-1764
21	0	12700	0	10611	0	7894	0	2024
22	-862	14399	-1049	12386	3524	11998	-3524	5815
23	-1725	16097	-2098	14158	7039	16089	-7039	9603

Av FIG. 2 - 5 framgår att värmeflödet mellan lägenheterna är betydligt större för de modernare husen c och d än för de äldre a och b. I 20/30-talshuset innebär en lägenhetstemperatur på  $+20^{\circ}\text{C}$  vid  $+21^{\circ}\text{C}$  i grannlägenheterna att 7,8 % av värmebehovet från radiatorerna kommer från grannlägenheterna, för 60/70-talshuset blir motsvarande siffra 93 %. I 60/70-talshuset kan radiatorerna stängas av om man kan acceptera en inomhustemperatur på  $+19^{\circ}\text{C}$  om grannarna håller  $+21^{\circ}\text{C}$ . I utförandet av huset enligt SBN 1975 kan radiatorerna stängas av om grannarna håller  $+21^{\circ}\text{C}$  och man accepterar  $0,5^{\circ}\text{C}$  lägre inomhustemperatur.



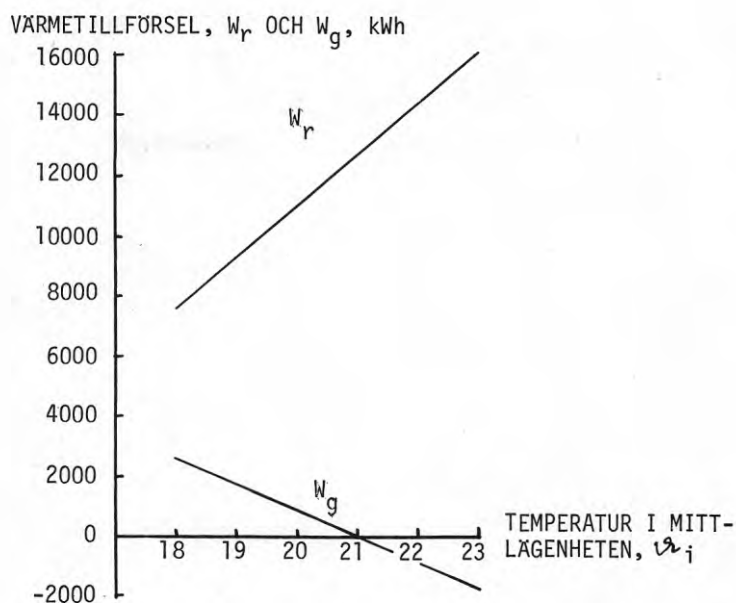


FIG. 2. Samband mellan värmeförmedling med radiatorer,  $W_r$ , och värmeförmedling mellan lägenheter,  $W_g$ , för ett 20/30-talshus.

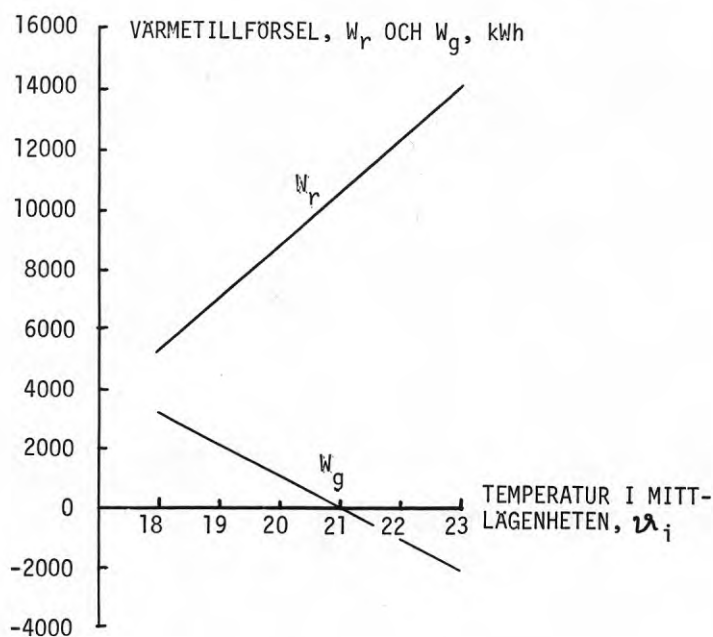


FIG. 3. Samband mellan värmeförmedling med radiatorer,  $W_r$ , och värmeförmedling mellan lägenheter,  $W_g$ , för ett 40-talshus.

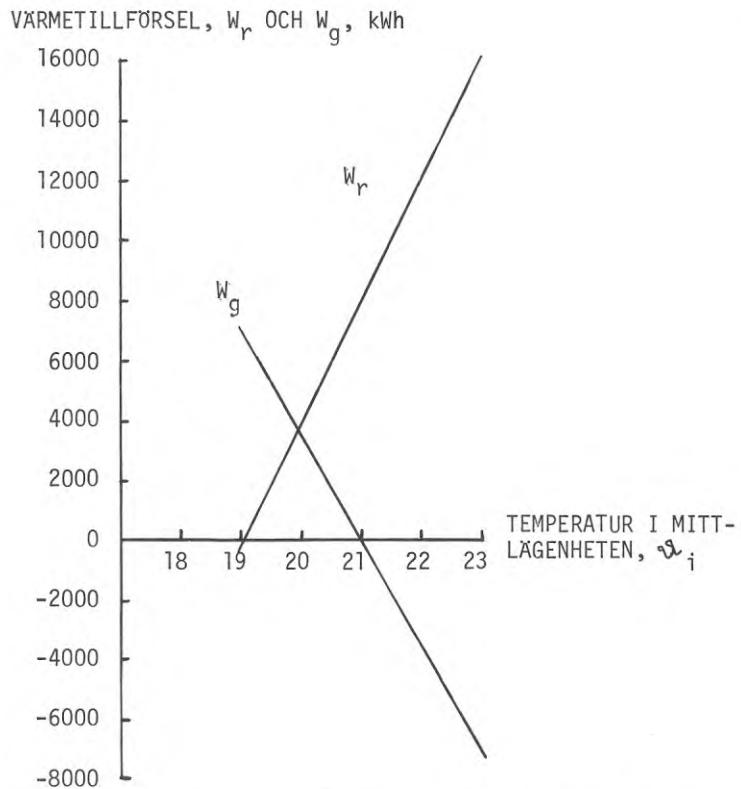


FIG. 4. Samband mellan värmeförbrukning med radiatorer,  $W_r$ , och värmetransport mellan lägenheter,  $W_g$ , för ett 60/70-talshus.

