
Rapport SGC 032

**SYSTEMVERKNINGSGRAD EFTER
KONVERTERING AV
VATTENBUREN ELVÄRME TILL
GASVÄRME I SMÅHUS**

Jonas Forsman

Vattenfall Energisystem AB

Januari 1993



Rapport SGC 032
ISSN 1102-7371
ISRN SGC-R--32--SE

Rapport SGC 032

**SYSTEMVERKNINGSGRAD EFTER
KONVERTERING AV
VATTENBUREN ELVÄRME TILL
GASVÄRME I SMÅHUS**

Jonas Forsman

Vattenfall Energisystem AB

Januari 1993



SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat e dyl i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

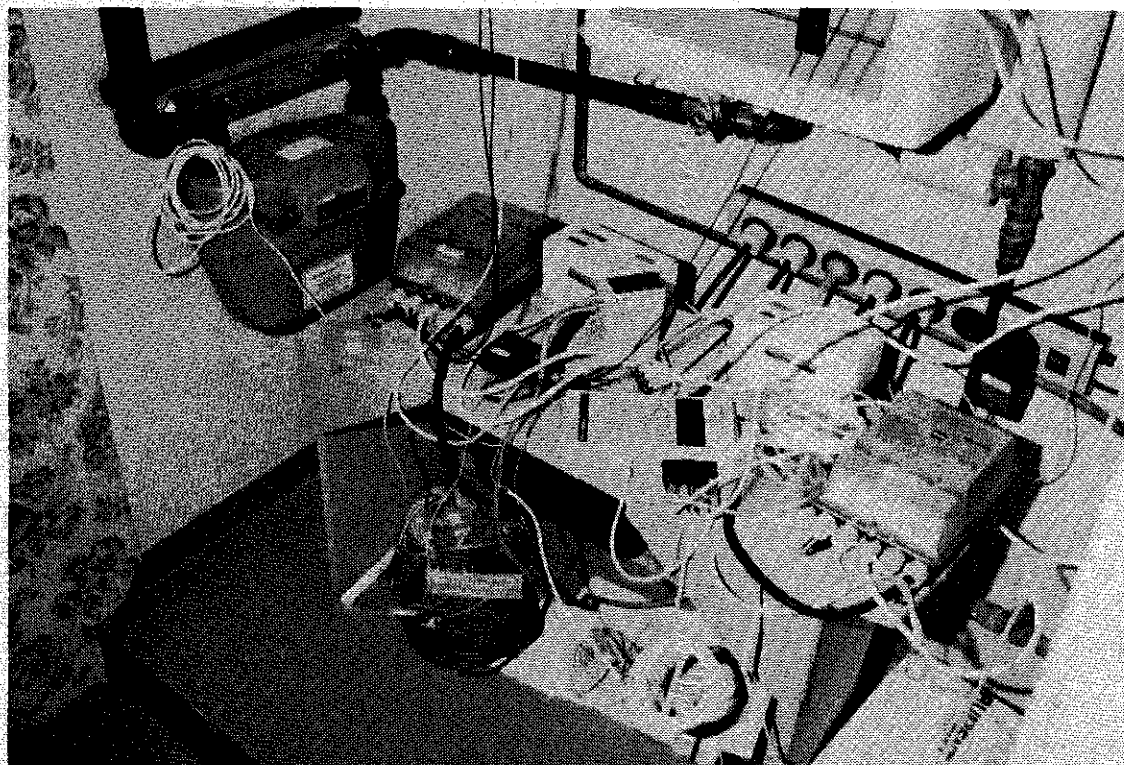
En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns i slutet på denna rapport.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har f n följande delägare: Svenska Gasföreningen, Vattenfall Naturgas AB, Sydgas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB och M.E.Malmö Energi AB.

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB

Jörgen Thunell

Systemverkningsgrad efter konvertering av vattenburen elvärme till gasvärme i småhus



Vällingby 1992-12-28
Jonas Forsman

Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
1 Inledning	3
2 Mätobjekt	3
3 Systemlösning och beräkningsförutsättningar	6
3.1 Systemlösning och installation av mätutrustning	6
3.2 Drifterfarenheter	9
3.3 Beräkningsförutsättningar och mätmetod	9
4 Värmemängdsmätning	11
4.1 Allmänt	11
4.2 Mätutrustning	11
4.2.1 Flödesmätare	11
4.2.2 Temperaturgivare	14
4.2.3 Integreringsverk	15
5 Onoggrannhet för mätningarna	16
5.1 Allmänt	16
5.2 Onoggrannhet för energimätningen i radiatorkretsen	17
5.3 Känt systematiskt fel för energimätningen i radiatorkretsen	17
5.4 Onoggrannhet för mätningen av varmvattenförbrukning	18
5.5 Onoggrannhet för gasmängdsmätningen	20
5.6 Onoggrannhet för beräknad verkningsgrad	20
6 Mätdatainsamling	21
7 Resultat	22
7.1 Allmänt	22
7.2 Årsmedelverkningsgrad	22
7.3 Resultatbehandling	24
8 Diskussion och slutsatser	24
8.1 Diskussion om mätningarna och deras resultat	24
8.2 Erfarenheter från mätningarna	27
Referenser	28

Diagram

Bilagor:

1. Konverteringsekonomi.
2. Fasad- och planritningar.
3. Underlag för beräkning av systematiskt fel i radiatorkretsens värmemängdsmätutrustning.
4. Relativt fel vid mätning av värmemängd i tappvarmvatten.
5. Organisation av mätdata i kalkylarket.
6. Värmeförluster från varmvattenberedaren.

Sammanfattning

För att ta reda på systemverkningsgraden i ett värmesystem som konverterats från vattenburen el till stadsgas har mätningar av gas-, värme- och varmvattenförbrukning genomförts under ett års tid. I den här rapporten redovisas resultat från mätperioden 1991-09-07 kl. 00.00 - 1992-09-07 kl. 00.00, 366 dygn. Klimatet under mätperioden var ovanligt varmt. Systemets verkningsgrad definieras som:

$$\frac{\text{uppmätt värmeförbrukning} + \text{uppmätt varmvattenförbrukning}}{\text{energi i förbrukad gas}}$$

Förlusterna från panna, varmvattenberedare och rör dem emellan till uppställningsrummet betraktas som onyttiga. Om förlusterna nyttiggörs förbättras systemverkningsgraden med 1-4%.

Mätningarna har utförts i ett 2 planshus med källare. Huset är byggt 1938 och den uppvärmda ytan är ca 200 m². I huset bor sedan 1988 en familj på 4 personer. Vintern 1990 konverterades värmesystemet från vattenburen el till stadsgas. Värmesystemet består av ett tvårörs radiatorsystem med en elpanna på 9 kW som är sammanbyggd med en varmvattenberedare på 270 liter och en stadsgaseldad väggpanna på 10,5 kW.

Gaspannan som styrs av elpannans reglercentral är ansluten så att beredning av tappvarmvatten och uppvärmning av huset sker parallellt. Elpannans och varmvattenberedarens elpatroner är normalt frånslagna när gaspannan är i drift, men de kan kopplas in istället för gaspannan. Det är möjligt att värma huset med gas och bereda tappvarmvatten med el eller tvärt om.

Mätvärden på gas-, värme-, varmvattenförbrukning och utetemperatur har registrerats av en datalogger varje timme. I rapporten finns mätvärdena presenterade som punkt- och varaktighetsdiagram.

En felanalys har gjorts för att kunna ange gränser för relativa felet i den beräknade verkningsgraden. Gränsen för det negativa mätfelet har beräknats till 11,8% och för det positiva mätfelet till 6,6% av det verkliga värdet.

Gasförbrukningen under mätperioden var 21 432 kWh. Stadsgasens undre värmevärde har bedömts till 4,5 kWh/ m³. Värmeförbrukningen var 12 467 kWh. Varmvattenbehovet var 1 803 kWh. Det ger enligt ovanstående definition en årsverkningsgrad på 67%. Gränserna för mätfelet medför att årsverkningsgraden med stor sannolikhet ligger inom intervallet 63%-76%.

Dygnsmedelverkningsgraden varierade kraftigt under året. Då uppvärmningsbehov fanns var verkningsgraden som störst. När varken uppvärmningsbehov

eller varmvattenbehov fanns var den som lägst. Som högst var dygnsverkningsgraden ca 80% och som lägst 0%.

Mätningarna har gjort det möjligt att beräkna värmeförlusterna från varmvattenberedaren. Förlusteffekten från beredaren som är väl isolerad med en vattentemperatur på ca 60 °C är ca 120 W. Det ger en energiförlust på ca 1055 kWh under mätperioden. Varmvattenberedarens förluster var ca 58% av varmvattenbehovet som uppmäts till 1 803 kWh.

De timmar under vilka varmvattentappning förekom någon gång under den aktuella timmen utgör endast 13% av det totala antalet timmar under mätperioden. Det lilla varmvattenbehovet tros vara huvudförklaringen till att systemverkningsgraden är ganska låg.

Med utgångspunkt från ovan angivna definition på systemverkningsgrad kan man dra följande slutsatser:

En panna med hög pannverkningsgrad ger inte hög systemverkningsgrad om varmvattenberedaren och rören mellan panna och beredare är dåligt isolerade.

Varmvattenbehovet påverkar i hög grad systemverkningsgraden.