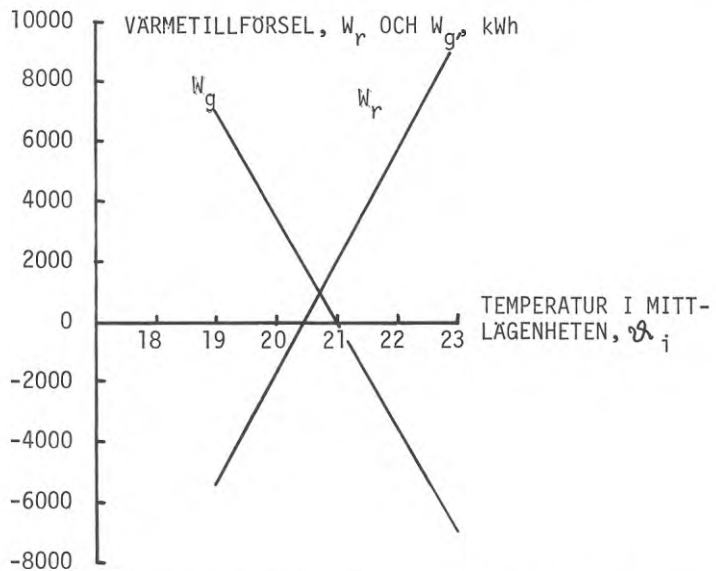


FIG. 5. Samband mellan värmeförbrukning med radiatorer,  $W_r$ , och värmetransport mellan lägenheter,  $W_g$ , för ett hus enligt SBN 75.

## 4 VÄRMEMÄTNING I LÄGENHETER

### 4.1 Mätning av tillförd respektive förbrukad värme

Den totala värmeförseln till en lägenhet sker som ovan berörts på ett relativt komplicerat sätt.

Den totala värmeförseln likamed värmeförbrukningen i en lägenhet omfattar:

- . värmeavgivning från uppvärmningssystemet, d.v.s. radiatorer och värmeförsel genom förvärmad ventilationsluft
- . solinstrålning genom fönster
- . värmeöverströmning från andra lägenheter
- . värmeavgivning från människor, belysning, värmealstrande hushållsmaskiner såsom spisar, kylskåp m.m. samt från tappvarmvatten

#### 4.1.1 Mätning av värmeförsel med radiatorer

Med radiatorer tillförd värme kan variera avsevärt, säg inom intervallet 0 - 90 % av förbrukad värme i en lägenhet. Därför är värmeavgivningen från radiatorerna inte ett entydigt mått på värmeförbrukningen. Emellertid kan radiatorvärmens i många fall vara den enda post i värmebalansen som en hyresgäst kan, och kanske bör kunna, reglera.

Mätning av värmeavgivningen från vattenradiatorer och kopplingsledningar i lägenheter kan göras med värmemängdsmätare. Dessa mäter dels temperaturfallet över en eller flera radiatorer samt vattenflödet och integrerar produkten av temperaturfall och flöde.

Eftersom systemuppbyggnaden av värmeanläggningar varierar avsevärt med ettrörs- och tvårörssystem samt olika antal stamledningar blir behovet av antal mätare per lägenhet varierande. Från 1 - 6 mätare kan erfordras. En speciell fördel med värmemängdsmätarna är att de inkluderar värmeavgivningen från oisolerade kopplingsledningar till radiatorerna. Denna värmeavgivning torde kunna uppgå ända till 30 % av värmeavgivningen från radiatorerna.

Det har emellertid ansetts vara för dyrbart att installera värmemängdsmätare i de enskilda lägenheterna och istället har en approximativ metod att mäta värmeavgivningen från radiatorer använts med utnyttjande av avdunstningsmätare eller termoelektriska mätare. Avdunstningsmätare mäter värmeavgivningen från radiator till lägenhet på ett indirekt sätt genom att mätaren ej mäter värmeströmmen utan avdunstningen av en i

glasampull innesluten vätska (Sjöstedt, S, 1946). Detta indirekta mätsätt ger dålig noggrannhet och mätarna visar inbördes betydande individspridning. De har emellertid trots detta använts på grund av sitt låga pris.

Särskilt genom danska undersökningar (Posselt, O G, 1952 samt Mansa, J L, 1951) är avdunstningsmätarnas egenskaper och förutsättningarna för att erhålla ett specificerbart mätresultat grundligt undersökta. Mansa har visat, att för goda avdunstningsmätare och under ideala förhållanden, standardavvikelsen i mätningen av från en radiator avgiven värmemängd blir 9 - 13 %. För en lägenhet med sex mätare blir medelfelet  $\pm 4 - 6$  %. Om mätarnas fel antages vara normalfördelade, kommer medelfelet för en lägenhet följaktligen att vara större än  $\pm 8 - 12$  % i 5 % av fallen. Denna mätnoggrannhet har i refererade tidigare undersökningar ansetts tillfredsställande. Mot denna uppfattning kan invändning göras. Även om man bortser från frågan om avdunstningsmätaren mäter det man vill mäta, så torde mätnoggrannheten vara otillräcklig. Efter inreglering av fastighetens värmesystem, vilket bör vara en förstahandsåtgärd, torde den potentiella möjligheten till individuell energibesparing för en hyresgäst ligga på nivån 5 - 10 %. En god regel vid mätning är att onoggrannheten i en mätning inte bör vara i samma storleksordning som värdet på det man skall mäta. En värmemätarens noggrannhet bör därför vara dubbelt så bra som avdunstningsmätarnas är för att mätaren skall kunna accepteras.

TAB. 3. Noggrannhet hos mätare för varmvattenradiatorer

	Avdunstningsmätare mätfel %	Värmemängdsmätare mätfel %		
		Antal kopplingsledningar		
		1	2	6
Standardavvikelse, ✓	9 - 13	2 - 3		
2 • standardavvikelsen för lägenhet med 6 radiatorer	8 - 12	5	3,5	2
tillkommande fel vid värmeavgivning från kopplingsledningar	0 - 30	0	0	0

#### 4.1.2 Erfarenheter av värmemätning

Mer intressant än mätfelen är emellertid i vilken utsträckning man kan mäta det man vill mäta, nämligen värmeförbrukningen. Undersökningarna i Blackeberg (Reijner, E & Adamsson, B, 1956) samt i Östberga (Lindskog, N-E, 1962) visar på de ur rättvisesynpunkt stora olägenheterna med avdunstningsmätarna.

Den ur rättvisesynpunkt största olägenheten med systemet med värmefördelningsmätare är kanske att de ej ger information om sambandet mellan tillförd och förbrukad värme. På grund av värmeöverströmningen mellan lägenheter med olika temperatur kan den över radiatorerna i en lägenhet tillförda värmemängden ofta skilja många tiotal procent, i extrema fall hundratals procent, från den i samma lägenhet förbrukade värmemängden.

Erfarenheterna visar också att möjligheten att, ofta ofrivilligt, manipulera avdunstningsmätarna så att uppmätta värden blir helt missvisande är stor. Som ett exempel på ofrivillig manipulation kan nämnas torkning av tvätt på radiatorerna och därmed drastisk sänkning av den värmeavgivning som avdunstningsmätaren visar.