1 Inledning

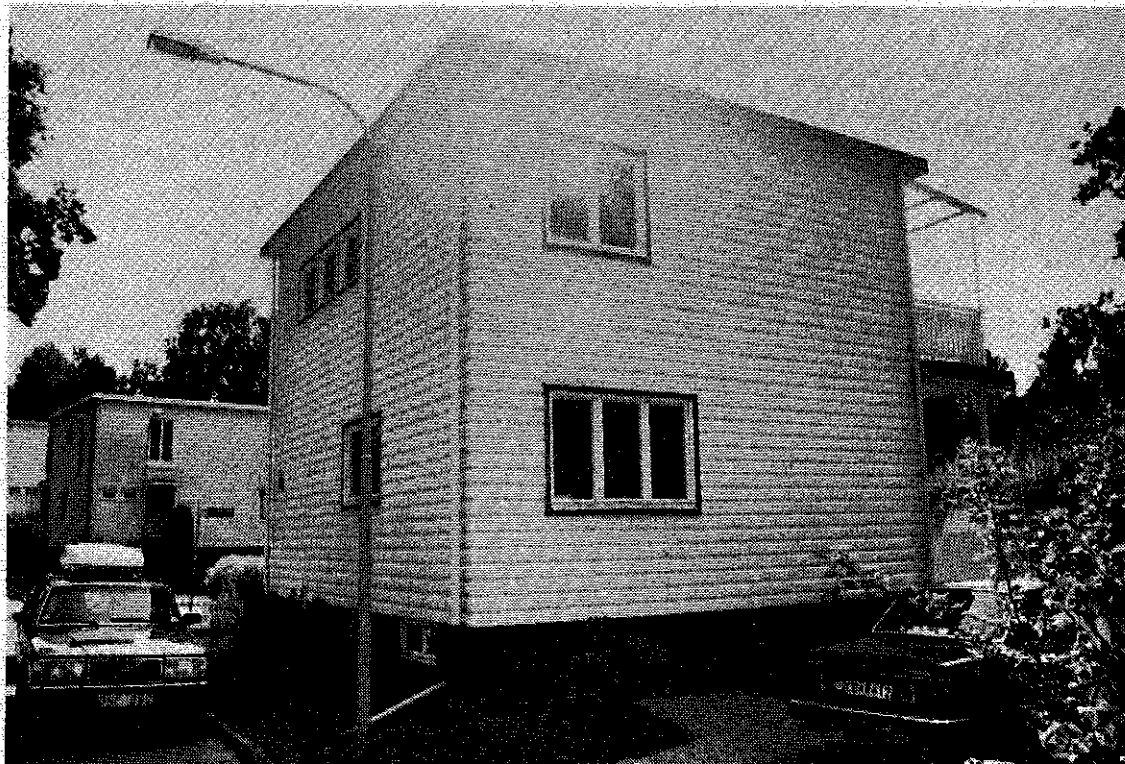
Genom att ersätta el som används för uppvärmning med andra energibärare t ex gas kan elanvändningen minskas. I de delar av Sverige där det kan vara aktuellt med naturgas finns ca 202 000 direktelvärmda småhus och 258 000 hus med vattenburen elvärme.

Med målsättningen att finna lämpliga lösningar för konvertering av elvärmda småhus till gas har ett antal demonstrationskonverteringar gjorts. Vintern 1990 konverterades ett småhus i Södra Ängby i Bromma från vattenburen el till stadsgaseldat värmesystem. Värmeanläggningen har fungerat mycket bra men inverkan på driftsekonomin har bara kunnat uppskattas. En jämförelse av driftkostnaden före och efter konverteringen finns i bilaga 1. Därför har SGC (Svenskt Gastekniskt Center) bekostat detta mätprojekt som syftat till att bestämma värmesystemets verkningsgrad.

Mät- och datainsamlingsutrustning installerades i februari 1991. Mätningarna kom igång 91-04-12. Uppmätta värmemängder tydde emellertid på att något var fel med mätutrustningen. Det visade sig efter lång tids felsökning att felet inte låg i mätutrustningen utan berodde på att en ventil i värmesystemet stod i fel läge. Efter det att mätningarna börjat fungera som avsett har mätvärden samlats in varje timme under ett års tid. I den här rapporten redovisas resultat från mätperioden 1991-09-07 kl. 00.00 - 1992-09-07 kl 00.00, 366 dygn.

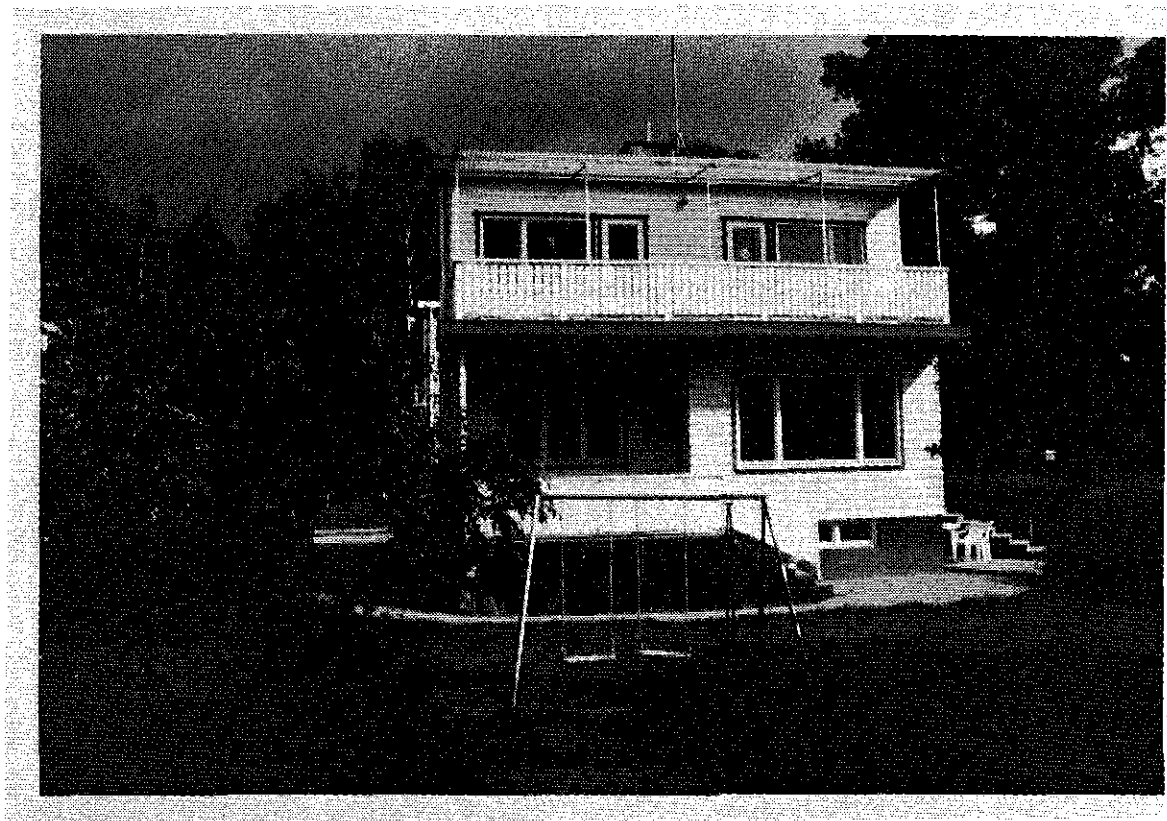
2 Mätobjekt

Mätningarna har utförts i ett 2 planshus med källare. Huset är byggt 1938 och ligger i området Södra Ängby i Bromma, se figurerna 2.1 och 2.2. Den uppvärmda ytan är ca 200 m². Ventilationen sker genom självdrag. I huset bor sedan 1988 en familj på 4 personer. Fasad- och planritningar återfinns i bilaga 2. Värmedistributionssystemet är ett tvårörssystem. Som lokalvärmare används sektionsradiatorer med manuella radiatorventiler. Radiatorerna är överdimensionerade varför systemtemperaturen i praktiken är lägre än 80/60. Värmesystemet konverterades under vintern 1989-90 från vattenburen elvärme till stadsgaseldning. Gaspannan togs i bruk 1990-02-01. Värmedistributions-systemet och lokalvärmarna berördes inte av konverteringen. Konverteringen gjordes så att uppvärmning av huset och beredning av tappvarmvatten kan ske antingen med gas eller el. Kombinationerna värme med gas och varmvatten med el och tvärt om är också möjliga.



Figur 2.1 Huset sett från norr.

Före konverteringen utgjordes värmecentralen av en elpanna av fabrikat Autoterm Kombi 300. Det är en direktstyrd genomströmningspanna på 9 kW. En 270 liters varmvattenberedare med en elpatron på 3 kW är sammanbyggd med elpannan. Vid konverteringen till stadsgaseldning placerades en sk väggpanna bredvid befintlig elpanna. Rörssystem och reglersystem kopplades ihop på ett sätt som möjliggör reglering av rumstemperaturen med den i elpannan inbyggda reglercentralen oberoende av om man använder el- eller gaspannan.