Undersökningen i Blackeberg visade att en lägenhet som var belägen åt NV kunde ha upp till 40 % större värmeförbrukning än en lika stor lägenhet i söderläge. Eftersom det ganska allmänt ansetts att det inte är rimligt att en norrlägenhet med begränsad tillgång till sol belastas med större värmekostnader än en likadan söderlägenhet, har man sedan gammalt använt korrigering i form av fördelningsnycklar för att modifiera värmekostnadsfördelningen med hänsyn till gratisvärme genom solinstrålning. Dessa fördelningsnycklar har emellertid visat sig ha osäker precision och ovanpå mätfelen hos avdunstningsmätarna tillfört en osäkerhet av kanske ytterligare 10 - 20 % i värmekostnadsfördelningen. En ökad precision bör vara möjlig att nå men kräver en frekvent statistisk analys grundad på mätningar av solinstrålningen och värmeförbrukningens beroende av lägenheternas placering.

De höga värmekostnadsbesparingar på 25 % eller mer som visats med avdunstningsmätare har (Reijner, E & Adamsson, B, 1956) avsett fastigheter vilkas värmesystem sannolikt inte varit injusterat utöver vad som ingår i rörentreprenaden. I sådana fastigheter kan stora temperaturskillnader (4 - 60°C) förekomma mellan varmaste och kallaste lägenheten. Genom injustering av värmesystemen kan den genomsnittliga temperaturnivån sänkas och en väsentlig minskning av värmeförbrukningen bör kunna uppnås. Efter en injustering av värmesystemet samt eventuellt övriga åtgärder för att minska energiförbrukningen (Höglund, I & Johnsson, B, 1976) torde den potentiellt möjliga energibesparingen genom individuell värmemätning vara mycket måttlig, högst 5 - 10 %.

Genom en serie intervjuer med bostadsförvaltande företag<sup>1)</sup> som har använt fördelningsmätare har en del intressanta synpunkter framkommit. Hos flera av de intervjuade företagen fann man hanteringen av klagomål från hyresgästerna på grund av debiteringar, som upplevdes som otillförlitliga eller orättvisa, mycket betungande. Företagen hade därför i allmänhet avstått från att

---

1) Familjebostäder i Stockholm  
 Familjebostäder i Göteborg  
 HSB  
 Riksbyggen

sätta in fler avdunstningsmätare. Fördelningsmätarna kan enligt erfarenheten ha en energibesparande effekt, men i första hand så länge inga andra åtgärder för att minska energiförbrukningen i en fastighet vidtagits, t.ex. som nämnts en bättre inreglering av värmefördelningssystemet. Fördelningsmätarnas vitsordade positiva psykologiska effekt på energibesparingen kan dessutom egentligen bara kvarstå så länge hyresgästerna inte har erfarenhet och genomskådat fördelningsmätarnas dåliga noggrannhet och de orättvisa kostnadsfördelningar som ofta blir resultatet.

Erfarenheterna av avdunstningsmätarna kan sammanfattas så, att de dels mäter med otillräcklig noggrannhet, dels är det de mäter ej relevant för en rättvis värmekostnadsfördelning.

#### 4.1.3 Mätning av förbrukad värme

Det bidrag till uppvärmningen som sker tack vare tappvarmvatten och hushållsel (när elradiatorer ej användes) mätes och debiteras i särskild ordning och bör därför inte bli föremål för någon särskild värmemätning och debitering. Personvärmen bör givetvis ej debiteras.

Beträffande värmeförsel genom ventilationsluft så tillföres vid självdragsystem eller frånluftssystem ingen värme till lägenheterna med ventilationsluften. Vid FT-system tillföres lägenheten en del, 20 - 30 %, av till lägenheten totalt tillförd värme genom uppvärmningssystemet. Värmeförseln genom ventilationen kan normalt inte regleras av hyresgästerna och det finns därför inget motiv för individuell mätning och debitering av värmeinnehållet i inkommande ventilationsluft. Ett sådant mätsystem skulle dessutom troligen bli komplicerat och dyrbart.

Solinstrålningen kan vara en betydande del, upp till 15 ä 20 % som årsgenomsnitt, av värmebalansen för en lägenhet. Det sammanlagda värmeförlustkottet från solinstrålning till en fastighet bör rimligen inte leda till kostnader för hyresgästerna som helhet annat än om i fastigheten gjorts speciella investeringar för att tillvarataga solvärmen. Investeringar som i sin tur ger driftskostnader. Eftersom solinstrålningen fördelas mycket ojämnt på olika lägenheter kan det emellertid av rättviseskäl vara rimligt att korrigera den enskilde hyresgästens kostnad för värme med hänsyn till om lägenhetens placering medger större eller mindre utnyttjande av solvärme. Detta är emellertid ett besvärligt och kostsamt mätningssystem och föga lämpat för vardagsbruk. Visserligen kan solarimetrar utnyttjas och via elektronisk signalbehandling ge visst värde på den upptagna solvärmen. Metoden är dock onoggrann och otillförlitlig (t.ex. vid snö eller is på solarimetern) samt dyrbar. Det finns emellertid anledning att närmare utreda möjligheterna till solvärmemätning. Det är dock mindre sannolikt att det inom rimlig tid kommer fram en godtagbar mätteknik beträffande noggrannhet, kostnad och tillförlitlighet.

Vid tillvaratagande av solvärme med solfångare är det naturligtvis möjligt att enkelt och billigt mäta värmeupptagningen. Solvärmeupptagningen ingår ju då också i uppvärmningssystemet på ett tekniskt definierat sätt. Eventuella driftskostnader, rörliga kostnader, för solvärmesystem bör ur debiteringssynpunkt hanteras som vanliga driftskostnader för konventionella uppvärmningssystem.

Av den totalt tillförda värmen till en lägenhet är det utöver värmeförlusten med radiatorerna oftast värmeutbytet mellan angränsande lägenheter som är det största bidraget till förbrukad värme. Som framgått av kap. 3 kan värmeströmningen mellan lägenheterna vara i samma storleksordning som radiatorvärmerna.

En individuell mätning av radiatorvärmerna som enda underlag för debitering av värmeförbrukningen är därför klart otillfredsställande utan beaktande av inverkan av värmeöverströmningen. Detta gäller oavsett den noggrannhet och tillförlitlighet med vilken man mäter tillförd värme. Vid elvärme är därför kWh-mätning således ej rättvisande om ej värmeöverströmningen samtidigt mätes och debiteras.

Mätning av värmeöverströmningen kan göras genom mätning av temperaturskillnader över lägenhetsskiljande väggar. Värmeöverströmningen beräknas sedan på samma sätt som transmissionsförluster  $T = \sum_i k_i \cdot A_i$ . Problemet är främst att k-värden för lägenhetsskiljande väggar, tak och golv i allmänhet ej är kända. En förutsättning för att mätmetoden skall kunna praktiseras är således att k-värdena kan anges. En frågeställning är vidare hur många temperaturmätpunkter per lägenhet som måste användas för att uppnå en tillfredsställande noggrannhet. Det är troligt att en mätning intill varje sidolägenhet, oftast två st., är tillräckligt. Detta kan emellertid bara bekräftas av praktiska prov. Noggrannheten för olika typer av temperaturgivare och systemfel vid olika antal givare/lägenhet har sammanställts i TAB. 3.

Med ett temperaturmätssystem om två motståndsgivare/lägenhet torde anskaffnings- och installationskostnaden bli ca. 125 kr/lägenhet med en mätnoggrannhet inom sannolikt  $\pm 1$  %.

Om temperaturmätning appliceras och k-värden specificeras kan transmissionen antingen kalkyleras kontinuerligt med en centralenhet i fastigheten eller genom att temperaturerna registreras på t.ex. magnetband för central datorberäkning.

Den största osäkerheten med det skisserade systemet för kontinuerlig mätning av värmeövergång torde vara spridningen i k-värden mellan olika lägenhetsskiljande byggnadsdelar. Om spridningen i k-värdet är 20 % och värmeöverströmningen är 20 % av tillförd värme med radiator, motsvarar osäkerheten i k-värdet en noggrannhet av 4 % vid mätning av radiatorernas värmeavgivning. En viss statistisk utjämning kan öka noggrannheten. Om en lägenhet omges med 4 st. lägenhetsskiljande ytor, som vardera har k-värden kända med 20 % noggrannhet, blir den sam-

manlagrade osäkerheten i k-värden 10 %, vilket motsvarar 2 % noggrannhet i radiatormätningen. Om å andra sidan lika mycket värme tillföres från grannlägenheterna som med radiatorerna, ger osäkerheten i k-värdena ett fel på 5 % i mätningen av värmeförbrukningen.

Förutom den horisontella värmeströmningen mellan lägenheter av olika temperatur finns på grund av temperaturgradienten i vertikal led inom rumsenheterna en värmeströmning vertikalt från undre till övre lägenheter, även om medeltemperaturen i lägenheterna är densamma. Genom att schematiska värden på temperaturgradienterna (Peterson, F, 1975) formulerats torde den eventuella vertikala värmeströmningen mellan lägenheterna kunna beräknas med tillräcklig approximation med kännedom om lägenheternas medeltemperaturer.

Centralenheten för datainsamling av transmissionen mellan lägenheterna kan utgöras av en microdator, som programmeras med transmissionsdata för aktuella byggnadskomponenter i fastigheten. Insignalerna till datorn är kontinuerligt uppmätta temperaturer i lägenheterna. Datorn beräknar och lagrar i minnet data på värmeöverströmningen mellan lägenheterna. Värdena kan antingen indikeras på en tablå alternativt skrivas på hålremsa eller magnetband, för att därefter utgöra underlag för debiteringen som samordnas med övrig värmekostnadsdebitering.

Kostnad för en centralenhet för beräkning av transmissionen mellan lägenheterna i fastigheten beräknas till ca. 10.000 kr med utnyttjande av integrerade elektronikkretsar av typ LSI (large scale integration). Med 50 lägenheter/centralenhet blir anskaffningskostnaden för denna 200 kr/lägenhet. Den totala anskaffnings- och installationskostnaden torde således bli något över 300 kr/lägenhet för ett datainsamlingssystem för mätning av lägenhetstemperaturer.

Möjligheten att manipulera ett sådant temperaturmätningssystem för dagligt bruk kan inte uteslutas. Detta kan emellertid i viss mån kontrolleras genom inprogrammering av rimlighetstester i centralenheten.



TAB. 4. Noggrannhet vid mätning av temperaturskillnad mellan lägenheter

Olika typer av fel	Typ av temperaturgivare		
	Termistor- givare °C	Motstånds- givare °C	Termo- element °C
Givarfel 1)	0,5 - 1	0,2 - 0,5	1 - 2
Systemfel 2)			
med en givare/lgh	1	1	1
med två givare/lgh	0,7	0,7	0,7
Totalfel med två givare/lgh	0,9 - 1,2	0,7 - 0,9	1,2 - 2

- 1) Givarnas fel avser dubbla standardavvikelsen, således är sannolikheten 5 % för sämre noggrannhet.
- 2) Med systemfel menas här avvikelsen i temperatur mellan mätpunkt och medeltemperaturen över den lägenhetsskiljande ytan.

TAB. 5. Kostnader för givare för mätning av värmeöverströmning mellan lägenheter

	Typ av temperaturgivare		
	Termistor- givare kr	Motstånds- givare kr	Termo- element kr
Inköpskostnad/givare	10	25	50
Installation:			
en givare/lgh	50	50	50
två givare/lgh	75	75	75
Servicekostnader/år	-	-	-

## 4.2 Mätning av värmeförluster

Eftersom tillförd värme till en lägenhet är lika med bortförd värme, kan i princip värmeförbrukningen i en lägenhet anges genom mätning av värmeförlusterna. En väsentlig invändning mot detta förfarande, bortsett från om det är realistiskt mättekniskt och ekonomiskt, är att det i förlusterna ej går att särskilja olika bidrag till värmekonsumtionen. En del värmebidrag, t.ex. personvärme, bör rimligen ej mätas och debiteras. Andra bidrag mätes och debiteras i annan ordning, t.ex. hus-hållsel för belysning m.m. Förlustmätning bör därför knappast ligga till grund för en separat värmekostnadsdebitering som uppfyller krav på noggrannhet och rättvisa.

Mätning av värmeförlusterna innebär dessutom stora tekniska svårigheter, dålig noggrannhet och medför en dyr mätteknik. Mätning av transmissionsförlusten i varje lägenhet med t.ex. värmebildsteknik torde inte vara ekonomiskt realistiskt. Nedan görs emellertid en kort genomgång av vilka mätmöjligheter som finns.

Ventilationsförluster. - Värmeförlusterna i frånluftsventilationen vid F- eller FI-system kan visserligen mätas, men den ofrivilliga ventilationen genom byggnadens ytterväggar m.m. är sannolikt av samma storlek och kan ej mätas på något enkelt och billigt sätt för dagligt bruk.

Vädring. - Vädringstider, öppningsvinklar på fönster etc. bör kunna mätas noggrant med ett elektroniskt övervakningssystem. Luftomsättningen i rum har uppmätts vid modellförsök (Rydberg, J, 1946). Att mäta eller beräkna luftomsättningen i den enskilda lägenheten med någon större precision är emellertid mycket svårt. Den noggrannhet som skulle kunna uppnås vid en mätning för dagligt bruk är troligen betydligt sämre än 50 %. Det är därför knappast rimligt att för dagligt bruk söka mäta vädringsförlusterna i lägenheter.

Transmission genom ytterväggar m.m. - Dessa förluster kan i princip mätas med termografi eller genom mätning av skillnaden mellan ute- och innetemperaturer samt multiplikation med transmissionen. Spridningen i k-värden genom skillnader i fogar och fönster m.m. på individuella lägenheter är emellertid mycket stora. Spridningen kan sannolikt vara större än 25 % i k-värdena.

Värmeströmning till andra lägenheter. - Behandlas i kap. 4.1.3.

Sammanfattningsvis är individuell värmemätning i form av förlustmätning för en lägenhet ej lämplig, dels på grund av att man då inte mäter det som bör debiteras separat som värmeförbrukning, dels på grund av att osäkerheten i sådana mätningar skulle bli stor även om ansevärliga kostnader nedlades i mätarutrustningar.