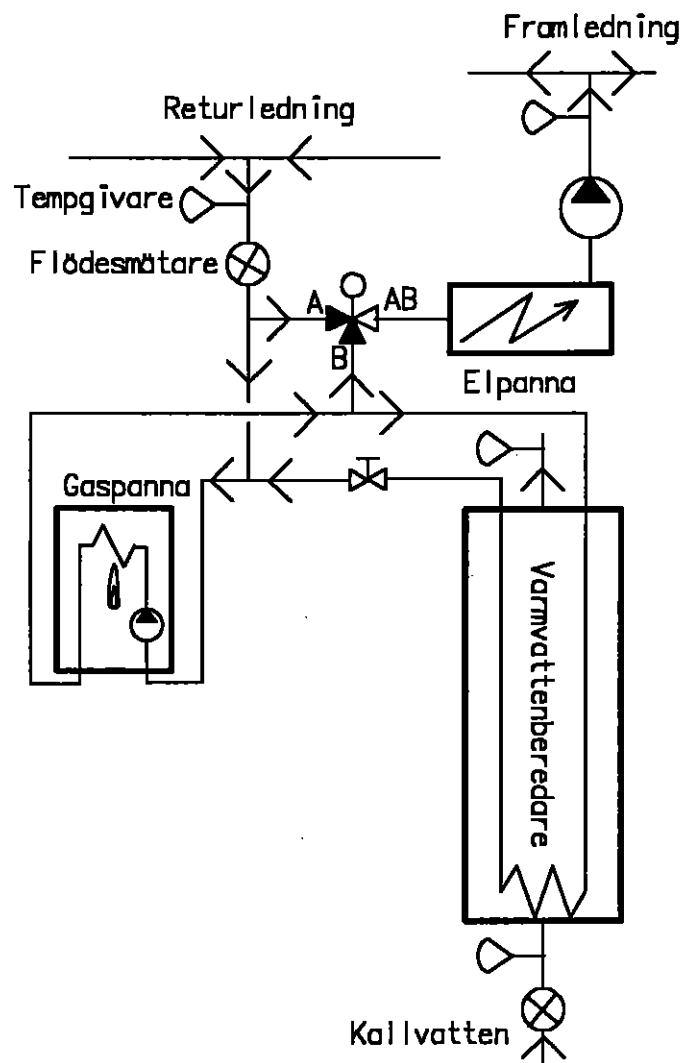


Figur 2.2 Huset sett från väster.

3 Systemlösning och beräkningsförutsättningar

3.1 Systemlösning och installation av mätutrustning

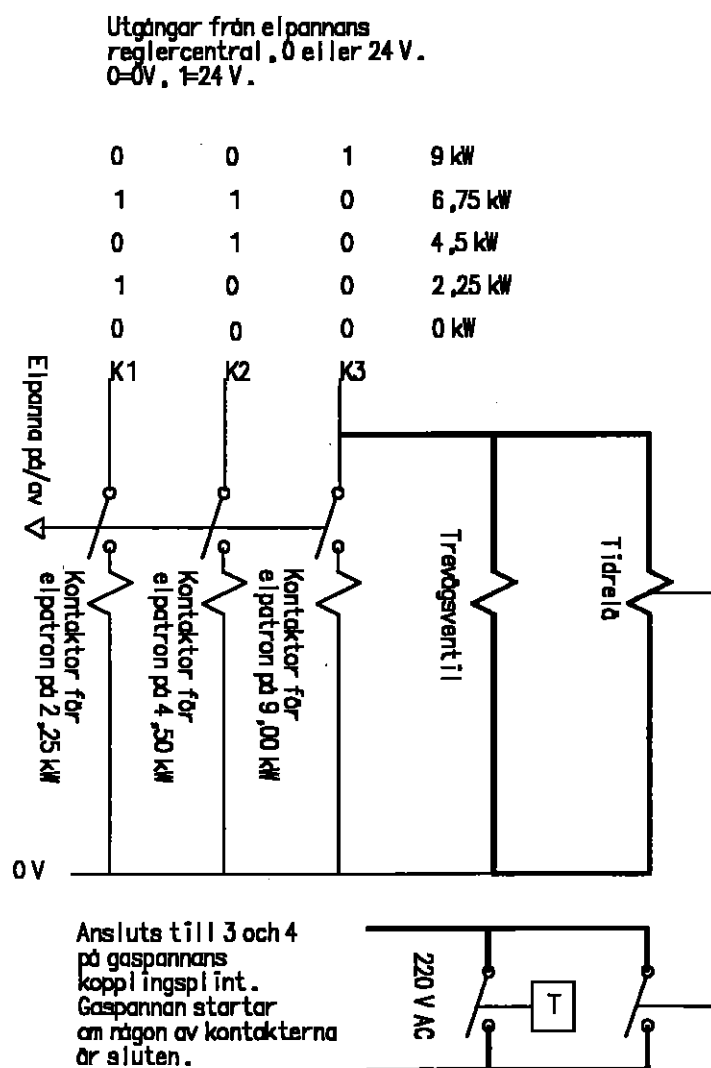
Gaspannan är en oisolerad vägghärd av fabrikat Vaillant VC 110 på 10,5 kW. Den är en direktstyrd genomströmningspanna med atmosfärsbrännare och öppet förbränningsrum. Dragavbrott är inbyggt i pannan. Inget spjäll finns i avgaskanalen. Inbyggt i gaspannan finns ett reglersystem som konstant håller temperaturen på utgående vatten från gaspannan till ett på pannan inställt värde. Reglering sker genom modulering av brännareffekten mellan 5 och 10,5 kW. Inkopplingen i värmesystemet framgår av figur 3.1.



Figur 3.1 Principschema för värmesystemet, placering av mätutrustning.

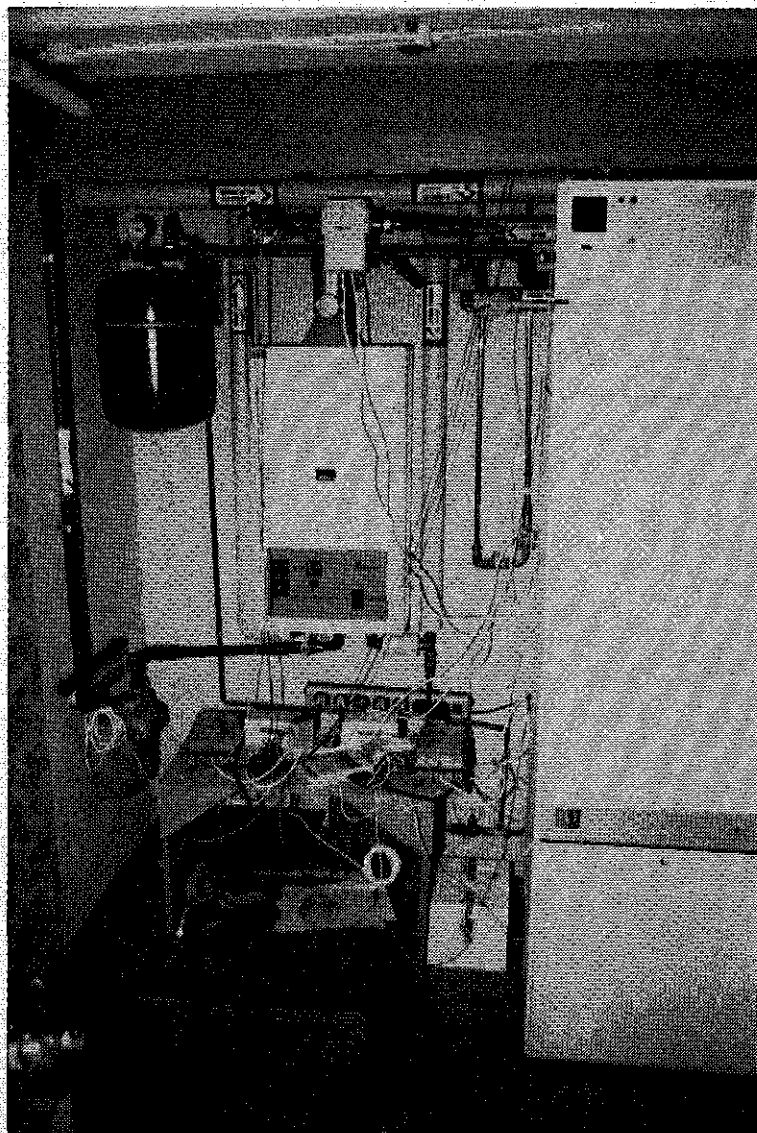
Gaspannan är ansluten så att beredning av tappvarmvatten och uppvärmning av huset sker parallellt. Vid drift med gaspannan är matningen till elpannans kontaktorer bruten och varmvattenberedarens elpatron fränslagen. Driftlägesväljaren för gaspannans cirkulationspump står i läge I som innebär att cirkulationspumpen går endast då gaspannan är i drift. Därigenom hålls gaspannans genomströmningsförluster låga. Den externa cirkulationspumpen går kontinuerligt.

Elpannans reglercentral eller en termostat på varmvattenberedaren startar och stoppar gaspannan. Reglercentralen påverkar också en 3-vägsventil som styr vattenflödet genom gaspannan. Ventilen ändrar läge långsamt. När gaspannan inte är i drift står 3-vägs ventilen i läge A-AB, se figur 3.1. Vägen B-AB är öppen när gaspannan är i drift. Innan reglercentralen ger startsignal till gaspannan ges 3-vägsventilen signal att börja öppna vägen B-AB. Därigenom säkerställs flöde genom gaspannan innan den tänds även om kretsen genom varmvattenberedaren skulle vara avstängd. 3-vägsventilen kan även handmanövreras.



Figur 3.2 Elschema för styrning av gaspannan.

Figur 3.2 visar hur gaspannan styrs med elpannans reglercentral och termostaten på varmvattenberedaren. De kablar som tillkom vid konverteringen har ritats med tjockare linjer än befintliga. Omkopplaren för "elpanna på/av" installerades vid konverteringen. Figur 3.3 visar hur det ser ut i pannrummet.



Figur 3.3 Pannrumsinteriör.

3.2 Drifterfarenheter

Under tiden närmast efter driftstarten i februari 1990 förekom ideliga start och stopp av gaspannan. Det berodde på att pannans cirkulationspump var inställd på kontinuerlig drift. När pannan inte brann fungerade den som en kylare för vattnet i varmvattenberedaren. Varmt vatten cirkulerades från varmvattenberedaren till gaspannans lamellvärmväxlare där det kyldes av den ständiga luftströmmen genom pannan. Därigenom blev genomströmningsförlusterna exceptionella. Problemet försvann när cirkulationspumpen ställdes in att gå enbart då pannan brinner. När pannan inte är i drift finns alltså ingen vattencirkulation genom den.