#### 4.3 Mätning av temperaturen i lägenheter som grund för fördelning av värmekostnader

På grund av svårigheterna att med enbart mätning av värmetillförseln till radiatorerna få en rättvis grund för fördelning av värmekostnaderna har föreslagits, att värmemätningen skulle ersättas av temperaturmätning i lägenheterna. På hyresgästerna skulle sedan värmekostnaderna fördelas i proportion till antal graddagar som registreras på olika lägenheter. <sup>1)</sup> Motivet för detta system är att hyresgästen skall betala för den komfort han erhåller/utnyttjar och ej för den över radiatorerna tillförda värmen, som ju är beroende av lägenhetens placering och värmeströmningen mellan lägenheterna. Nu kan dock invändas att lägenhetstemperaturen inte är ett tillräckligt mått på komforten. Men som grund för värmekostnadsfördelning kan givetvis en temperaturmätning tänkas, under förutsättning att den är ett rättvist mått på värmeförbrukningen.

Den inomhustemperatur som är korrekt att mäta bör vara en medeltemperatur för lägenheten. Det är emellertid inte givet någon viss mätpunkt i en lägenhet som ger denna medeltemperatur. Medeltemperaturen kan endast uppnås med flera mätpunkter som viktas med motsvarande ytor i de rum där mätpunkterna placeras. Inte heller temperaturmätning i frånluften för ventilation torde vara säkert rättvisande.

Om den inomhustemperatur som mätes avviker såg  $1^{\circ}\text{C}$  från lägenhetens medeltemperatur, motsvaras detta av ett fel i till en lägenhet fördelad värmekostnad av ca.  $\pm 5\%$ . Hur många temperaturmätpunkter som skulle krävas för tillfredsställande noggrannhet motsvarande såg 1 - 2 % i tillförd värme, är i sin tur svårt att säga utan praktiska prov.

För beräkning av antal graddagar krävs även mätning av ytterlufttemperaturen. Om endast en utegivare används blir totala antalet registrerade graddagar beroende på om givaren placeras i norr eller söder. Detta gör emellertid mindre. Viktigare är att fördelningen av graddagar på olika lägenheter förskjuts beroende på den enda utegivarens placering. De lägenheter som har en medel inomhustemperatur som sammanfaller med medelvärdet för fastighetens lägenheter får alltid samma proportion av totala antalet graddagar för fastigheten. Men de lägenheter, som har en från medelvärdet avvikande temperatur, får en varierande andel beroende på om antal graddagar refereras till norr- eller söderplacerad utegivare. Exempelvis får en lägenhet som har lägre medeltemperatur än genomsnittet bära en större andel av värmekostnaden för fastigheten om utegivaren är placerad åt norr, än om den är placerad åt söder och lägenheten i fråga fortfarande har samma innetemperatur. Det är därför bättre att utnyttja två utegivare, en åt norr och en åt söder samt registrera ett medelvärde mellan dem.

<sup>1)</sup> Ett sådant temperaturmätsystem med central registrering av graddagar på respektive lägenhet har utvecklats av AB Svensk Värmemätning men ännu ej provats i någon fastighet.

Vid samma medeltemperatur i två olika lägenheter kan i den ena lägenheten avsevärt större vädring och därmed värmeförbrukning äga rum. Medeltemperaturen är därför på grund av vädringens inverkan ett otillförlitligt mått på värmeförbrukningen.

Vädringen är ett sätt att enkelt eliminera övervärme vid dåligt inreglerade centralvärmesystem. Enligt undersökningen i Tensta (Byggnadsenergigruppen, 1974) svarade vädringen före injusteringen för 20 % av värmeförlusterna.

Vädring används självfallet också för luftbyte där ventilations-systemet är otillräckligt, t.ex. där endast självdrag förekommer.

I fastigheter med god injustering av centralvärmesystemet samt F- eller FT-system är vädringens inverkan troligen låg i genomsnitt, men risken för stora värmeförluster genom individuell vädring finns dock. Det kan t.ex. vara fråga om korrigering av övervärme genom mindre lämpligt handhavande av rums-termostater. En övervärme som en hyresgäst reglerar in motsvarande  $2^{\circ}\text{C}$  kan enkelt vädras bort och motsvarar en värmeförlust av ca 10 % av totala värmebehovet i genomsnitt.

Om en lägenhet har termostater på radiatorerna kan således en sådan övervärme eventuellt förbrukas av en hyresgäst även om centralvärmesystemet är väl inreglerat.

Som ovan, kap. 4.2, berörts är det mycket svårt att, även om vädringstider och fönstervinklar mäts med tillförlitliga givare, uppskatta värmeförlusterna genom vädringen. En lösning på vädringsproblemet som föreslagits är att en kontaktslutning på fönstret skulle stänga av motsvarande radiatortermostatventil vid vädring. Risken är dock att detta alltför lätt kan sättas ur funktion.

Sammanfattningsvis synes därför på grund av vädringsförlusterna temperaturmätning som grund för värmekostnadsfördelningen t.v. vara en mindre tillfredsställande metod ur rättvisesynpunkt även om en lägenhet förses med tillräckligt antal temperaturmätpunkter samt en viktad utetemperatur registreras för beräkning av graddagar. Kan en helt ny lösning på vädringsproblemet presenteras kan emellertid temperaturmätningen bli mer intressant.

#### 4.4 Möjlighet till ett rättvist system för individuell värmemätning

Ett rättvist system för individuell värmemätning bör omfatta mätning av:

- . värmeavgivning från radiatorer och kopplingsledningar
- . värmeöverföring mellan angränsande lägenheter
- . solinstrålning

Därvid utgör solinstrålningen den mest svårbemästrade delen. Solinstrålningen kan knappast mätas till en rimlig kostnad för vardagsbruk. Om mätning av solinstrålningen utelämnas, blir invändningen mot värmekostnadsdebiteringen att gratisvärmen från solinstrålning gynnar vissa lägenheter och missgynnar andra, så att värmekostnaden kan skilja flera tiotal procent mellan lika stora lägenheter med samma inomhustemperatur i en fastighet. En justering av värmekostnaden med hänsyn till möjligheten att utnyttja gratisvärme genom solinstrålningen bör göras för rättvis fördelning. En justering med fördelningsnyckel har också sedan gammalt gjorts i samband med fördelningsmätning. Svårigheten att fördela gratisvärmen utan tillgång till någon löpande noggrann mätning är givetvis betydande och rättvisan i varje typ av schablonbetonad fördelningsnyckel måste ifrågasättas. Det är mycket tveksamt om det är motiverat att relativt noggrant söka mäta och debitera 70 - 80 % av värmeförbrukningen medan, i ogynnsammaste fall, upp till 20 - 30 % fördelas på ganska lösa grunder.