Spiralen i varmvattenberedaren har, vid 70 °C framledningstemperatur från gaspannan och 60 °C varmvattentemperatur, visat sig ha otillräcklig kapacitet för att överföra pannans effekt till vattnet i beredaren. Det har resulterat i täta start och stopp av pannan vid varmvattenproduktion. För att komma till rätta med det problemet har börvärdet för gaspannans framledningstemperatur höjts till 90 °C. Denna åtgärd har vidtagits efter det att mätningarna avslutats. En annan möjlighet att påverka spiralens värmeavgivning är med flödet genom beredaren. Det kan justeras med en strypventil. När reglercentralen kallar på värme blir aldrig framledningstemperaturen 90 °C eftersom reglercentralen stoppar gaspannan då önskad rumstemperatur uppnåtts, alternativt när på reglercentralen inställd framledningstemperatur uppnåtts.

3.3 Beräkningsförutsättningar och mätmetod

Huvudsyftet med mätningarna var att vid enbart drift av gaspannan fastställa årsmedelverkningsgraden och systemverkningsgradens variation under året. Systemverkningsgraden definieras som:

$$\frac{W_{rad} + W_{vv}}{W_{gas}}$$

formel 3.1

där:

W_{rad} = av radiatorerna avgiven energi

W_{vv} = energi som lämnar varmvattenberedaren i form av varmvatten

W_{gas} = under motsvarande tid tillförd energi baserat på stadsgasens undre värmevärde

Följande energibalans kan ställas upp:

$$\begin{aligned} \text{tillförd energi} = & \text{energi till radiatorer} + \\ & \text{energi för tappvarmvatten} + \\ & \text{avgasförluster} + \\ & \text{restförluster} \end{aligned}$$

Restförluster är summan av konvektions- och strålningsförluster från gas- och elpannan, varmvattenberedaren och rören mellan gaspannan och beredaren. Pannans genomströmningsförluster inkluderas också i restförlusterna. Genomströmningsförlusterna bedöms som små pga att pannan inte har något vattenrum och att ingen vattencirkulation finns genom pannan då den inte är i drift. Allmänt kan man dra slutsatsen att även om pannverkningsgraden är hög blir systemverkningsgraden låg till följd av en dåligt isolerad varmvattenberedare och dåligt isolerade rör mellan panna och beredare.

Värmeförluster från pannorna, varmvattenberedaren och rören till uppställningsrummet betraktas som helt onyttiga. Eftersom en del av dessa förluster i själva verket i någon mån bidrar till uppvärmningen, dvs är nyttiga och därför borde tas med i täljaren i formel 3.1, är den beräknade verkningsgraden lägre än den verkliga. Om värmeförlusterna helt nyttiggörs kan man räkna med att årsverkningsgraden blir ca 5 procentenheter högre enligt [Mortensen]. [Spiegelhauer] anger siffran 1-4%.

Den använda definitionen på systemverkningsgrad innebär att brukarbeteendet och varmvattenbehovets storlek påverkar verkningsgraden. Ett stort varmvattenbehov medför att värmeförlusterna från varmvattenberedaren blir små i förhållande till energin i tappvarmvattnet. Det ger en högre systemverkningsgrad än ett litet varmvattenbehov. Självfallet blir energikostnaderna större med ett stort varmvattenbehov. Om temperaturen på varmvattenberedaren sänks när man inte är hemma ger detta en högre systemverkningsgrad än om varmvattenberedaren får ha samma temperatur året om.

Flödesmätare installerades i värmesystemets returledning och i ledningen för kallt vatten till varmvattenberedaren. Temperaturgivare installerades i radiatorsystemets fram- och returledning och i ledningarna för anslutning av kallt och varmt vatten på varmvattenberedaren, se figur 3.1. Integreringsverk för värme och varmvatten beräknade respektive värmemängd ur uppmätta flöden och temperaturdifferenser. Tillförd gasvolym mättes med en bälggasmätare som placerades invid gaspannan. Stadsgasens undre värmevärde vid aktuella värden på tryck och temperatur har beräknats till 4,5 kWh per m³. Samma värmevärde har använts för hela mätperioden.

4 Värmemängdsmätning

4.1 Allmänt

En värmemängdsmätare består av en flödesmätare, ett temperaturgivarpar och ett integreringsverk. Flödesmätaren och temperaturgivarna ansluts till integreringsverket. Förutsättningen för att integreringsverket ska registrera energi är förekomsten av flöde och positiv temperaturdifferens (framledningstemperatur > returledningstemperatur). Integreringsverket mäter temperaturskillnaden mellan fram och returledningarna. När en viss volym, dV , strömmat genom flödesmätaren ger denna en puls till integreringsverket som beräknar energimängden, dW , på i princip följande sätt:

$$dW = dV \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Den totala energimängden ges av:

$$W = \int_0^V \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot dV$$

Den energi som avges i radiatorsystemet och energin man får ut i kranen vid varmvattentappning mäts. För detta behövs två uppsättningar värmemängdsmätare.

4.2 Mätutrustning

4.2.1 Flödesmätare

Flödesmätarna är av fabrikat ISS Clorius typ T 3. Nominellt flöde, q_n , är 1,5 m³/h, minsta flöde, q_{min} , är 0,015 m³/h och största flöde, q_{max} , är 3 m³/h.

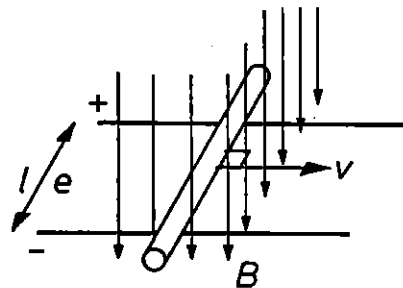
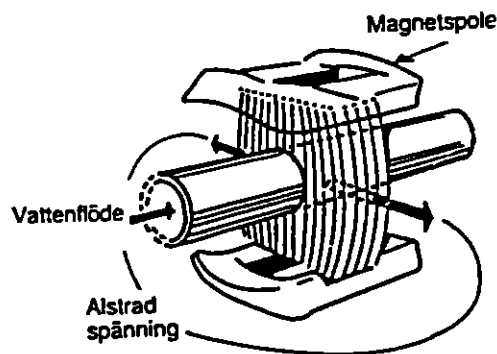
Gränsflödet, q_t , under vilket onoggrannhetsgränsen är 5 % är 0,09 m³/h.

Enligt Statens Provningsanstalts normkrav för noggrannhet är mätartypen av klass 2, grupp C. Det innebär att flödesmätaren uppfyller nedanstående krav.

Flöde [m ³ /h]	Största onoggrannhet [%]
$0,015 < q < 0,09$	+/- 5 %
$0,09 < q < 3,00$	+/- 2 %

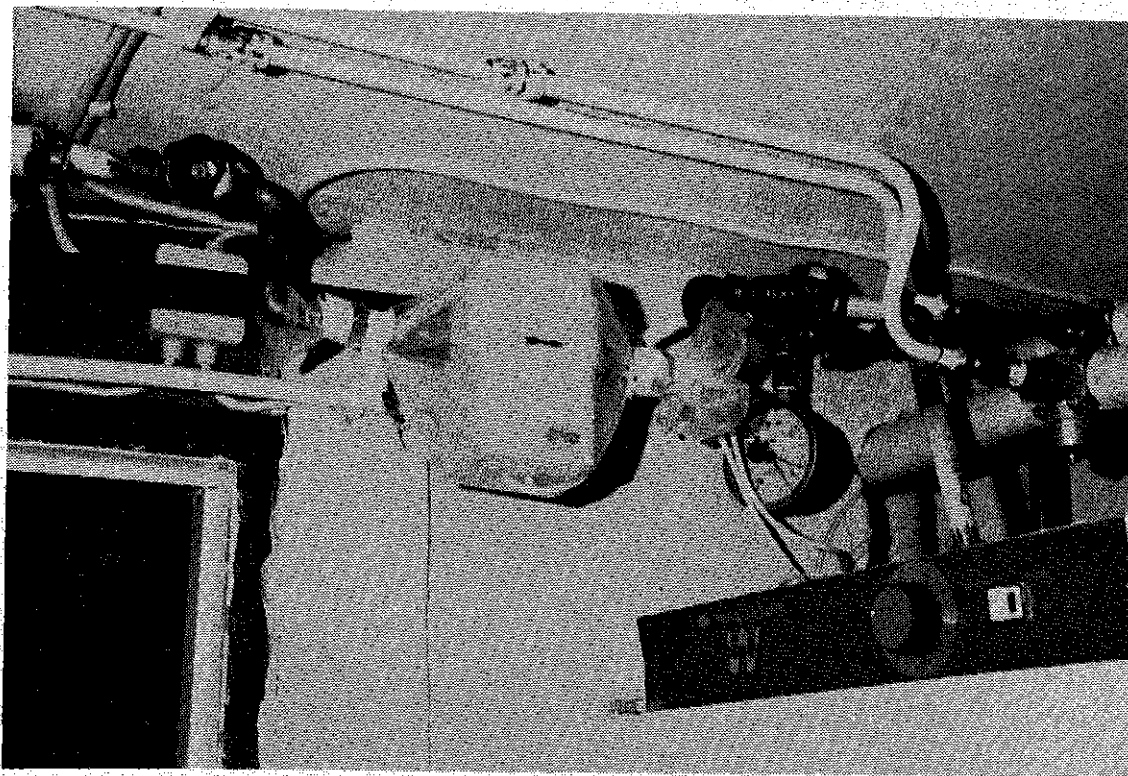
Flödesmätaren mäter flöden ned till 0,003 m³/h men för flöden mindre än q_{min} och större än q_{max} finns inget noggrannhetskrav.