Att å andra sidan göra en värmekostnadsfördelning i proportion till antal registrerade graddagar för olika lägenheter genom mätning av inom- och utomhustemperatur synes ej heller, enligt kap. 4.3 ovan, kunna accepteras som ett rättvist system. Ett rättvist system bör framförallt premiera värmebesparing, ej värmeslöseri genom vädring. Som ovan diskuterats torde vädringsförluster ej kunna mätas eller elimineras i ett system för vardagligt bruk.

## 5 MÄTNING AV KOMFORT

Inomhustemperaturen i en lägenhet är ej ett entydigt mått på det termiska inomhusklimatet/komforten i en lägenhet. Komforten är beroende av luftfuktighet, lufthastighet, luftens sammansättning samt den riktade operativa temperaturen. Mätning av alla komfortvariabler är ett komplicerat mättekniskt problem och kan knappast till en rimlig kostnad bli föremål för någon kontinuerlig vardagsmätning i lägenheter.

Från bostadsförvaltande företag har också framförts att en jämn välavpassad komfort borde erbjudas utan individuell kostnad för hyresgästerna, varför ett individuellt komfortreglersystem täckande de olika komfortvariablerna är mindre intressant, måhända även ur hälsosynpunkt.

Enligt principen att en individuell mätning bör motsvaras av en individuell reglermöjlighet torde därför individuell komfortmätning vara mindre angelägen. Om den individuella reglermöjligheten inte finns saknas ju anledning till att söka utföra ett individuellt komfortmätsystem.

## 6 REGLERING AV VÄRMESYSTEM OCH ENERGIBESPARING

I en nyligen publicerad rapport (Höglund, I & Johnsson, B, 1976) visas att en omsorgsfull inreglering, egentligen inställning, av värmesystemet i en fastighet kan vara en väsentlig förutsättning för sänkning av medeltemperaturen med t.ex. 2°C.

Reglering av värmesystemet kan egentligen omfatta tre olika typer av reglering. Inuti ventilerna på varmvattenradiatorer finns ett regleringsorgan med vilket genomströmningsöppningen kan avpassas så att vattenflödet blir optimalt. Detta bör kallas förinställning eller inställning av ventilerna och ordet inreglering för detta är egentligen ej helt adekvat.

Förinställningen, i dagligt språkbruk inregleringen, skall hållas isär från den reglering av radiatorventilerna som kan göras med rumstermostat eller genom manuell omställning av ventilhandtag, för att efter individuella önskemål öka eller minska värmeavgivningen.

Slutligen kan en central reglering av framledningstemperaturen göras i fastighetens cirkulationssystem. Den inreglering som refererats till i ovannämnda rapport avser således en förinställning av ventilerna. Oavsett om en sådan förinställning gjorts eller ej leder emellertid alltid en central reglering av framledningstemperaturen med utetermostat till en ytterligare sänkning av energikostnaden genom den anpassning till utetemperaturen som därmed sker.

Förinställningen kan i praktiken knappast göras noggrannare än att man måste räkna med en temperaturskillnad på  $\pm 1 - 2^{\circ}\text{C}$  mellan olika lägenheter. För att inte temperaturen i den kallaste lägenheten skall underskrida säg  $+ 20^{\circ}\text{C}$  måste därför medeltemperaturen ligga på  $+ 21 - 22^{\circ}\text{C}$ . Med hänsyn till variationerna i solinstrålning, vind etc., mellan olika lägenheter kan även större spridning i temperatur mellan de olika lägenheterna även förekomma. Detta är fallet även om framledningstemperaturen centralt regleras med utetermostat.

Även med ett noggrant förinställt värmesystem kvarstår således en från medeltemperaturen i fastigheten avvikande temperatur i den individuella lägenheten. En individuell reglermöjlighet är därför fortfarande motiverad och önskvärd ur såväl komfort- som energisparsynpunkt. Med inreglering av värmesystemet och med central reglering av framledningstemperaturen med utetermostat minskar dock behovet av individuell värmerreglering till säg  $1 - 2^{\circ}\text{C}$ . På grund av att gratisvärme genom solinstrålning varierar mycket med den enskilda lägenhetens placering kan det individuella reglerbehovet vara större. Den individuella regleringen kan ske antingen manuellt med ventilhandtagen på radiatorerna eller med radiator- eller rums-termostater

Sammanfattningsvis finns således det individuella reglerbehovet kvar men i mindre grad om förinställning gjorts och/eller central reglering med utetermostat utnyttjas.

Avvägningen mellan central och individuell värmereglering är en hittills föga studerad fråga. Det lämpligaste regler-systemet kan dock knappast vara renodlat centralt eller individuellt utan bör innehålla båda nivåerna, bl.a. med hänsyn till reglermöjligheten vid solinstrålning.

Den värmeenergi som individuellt kan sparas i lägenheter är således beroende på förutsättningar i fastigheten bl.a. enligt ovan om en förinställning gjorts och om en central reglering av framledningstemperaturen finns.

Den potentiellt möjliga besparingen av värmeenergi i fastigheter utan inreglerat värmesystem och med central reglering som inte fungerar optimalt framgår av undersökningen av fastigheter i Tensta (Adamson, B et al, 1975) och har diskuterats i kap. 4. Med noggrann inreglering torde som nämnts den möjliga energibesparingen med individuell reglering i genomsnitt stanna vid vad som motsvarar 1 - 2°C temperatursänkning.

Den individuella regleringen avser innetemperaturen. En eventuell individuell mätning bör som ovan diskuterats däremot inte ske av inomhustemperaturen utan av värmekonsumtionen för att få ett så långt möjligt entydigt och rättvist samband mellan den individuella regleringen och den individuella mätningen. Den brist på entydighet som kan finnas mellan reglering och mätning är då beroende på för olika lägenheter individuella variationer i klimatinverkan genom solinstrålning, vind etc. Skulle å andra sidan såväl mätning som reglering ske på innetemperatur bortfaller solinstrålningens inflytande på sambandet mellan det man mäter och det man reglerar, men den individuella vädringen som okontrollerbar möjlighet medför att mät-reglersambandet blir obestämt.



## 7 KOSTNADER OCH LÖNSAMHET VID INDIVIDUELL VÄRMEMÄTNING

Uppskattning av lönsamheten för system för individuell värmemätning har gjorts dels vid uppvärmning med varmvattenradiatorer dels med elvärme. I båda fallen har även antagits att mätsystemet inkluderar mätning av värmeöverströmningen mellan lägenheter.

Vid elradiatorer kan individuell mätning göras utan tilläggs-kostnader under förutsättning att individuell mätning av hus-hållsel måste göras i alla fall. Enligt SBN 1975 föreslås detta bli fallet för nya fastigheter.

Vid mätning med värmemängdsmätare varierar kostnaden för ut-rustningen avsevärt beroende på antalet stamledningar till en lägenhet. Även i de gynnsammaste fallen med endast en eller två stammar blir kostnaden stor i förhållande till energibe-sparingen.

I följande lönsamhetsexempel har antagits att en förinställning av radiatorsystemet gjorts, vilket begränsar utrymmet för indi-viduell värmereglering och -besparing till 1 å 2°C motsvarande 5 - 10 % av uppvärmningskostnaderna.