Mätprincipen bygger på att en spänning induceras när vätska strömmar genom ett magnetfält i flödesmätaren. Se principbild figur. 4.1.

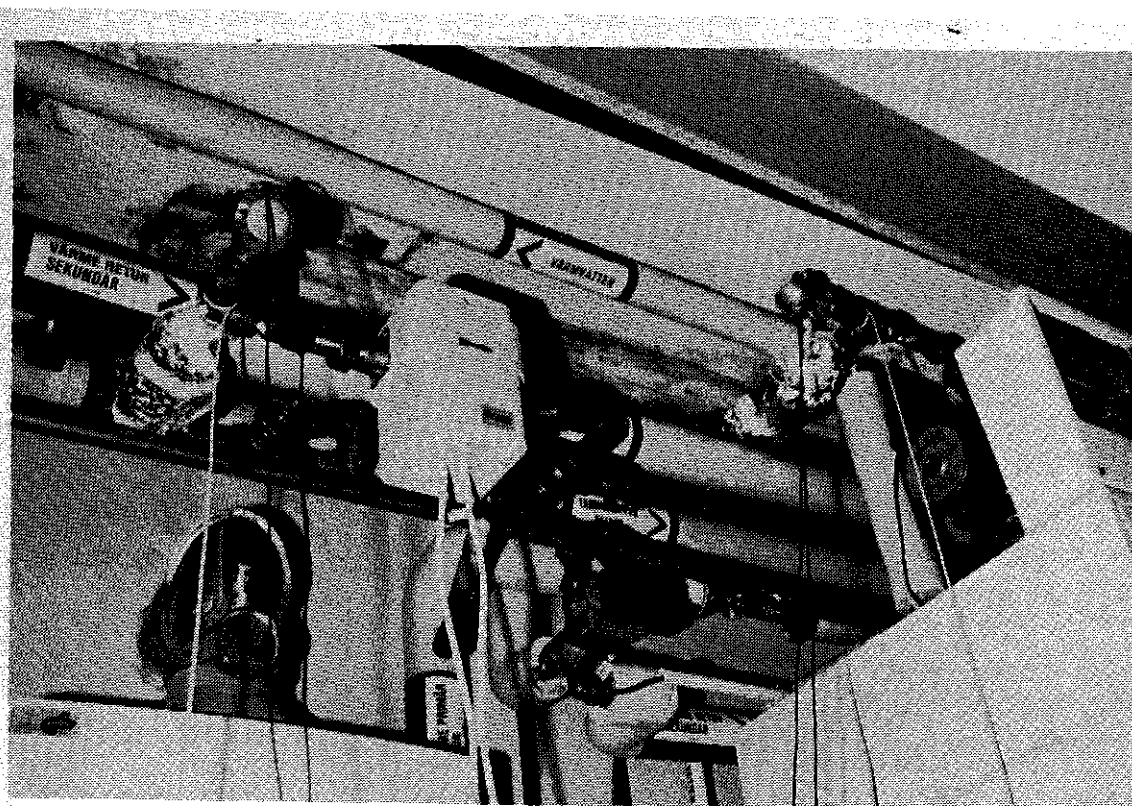


Figur 4.1 Principen för en induktiv flödesmätare.

Spänningen är enligt induktionslagen $e = B \cdot v \cdot l$ där B , v och l är vinkelräta mot varandra. B är magnetiska flödestätheten, v är vätskans hastighet och l är avståndet mellan flödesmätarens mätelektroder. Flödesmätaren ställer inga krav på raksträckor före eller efter mätaren. Däremot ställs krav på vattnets ledningsförmåga för att mätaren ska fungera. En puls avges till integreringsverket när en bestämd vattenmängd passerat mätaren. Mätarna är inställda så att de avger en puls per 2,5 liter.



Figur 4.2 Flödesmätaren i kallvattenledningen till varmvattenberedaren. Plasten skyddar mot kondens.

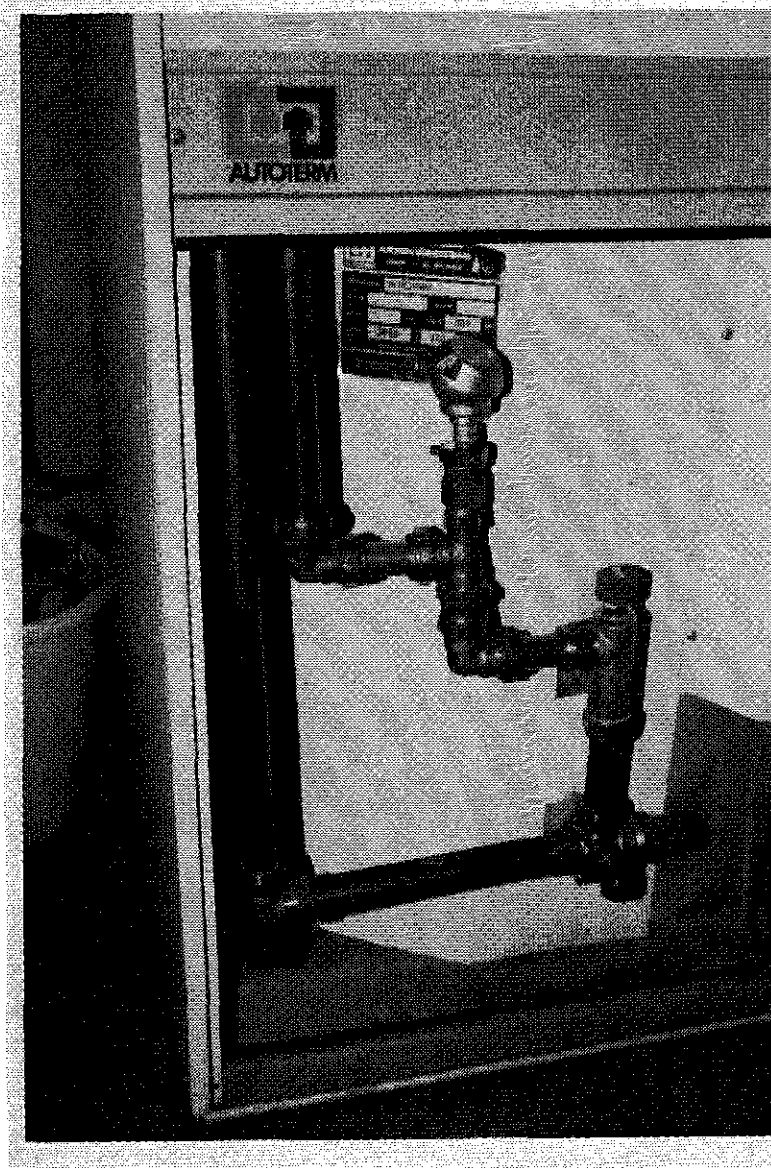


Figur 4.3 Flödesmätare och temperaturgivare i radiatorkrets.

4.2.2 Temperaturgivare

Temperaturdifferens mäts med resistanstermometrar av typen Pt 100. Resistansen är $100\ \Omega$ vid $0\ ^\circ\text{C}$ och ökar inom här aktuellt område praktiskt taget linjärt med temperaturen. Alla temperaturgivarna har monterats på samma sätt. Givarkroppen har isolerats. Anslutningskablarna har gjorts lika långa och ändarna har förtegnats.

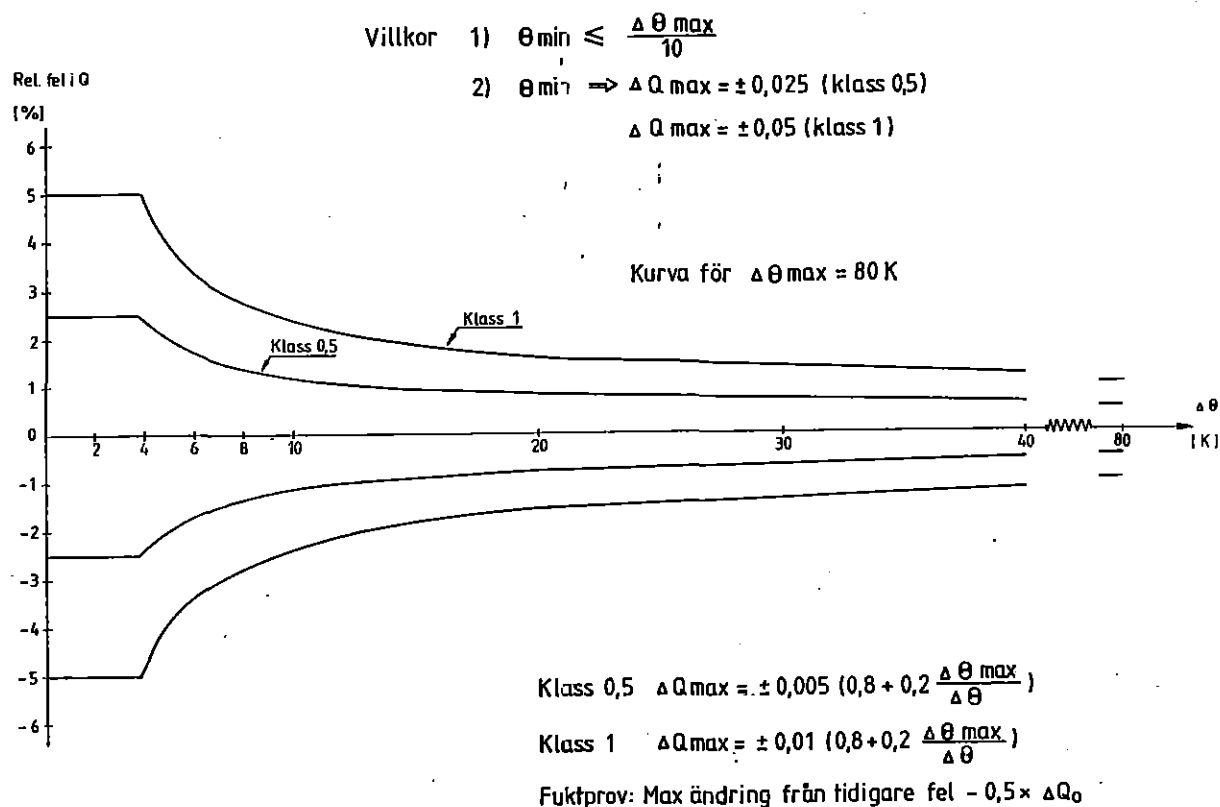
Små temperaturdifferenser ställer stora krav på temperaturgivarnas parning. Givarna är på fabriken parade så att maximalt absolutfel i δT är $0,05\ ^\circ\text{C}$. Energimätning i intermittert flöde ställer krav på kort tidskonstant hos temperaturgivarna. Tidskonstanten är enligt tillverkaren ≤ 8 sek. Givarna är av fabrikat ICM, typ ITH 32. Dyklängden är 83 mm. Givarna har försetts med värmeledande pasta och monterats i dykrör med $1/2''$ gänganslutning.



Figur 4.4 Montering av temperaturgivare

4.2.3 Integreringsverk

Integreringsverken är av fabrikat SVM, typ 93. Typen är godkänd enligt noggrannhetsklass 0,5 under förutsättning att δT är 1-80 °C och temperaturområdet 20-150 °C eller δT är 1-30 °C och temperaturområdet 0-60 °C. Förutsättningarna är med god marginal uppfyllda i den aktuella mätsituationen. Onoggrannheten för olika δT framgår av figur. 4.5.



Figur 4.5 Onoggrannhet för integreringsverk.

5 Onoggrannhet för mätningarna

5.1 Allmänt

Mätningarna är som alla mätningar behäftade med fel. Felen kan delas upp i kända och okända systematiska fel samt slumpmässiga fel. Kända systematiska fel har bestämd storlek och bestämt tecken. Mätvärdena korrigeras för kända systematiska fel. Slumpmässiga fel och okända systematiska fel varierar till storlek och/eller tecken och kan inte elimineras.

Ett mätvärde ska korrigeras för kända systematiska fel och innehålla en uppgift om onoggrannhet. Med onoggrannhet menas gränser för okända systematiska fel och slumpmässiga fel. Gränserna gäller med en viss konfidensgrad. Det innebär att **mätfelet** med en viss sannolikhet ligger inom angivna gränser. Konfidensgraden är vanligen 95%. Den sammanvägda onoggrannheten från flera källor vilkas onoggrannheter varierar till storlek och tecken beräknas enligt formel 5.1.

$$\epsilon = \pm \sqrt{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + \epsilon_3^2 + \dots + \epsilon_n^2}$$

Formel 5.1

Om en onoggrannhet är känd till tecken men okänd till storleken används samma formel, men onoggrannheter som har känt tecken behandlas separat. I nedanstående exempel är ϵ_1 , ϵ_2 och ϵ_3 okända både till storlek och tecken medan ϵ_4 och ϵ_5 är okända till storlek men kända till tecken (-).

$$\epsilon = \pm \sqrt{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + \epsilon_3^2} - \sqrt{\epsilon_4^2 + \epsilon_5^2}$$

Värmemängdsmätningen sker med flödesmätare, temperaturgivare och integreringsverk. Alla komponenter har en onoggrannhet som ska sammanvägas till en total onoggrannhet för energimätningen och därur beräknad verkningsgrad. Under de långa tidsperioder det här är fråga om kan de slumpmässiga felen försummas.

De angivna onoggrannheterna för givare och instrument gäller när dessa fungerar normalt, är korrekt installerade och omgivningsförhållandena på mätplatsen ligger inom uppställda gränser. För de genomförda mätningarna antas ovannämnda förutsättningar vara uppfyllda.

5.2 Onoggrannhet för energimätningen i radiatorkretsen

Flödet i radiatorkretsen är ca 0,81 m³/h. Temperaturdifferensen mellan fram- och returledning när gaspannan brinner är 5-10 °C. Eftersom temperaturgivarna följer en temperaturändring med en viss eftersläpning mäts vid start av pannan en energimängd som är mindre än det sanna värdet. Detta kompenseras i viss mån genom att temperaturgivarna pga sin tröghet fortsätter att mäta en temperaturskillnad efter det att pannan stoppat. Nettoeffekten blir att en för liten energimängd uppmäts. Enligt [Gustafson] är det relativa mätfelet pga temperaturgivarnas tröghet < -1 %. Med dessa förhållanden får man följande onoggrannheter för de olika komponenterna:

- flödesmätare $\pm 2,0\%$
- temperaturgivare pga felmätning av $\Delta T \pm 2,0\%$
- temperaturgivare pga tidkonstant -1,0%
- integreringsverk $\pm 2,5\%$

Den sammanvägda onoggrannheten, avrundat uppåt till närmaste 0,5%, för energimätningen i radiatorkretsen enligt formel 5.1 är -5,0%, +4,0%.

5.3 Känt systematiskt fel för energimätningen i radiatorkretsen

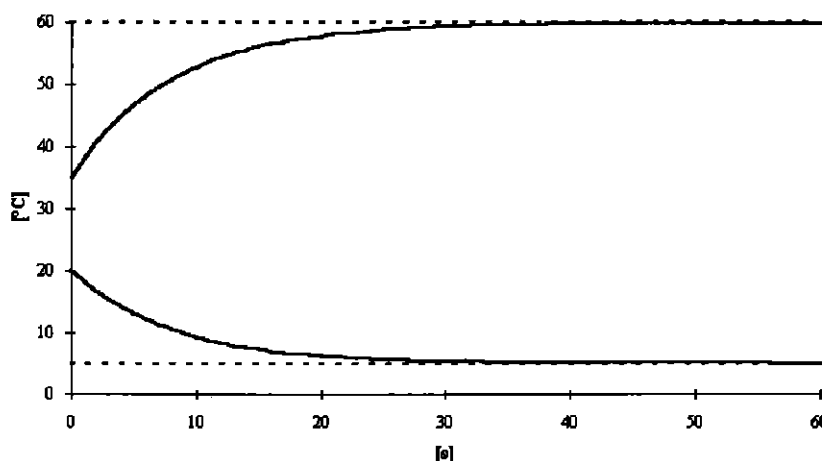
Under vissa perioder när husets invånare var bortresta var varmvattenberedarens termostat nedställd till ca 20 °C. Det innebär att gaspannan gick enbart när det fanns värmebehov. Vissa dygn var värmebehovet och därmed gasförbrukningen noll. Se bilaga 3.

Trots det uppmättes värmeförbrukning i radiatorkretsen. Den värmemängd som uppmättes under tiden var regelbunden och antas bero på systematiska fel i mätutrustningen. I genomsnitt uppmättes en värmeförbrukning på 1 kWh per 10,5 timmar. Det motsvarar 2,3 kWh per dygn.

Vid beräkning av dygnsmedelverkningsgraden har, för att korrigera för ovan nämnda systematiska fel 2,3 kWh subtraherats från uppmätt värmeförbrukning i radiatorkretsen.

5.4 Onoggrannhet för mätningen av varmvattenförbrukning

Flödet i tilloppsledningen till varmvattenberedaren beror helt på karaktären på varmvattenförbrukningen. Vid småförbrukning t ex disk är flödet kanske 15 liter/minut medan det vid upptappning av ett bad kan vara 100 liter/minut. Flödet torde dock så gott som alltid vara större än $q_t = 0,09 \text{ m}^3/\text{h}$ (1,5 l/min). Temperaturdifferensen är ca 50°C vilket gör att temperaturgivarnas relativa mätfel pga felmätning av ΔT kan försummas. Felet som uppstår i energimängd pga temperaturgivarnas tröghet kan däremot vara betydande. Temperaturförloppet vid varmvattentappning visas i figur. 5.1.



Figur 5.1 Temperaturförlopp vid varmvattentappning.

Den övre och nedre streckade linjen visar den verkliga temperaturen på vattnet vid givaren i varmvattenledningen respektive i kallvattenledningen from det ögonblick tappning påbörjas. Varmvattentappning påbörjas vid tiden $t=0$. Givarns begynnelsestemperaturer är antagna till 35°C för den varma och 20°C för den kalla givaren (början på de heldragna kurvorna). De heldragna kurvorna visar hur givarna värms respektive kyla till omgivande vattentemperatur. Den varma givaren mäter för låg temperatur och den kalla givaren för hög temperatur under de första 30 sekunderna.

I bilaga 4 visas att relativa mätfelet för energimätningen pga temperaturgivarnas tröghet kan skrivas som

$$\epsilon = \frac{\tau(e^{-\frac{t}{\tau}} - 1)(T_v - T_k - (G_v - G_k))}{t(T_v - T_k)}$$

där

τ = temperaturgivarnas tidskonstant i s

t = tiden i s som varmvattentappning pågår

T_v = varmvattentemperaturen

T_k = kallvattentemperaturen

G_v = givartemperaturen i varmvattenledningen

G_k = givartemperaturen i kallvattenledningen

formel 5.2

Exempel: $t = 60$ s (diskning)
 $T_v - T_k = 60 - 10 = 50$ °C
 $G_v - G_k = 35 - 20 = 12$ °C
 $\tau = 8$ sek

Relativa felet i energimätningen blir enligt formel 5.2 -9,3%. Längre varmvattentappningar ger mindre fel. Om t är 5 minuter blir relativa felet ca -2%. I beräkningen av onoggrannheten för varmvattenmätningen antas att givarnas tröghet ger ett mätfel på -5,0%.