Beträffande värmeförbrukningen har vid oljeeldning dels räknats med ett äldre hus med en förbrukning av 40 l olja/m<sup>2</sup> ly och år dels ett nyare med 20 l olja/m<sup>2</sup> ly och år.<sup>1)</sup> I elvärmefallet har antagits 100 kWh/m<sup>2</sup> ly och år.<sup>2)</sup>

Energikostnaderna har antagits öka 7 % per år. Lika mycket har service- och avläsningskostnaderna antagits öka per år. Intern-räntan har beräknats enligt ACGP-metoden (Järnefors, U, 1975) vid en ekonomisk livslängd på investeringarna av 10 år.

Vid en fastighet med förbrukningen 40 l/m<sup>2</sup> ly och år blir vid 10 % bränslebesparing och investering i avdunstningsmätare etc. internräntan 20 %. Vid 7 % besparing blir internräntan 7 %. Vid 5 % besparing blir internräntan negativ. För en nyare fas-tighet med förbrukningen 20 l/m<sup>2</sup> ly och år blir förräntningen hos investeringen negativ även vid 10 % bränslebesparing.

Om investeringen istället avser värmemängdsmätare blir även om endast en sådan behöver installeras internräntan 0 % redan för fastigheten med den högre bränsleförbrukningen och 10 % bräns-lebesparing. För lägre bränsleförbrukning blir förräntningen negativ.

1) Värdena har erhållits från Riksbyggens årsstatistik.

2) Uppskattningen har gjorts med ledning av elvärmemätningarna i Råslätt (Håål, S & Lindskog, N-E, 1970) och Bollnäs (Adamson, B et al, 1975).

TAB. 6. Investerings- och årskostnader för olika system för individuell värmemätning

Sort: kr.

	Varmvattenradiatorer		Elradiatorer	
	Avdunstningsmätare (6 st/lgh)	Värmemängdsmätare Stamledningar en två		
<u>Mätning av radiatorvärme</u>				
. mätarpris	150	800 1600	0	0
. installation	50	200 400	0	0
Investering s:a	200	1000 2000	0	0
. service och avläsning/år	25	30 40	0	0
<u>Mätsystem för värmeöverströmning</u>				
. temp.givare	50	50	50	50
. installation	75	75	75	75
. datainsamlingssystem: /lgh vid 50 lgh/system	200	200	200	200
Investering s:a	325	325	325	325
. service och avläsning/år	30	30	30	30

Vid elvärme blir investering i mätning av värmeöverströmningen lönsam med internräntan 22 % om värmebesparingen är 10 %. Om besparingen är 7 % blir internräntan 1 % och om besparingen är 5 % blir förräntningen negativ.

Sammanfattningsvis är investering i värmemängdsmätare inte lönsamt. Investering i avdunstningsmätare eller elvärme med individuell mätning av värmeströmningen mellan lägenheter är lönsam under vissa förutsättningar. Helt avgörande för lönsamheten är den uppnådda individuella energibesparingen. I det intervall på måttlig energibesparing 5 - 10 % som man realistiskt får räkna med varierar lönsamheten drastiskt och en god internförräntning vid t.ex. 10 % energibesparing byts lätt till en negativ förräntning vid 5 % årlig energibesparing. Slutsatsen blir närmast att även de minst kostsamma investeringarna i individuell värmemätning är mycket osäkra investeringar.

Den väsentliga minskningen av uppvärmningskostnaderna i flerfamiljshus torde kunna ske genom bättre isolering m.m. samt genom inreglering av värme- och ventilationssystemen. Därutöver bör en möjlighet finnas att i den enskilda lägenheten individuellt reglera värmeförbrukningen, bl.a. på grund av variationen i solinflöde och andra värmetilskott. Den individuella besparingsmöjligheten torde i medeltal uppgå till högst 5 - 10 % av de totala värmekostnaderna och motsvara en temperatursänkning av 1 - 2°C.

Anordningar för individuell värmemätning bör i anskaffning och installation inte överstiga storleksordningen 500 kr för att lönsamhet skall vara möjlig med ovan angivna energibesparing.

Systemnoggrannheten i mätsystemet bör ej överstiga  $\pm 5\%$ .

Inom utredningen har värmeöverströmningen mellan angränsande lägenheter beräknats. Värmeöverströmningen är betydande redan vid en eller ett par graders temperaturskillnad mellan lägenheterna. I äldre fastigheter med relativt god isolering i lägenhetsskiljande byggnadsdelar stannar värmeöverströmningen vid 2°C temperaturdifferens på en nivå av c:a 20 % av värmeavgången från radiatorerna. I nyare fastigheter med sämre värmeisolering mellan lägenheterna kan värmeöverströmningen redan vid någon grads temperaturskillnad bli i samma storleksordning som värmeavgivningen från radiatorerna.

Om rättvisa skall kunna uppnås med individuell värmemätning måste därför värmetransporten mellan lägenheterna mätas. Detta torde vara tekniskt och ekonomiskt möjligt att göra. Ett mätsystem med ett par motståndsgivare i varje lägenhet samt datainsamlingssystem och centralenhet torde kunna utföras för en kostnad av c:a 300 kr per lägenhet och med en systemnoggrannhet inom  $\pm 5\%$ .

För mätning på radiatorer bör avdunstningsmätare ej accepteras p.g.a. lätthet att (ofrivilligt) manipulera dem samt deras dåliga noggrannhet, 10 % eller sämre. Mätning med värmemängdsmätare av nu kända konstruktioner och prislägen blir ej lönsam.

Endast med elradiatorer kan såväl tillräcklig noggrannhet i värmemätningen som lönsamhet uppnås.

Även vid elvärme måste dock en individuell värmemätning ifrågasättas av rättviseskäl, även om värmeöverströmningen mellan lägenheterna mätes. Gratisvärmen genom solinstrålning torde nämligen inte kunna mätas på ett lönsamt sätt för vardagsbruk och därmed finns en variation i ogynnsamaste fall på upp till 20 - 30 % i värmeförbrukningen mellan lägenheter i samma fastighet med olika tillgång till gratisvärme.

Värmemätning på ett indirekt sätt genom mätning av inom- och utomhustemperaturen och värmekostnadsfördelning i proportion till antal registrerade graddagar kan ej anses uppfylla kravet på rättvisa, eftersom ett sådant system ej säkert premierar värmebesparing. Värmeslöseri genom vädring kan förekomma även om inomhustemperaturen hålles låg. Vädringsförlusterna kan som diskuterats i utredningen inte mätas eller beräknas annat än med mycket otillfredsställande noggrannhet.

Sammanfattningsvis har i utredningen behandlats vilka krav som bör ställas på ett rättvist och tillfredsställande lönsamt system för individuell värmemätning. Energibesparingen genom värmemätning torde bli måttlig i förhållande till andra energibesparande åtgärder, samtidigt som kostnaderna för ett rättvist system blir höga. De gynnsammaste förutsättningarna för individuell värmemätning finns i fastigheter med elvärme, men även där gör svårigheten att definiera gratisvärmen genom solinstrålning, att den individuella värmemätningen inte kan anses rättvis.