Onoggrannheten för mätningen sammanvägs av onoggrannheterna för:

- flödesmätaren: $\pm 2,0\%$
- temperaturgivarnas tröghet: -5,0%
- integreringsverket: $\pm 1,0\%$

Den sammanvägda onoggrannheten blir enligt formel 5.1 -7,5%, +2,5%.

5.5 Onoggrannhet för gasmängdsmätningen

Gasmätaren är av fabrikat Rombach, storlek G4 (0,04–6,0 m³/h) och nominell storlek DN 20. Relativa onoggrannheten är av leverantören angiven till $\pm 3\%$. Eftersom gasens sammansättning, tryck och temperatur varierar kommer också värmevärdet att variera. Stadsgasens genomsnittliga undre värmevärde har antagits till 4,5 kWh per m³. Denna siffra används vid beräkningen av tillförd energimängd. Onoggrannheten för mätningen av tillförd energi bedöms till max $\pm 5,0\%$.

5.6 Onoggrannhet för beräknad verkningsgrad

Verkningsgraden beräknas med uppmätta värden på energiförbrukningen för uppvärmning och tappvarmvatten samt tillförd energi. Den sammanvägda onoggrannheten för verkningsgraden blir enligt ekvation 5.1

$$\epsilon = \pm \sqrt{2,0^2 + 2,0^2 + 2,5^2 + 2,0^2 + 1,0^2 + 5,0^2} - \sqrt{(-1,0)^2 + (-5)^2} = +6,6\%, -11,8\%$$

Mätfelet för verkningsgraden skulle alltså ligga i intervallet -11,8% till +6,6% av det sanna värdet. Det innebär att de absoluta gränserna för det intervall inom vilket den verkliga systemverkningsgraden med stor sannolikhet ligger ges av nedanstående uttryck:

$$\frac{\eta_{beräknad}}{1,066} \leq \eta_{sann} \leq \frac{\eta_{beräknad}}{0,882}$$

formel 5.3

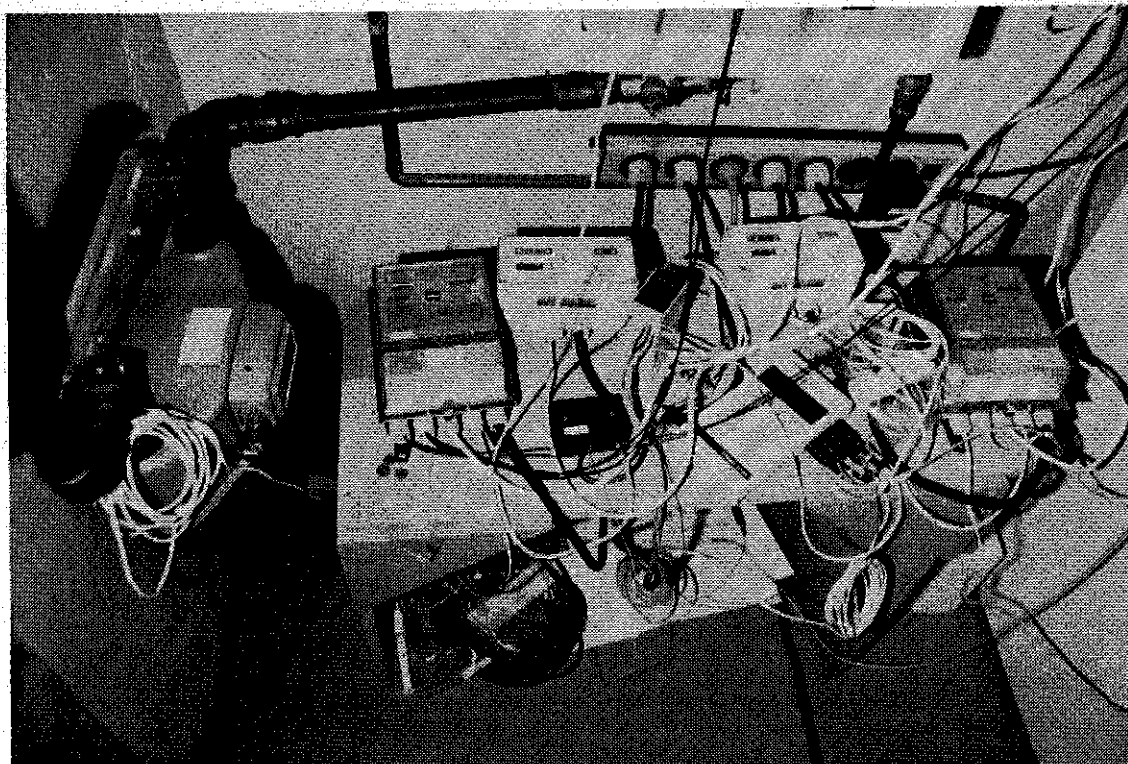
Observera att det verkliga mätfelet i regel är mindre än den onoggrannhet som beräknats ovan. Den beräknade onoggrannheten anger med stor sannolikhet de maximala plus- och minussfelen som kan förekomma.

6 Mätdatainsamling

För mätdatainsamling används en datalogger av fabrikat Mitec AT 30. Dataloggern har fyra kanaler till vilka man kan ansluta analoga eller digitala signaler. Registreringsintervallet är gemensamt för alla kanaler och kan ställas in mellan 1 minut och 24 timmar. Mätvärden har registrerats varje hel timme.

För analoga ingångar, t ex temperatur, lagras vid registreringen ett medelvärde av de mätningar som gjorts under registreringsintervallet. När registreringsintervallet är 1 timme gör loggern en "avläsning" var 10:e minut. Vid registreringstidpunkten beräknas medelvärdet av de 6 "avläsningarna".

Minnet kan lagra 3200 mätvärden. Med 4 använda kanaler blir det 800 värden per kanal. Med jämna mellanrum överfördes lagrade mätvärden från dataloggern till en bärbar PC. Mätvärdena organiserades och behandlades sedan i kalkylprogrammet Excel.



Figur 6.1 Mätutrustning. Integreringsverk för radiatorkretsen längst till vänster och för varmvatten till höger. Dataloggern i mitten närmast i bild. Gasmätaren sitter på väggen till vänster.

Pulsutgångarna på gasmätaren, integreringsverket för radiatorkretsen och integreringsverket för varmvatten anslöts till loggern via mellanreläer för potentialfri utgång. Utetemperaturgivaren är av termistortyp och anslöts direkt till loggern.

Integreringsverken ger energi och flödespulser. Då flödesmätaren ger en puls per 2,5 liter ger integreringsverkets volympulsutgång en puls per 10 liter och energipulsutgången en puls per kWh. Endast energipulsarna har registrerats. Gasmätaren är försedd med en pulskontakt som ger en puls per 10 liter gas. Pulskontakten är ansluten till ett mellanrelä med potentialfri utgång.

Integreringsverk och gasmätare har även räkneverk. Vid varje tömning av dataloggern skrevs räkneverkens ställning av. Dataloggern var ur funktion under tiden 92-01-21 kl 17.00 till 92-02-08 kl 01.00, ca 17 dygn. Med hjälp av mätaravläsningarna kunde gas-, värme- och varmvattenförbrukningarna under stoppet beräknas.

7 Resultat

7.1 Allmänt

Mätperioden var from 1991-09-07 kl 00.00 tom 1992-09-07 kl 00.00, 366 dygn. Registreringsintervallet var 1 timme med undantag av perioden 92-01-21 kl 17.00 till 92-02-08 kl 01.00 då registreringsutrustningen var ur funktion.

Uppmätta timmvärden av gas-, värme- och varmvattenförbrukning samt utetemperatur har samlas i kalkylark. Tidsangivelserna i kalkylarket är i sommartid. Se bilaga 5. Medelvärden för verkningsgraden, effekter och utetemperatur har beräknats. Ackumulerad förbrukning finns också med i kalkylarket. Hela kalkylarket med mätdata bifogas inte rapporten pga det stora antalet sidor.

7.2 Årsmedelverkningsgrad

Gasförbrukningen under mätperioden var 4762,56 m³ vilket motsvarar 21 432 kWh.

Värmeförbrukningen under mätperioden var 13 309 kWh. Korrektion för systematiskt fel är -842 kWh (2,3*366).

Varmvattenförbrukningen under mätperioden var 1803 kWh.

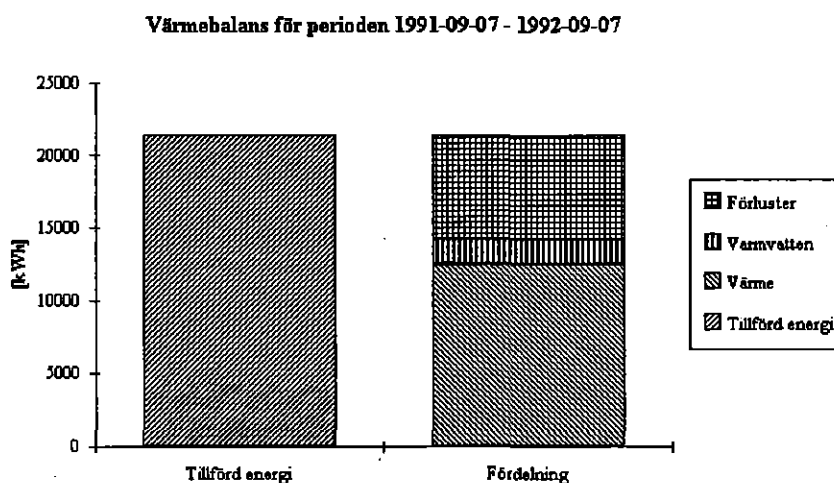
Årsmedelverkningsgraden blir enligt formel 3.1:

$$\eta_{\text{årsmedel}} = \frac{13309 - 842 + 1803}{21432} = 0,67$$

Med hänsyn till gränserna för mätfelet får man enligt formel 5.3 följande gränser för det intervall där årsmedelverkningsgraden med stor sannolikhet ligger:

$$0,63 \leq \eta \leq 0,76$$

Figur 7.1 nedan visar värmebalansen för mätperioden. Den uppmätta varmvattenförbrukningen är betydligt lägre än vad som brukar anges som ett typiskt värde för ett hushåll på 4 personer. Som förklarats i kapitel 3.3 medför liten varmvattenåtgång lägre systemverkningsgrad än stor varmvattenåtgång.