## LITTERATUR

Adamson, B, Hämler, J & Mandorff, S, 1975, Energibesparing, En undersökning i två flerfamiljshus. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R23:1975, Stockholm.

Byggnadsenergigruppen, 1974, Energianvändning i byggnader. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R10:1974, Stockholm.

Brown, G, 1959, Ytterväggars värmeisoleringsförmåga. (Statens nämnd för byggnadsforskning) Handlingar nr 36, Stockholm.

Elmroth, A & Höglund, I, 1973, Värmebalans i småhus. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R7:1973, Stockholm.

Höglund, I & Johnsson, B, 1976, Byggnadstekniska och installationstekniska åtgärder för energibesparing i äldre byggnader. (Institutionen för byggnadsteknik, Kungl. tekniska högskolan) Meddelande nr 108, Stockholm.

Håäl, S & Lindskog, N-E, 1970, Två års el-värmemätningar i Råslätt, särtryck ur VVS nr 11, 1970, Stockholm.

Järnefors, U, 1975, Lönsamhetskalkyler vid energibesparande åtgärder för befintliga byggnader. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R40:1975, Stockholm.

Lindskog, N-E, 1962, Östbergaprojektet. (Statens nämnd för byggnadsforskning) Rapport 80, Stockholm.

Mandorff, S, 1974, Inreglering av värmesystem. (Statens institut för byggnadsforskning) Byggnadsforskningens informationsblad B12:1974, Stockholm.

Mansa, J L, 1951, Värmemätning - tekniska och ekonomiska synpunkter, VVS nr 12, 1951, p. 174-180, Stockholm.

Ohlon, R, 1975, Kontroll av el-, vatten- och värmemätare. (Statens provningsanstalt) SP-RAPP 1975:18, Stockholm.

Peterson, F, 1975, Temperaturgradienter vid olika uppvärmningssystem. (Institutionen för uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH) Tekniska Meddelanden 64-73, 1975:3 (vol. 4), Stockholm.

Posselt, O G, 1952, Värmefördelningsmätare, VVS nr 9, 1952, p. 462-478, Stockholm.

Reijner, E & Adamson, B, 1956, Prov med fördelningsmätare för värme och varmvatten. (Statens nämnd för byggnadsforskning) Rapport 36, Stockholm.

Rydberg, J, 1945, Modellförsök med ventilationsanläggningar. Särtryck ur VVS nr 1 och 2, 1945, Stockholm.

Sjöstedt, S, 1946, Värmemättningsproblemet, Teknisk Tidskrift  
nr , 1946, p. 25-31, Stockholm.

SOU 1974:65, Energi 1985-2000, Energiprognosutredningen. (Sta-  
tens offentliga utredningar) Stockholm

## SAMMANFATTNING

### Bakgrund

I samband med strävandena att söka minska energiförbrukningen i bl.a. flerfamiljshus genom olika åtgärder är det aktuellt att undersöka om individuell mätning och debitering av värmeförbrukningen i lägenheter kan medföra någon väsentlig energibesparing.

### Avsikt

Svårigheterna att mäta värmekonsumtionen i olika lägenheter inom en fastighet på ett rättvisande sätt har hittills visat sig vara betydande. Målsättningen med studien är därför:

- . att kritiskt utreda om individuell mätning av värme- eller komfort i lägenheter i flerfamiljshus kan göras på ett rättvist sätt
- . att undersöka kostnaderna för individuell mätning i förhållande till det ekonomiska värdet av motsvarande energibesparing
- . att studera sambandet mellan mätning av värmeförbrukning och reglering av värmeförseeln till en lägenhet

### Studiens uppläggning

Värme tillföres en lägenhet med radiatorer, ventilation, genom värmetransport mellan lägenheter med olika temperatur och genom solinstrålning, personvärme, belysning m.m.

I studien behandlas metoder för mätning av tillförd respektive förbrukad värme. Tonvikt har lagts på mätmöjligheter, mätmetodik, mätnoggrannhet samt kostnader. Eftersom tidigare undersökningar indikerat att värmegenomgången genom lägenhetsskiljande väggar redan vid måttlig temperaturskillnad mellan lägenheter kan vara betydande, har beräkningar gjorts på värmetransporten mellan lägenheter.

Möjligheterna att genom mätning av temperaturen i lägenheter få en grund för värmekostnadsfördelning studeras.

Kostnaden för värmemätning jämföres med värdet av motsvarande möjlig energibesparing. Lönsamhet för värmemätning har beräknats för några olika värmemätningssystem.



## Resultat

Beräkningarna över värmetransporten mellan angränsande lägenheter visar att, i äldre fastigheter med relativt god isolering i lägenhetsskiljande byggnadsdelar, en lägenhet som har en temperatur av  $19^{\circ}\text{C}$  tar 20 % av förbrukad värme från omgivande lägenheter om de har  $2^{\circ}$  högre temperatur. En lägenhet i ett hus som uppfyller BSN 75 behöver inte någon värmestillförsel över radiatorerna om temperaturen i lägenheten är endast  $0,5^{\circ}$  ( $20,5^{\circ}\text{C}$ ) lägre än temperaturen i omgivande lägenheter ( $21^{\circ}\text{C}$ ). Ett rättvist system för värmemätning baserat på mätning av tillförd värme till radiatorerna måste därför även omfatta mätning och registrering av värmetransporten mellan lägenheterna.

Systemnoggrannheten vid värmemätning bör ej vara sämre än  $\pm 5\%$ , därför bör avdunstningsmätare på radiatorerna ej användas. Den värmebesparing som kan uppnås vid individuell värmemätning, om centralvärmesystemet är inreglerat, torde vara i bästa fall 5 - 10 %. Investeringen i mätutrustning bör för lönsamhet ej överstiga 500 kr. Detta innebär att värmeflödesmätare av nu kända konstruktioner har för hög kostnad. Det är därför egentligen bara med elvärmesystem som lönsamhet skulle kunna uppnås.

Även om mätning av tillförd värme med radiatorer samt värmetransporten mellan lägenheterna sker på ett rättvisande sätt, kvarstår invändningen att solinstrålningen kan vara så ojämn mellan lägenheter att värmemätningen blir diskutabel ur rättvisesynpunkt.

För att eliminera solinstrålningens stora inverkan på värmebehovet har ett system föreslagits med värmemätning på ett indirekt sätt genom mätning av inom- och utomhustemperaturen och värmekostnadsfördelning i proportion till antal registrerade graddagar. Ett sådant system kan ej anses uppfylla kravet på rättvisa, eftersom ett sådant system ej säkert premierar värmebesparing. Värmeslöseri genom vädring kan förekomma även om inomhustemperaturen är låg. Som diskuteras i studien torde vädringsförlusterna varken gå att kontrollera eller mäta.



**R24:1976**

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 760002-1 från  
Statens råd för byggnadsforskning till Energisystem  
Projekt AB, Åkersberga.**

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

**Pris: 21 kr + moms**