Figur 7.1 Värmebalans för mätperioden

7.3 Resultatbehandling

Mätdata och därur beräknade värden presenteras i diagramform. Diagrammen kallas figur 7.2 tom 7.10 och återfinns före bilagorna sist i rapporten. De kommenteras under rubriken **Diskussion och slutsatser**. Här följer en sammanställning av uppgjorda diagram:

1. Dygnsmedelvärden av tillförd gaseffekt, figur 7.2.
2. Varaktighet baserad på timvärden för tillförd gaseffekt, figur 7.3.
3. Dygnsmedelvärden av radiatorsystemets avgivna effekt, figur 7.4.
4. Varaktighet baserad på timvärden för radiatorsystemets avgivna effekt, figur 7.5.
5. Dygnsmedelvärden av varmvattenberedarens avgivna effekt i form av varmvatten, figur 7.6.
6. Varaktighet baserad på timvärden för varmvattenberedarens avgivna effekt, figur 7.7.
7. Dygnsmedelvärden av systemverkningsgraden, figur 7.8.
8. Varaktighetsdiagram baserat på dygnsmedelvärden för systemverkningsgraden, figur 7.9.
9. Dygnsmedelvärden av utemperaturen, figur 7.10.

8 Diskussion och slutsatser

8.1 Diskussion om mätningarna och deras resultat

Radiatorsystemets effekt följer som väntat utemperaturen. Det systematiska felet gör att en viss värmeförbrukning registrerats även under sommaren då inget värmebehov finns. Varaktighetsdiagrammet har trappstegsform pga att integreringsverket har upplösningen 1 kWh. Värmeförbrukningen under en timme kan alltså bara registreras som heltalsvärden (0-9 har förekommit för radiatorkretsen). Därför har många timmar samma registrerade värmeförbrukning och därmed samma medeleffekt. Om t ex 7,4 kWh mätts under en viss timme registreras 7 pulser. Inte förrän ytterligare 0,6 kWh mätts upp kommer en ny puls. Resultatet blir att 7 kWh registreras för timmen med förbrukningen 7,4 kWh och 1 kWh registreras för timmen med

förbrukningen 0,6 kWh. Samma sak gäller för mätningen av varmvattenförbrukningen. Upplösningen för gasmängdsmätningen är 10 liter. Det har pga den låga upplösningen inte bedömts meningsfullt att beräkna systemverkningsgraden för kortare perioder än 1 dygn.

Varmvattenförbrukningen under året uppmättes till 1 804 kWh vilket är lite jämfört med vad som är typiskt för ett hushåll på 4 personer. Om man räknar med i avsnitt 5.4 beräknat gränsvärde för det negativa mätfelet skulle den verkliga förbrukningen varit 1950 kWh. Även det är en ovanligt låg varmvattenförbrukning.

Varmvatteneffekten är låg räknat som dygnsmedelvärde. Vid varmvattentappning tas förhållandevis mycket energi ut under kort tid varför den momentana effekten är hög. Som mest var varmvattenbehovet under 1 timme 12 kWh (själva tappningen varade förmodligen kortare tid). I genomsnitt var varmvattenbehovet ca 5 kWh/dygn. Uttaget varierar mycket mellan olika dygn. Som mest har 24 kWh/dygn registrerats och som minst 0 kWh/dygn.

Varmvattenbehovet kännetecknas av stora effektuttag under kort tid med långa mellanperioder helt utan varmvattentappning. Variationen från dag till dag är stor. Enligt varaktighetsdiagrammet för uttagen varmvatteneffekt, figur 7.7, har det förekommit ca 1100 timmar med varmvattentappning någon gång under den aktuella timmen. Varmvattenberedaren har hållits varm 8784 timmar.

Värmeförlusteffekten från varmvattenberedaren har beräknats till ca 120 W, se bilaga 6. Det är en förhållandevis låg förlusteffekt. På ett år blir då värmeläckaget från varmvattenberedaren ca 1050 kWh. Om man antar att det finns behov av uppvärmning under 6 månader per år innebär det att i bästa fall hälften av värmeförlusten kan bidra till uppvärmningen av huset. Kan inte värmeförlusten utnyttjas för uppvärmning blir hela värmemängden, 1050 kWh/år, en onyttig förlust.

Generellt kan man dra slutsatsen att de onyttiga förlusterna från en väl isolerad varmvattenberedare på 270 liter med en vattentemperatur på ca 60 °C är 500-1000 kWh per år beroende på hur mycket av förlusterna som kommer till nytta. Värmeförlusterna från varmvattenberedaren är ca 58% av varmvattenbehovet för mätobjektet.

Vid beräkningen av dygns- och årsmedelverkningsgrad har uppmätt värmeförbrukning korrigerats för känt systematiskt fel. Dygnsmedelverkningsgraden är god då både värme och varmvattenbehov finns och dålig då bara varmvattenbehov finns. Observera att årsmedelverkningsgraden som

beräknats i avsnitt 7.2 inte är samma sak som aritmetiska medelvärdet av dygnsmedelverkningsgraderna.

Radiatorsystemets avgivna effekt och dygnsmedelverkningsgraden sjunker markant då utetemperaturens dygnsmedelvärde överstiger ca 12 °C. Under mätperioden fanns uppvärmningsbehov från oktober tom april, 7 månader. Under resten av året gick gaspannan enbart för att täcka varmvattenbehovet och värmeförlusterna från varmvattenberedaren. Mätperioden var ovanligt mild. Antalet graddagar var 3388. Normalt har Stockholm-Bromma 3764 graddagar på ett år.

Årsmedelverkningsgraden har ur uppmätta värden beräknats till 67% (+9%, -4%). Enligt [Spigelhauer] har kombinationen av en gaspanna av samma typ som Vaillant VC 110, och en ny varmvattenberedare på 110 liter en årsverkningsgrad på 76-78%. Det gäller vid ett värmebehov på 10 000 kWh/år och ett varmvattenbehov på 4000 kWh/år. Samma definition på verkningsgrad som i denna rapport har tillämpats av [Spigelhauer].

Eftersom varmvattenbehovet i det aktuella hushållet är mindre än hälften av vad [Spigelhauer] utgått ifrån och mätobjektets varmvattenberedare är på 270 liter, är inte den här beräknade årsverkningsgraden direkt jämförbar med den som [Spigelhauer] angett.

Den ganska låga årsverkningsgraden förklaras av att förlusterna från varmvattenberedaren är stora i förhållande till det här ovanligt låga varmvattenbehovet. I absoluta mått är dock dessa förluster förhållandevis små. Täta start och stopp av pannan vid beredning av tappvarmvatten, se avsnitt 3.2, har förmodligen också bidragit till låg årsverkningsgrad.

Förslag till åtgärder som kan förbättra systemverkningsgraden:

1. Installera mindre varmvattenberedare som är bättre avpassad till varmvattenbehovet.
2. Isolera varmvattenberedaren bättre.
3. Installera genomströmningsberedare istället för förrådsberedare.
4. Styra pannan så att varmvattenberedaren inte hålls varm när ingen är hemma.

5. Injustering av radiatorsystemet för att få ned temperaturen i värmesystemet och därmed pannans konvektions- och strålningsförluster.
6. Förhindra täta start och stopp av pannan vid varmvattenberedning.

8.2 Erfarenheter från mätningarna

För att upptäcka fel i mätmetod, instrument, installation etc bör man utvärdera insamlade data en kort tid efter det att mätning påbörjats. Härvid är energiförbrukningsuppgifter till stor hjälp.

Om mätvärdena tyder på att något är fel så behöver det inte vara mätutrustningen i sig som det är fel på. Kontrollera innan felsökning i mätutrustningen påbörjas att ventiler står i rätt läge, utrustningen installerats på rätt plats och på rätt sätt. Vid kontroll av flödesriktningar i systemet är en temperaturmätare av anläggningstyp till god hjälp.

Mätperioden bör vara längre än 1 år för att man ska få 1 års relevanta mätvärden.

Mätutrustningens räkneverk bör läsas av regelbundet trots att mätvärden registreras av datalogger. Därigenom kan förbrukningen under ett eventuellt avbrott i registreringen beräknas.

De induktiva flödesmätarna har fungerat bra. Båda mätarna kontrollerades genom att de i tur och ordning installerades i kallvattenledningen till varmvattenberedaren. Med en hink under varmvattenkranen var det lätt att kontrollera att flödesmätaren gav 1 puls per 10 liter.

Även små längdskillnader i anslutningskablarna till temperaturgivarna kan resultera i mätfel. Var noga med att kablarna är lika långa, har samma area och är förtegnade i ändarna.

Referenser

Bröms et al, Värmemängdsmätning, marknadsundersökning. Vattenfall Utveckling AB 1990. Rapport nr F-90:6.

Gustafson et al, Värmemängdsmätning - laboratorieförsök, felanalys, rekommendationer. Vattenfall Älvkarlebylaboratoriet 1984, UL-FUD-A84:1. ISSN 0283-488X.

Mortensen Niels K. et al. Gaskedlers virkingsgrad. Artikel i Gasteknik nr 4, Dansk Gasteknisk Forening.

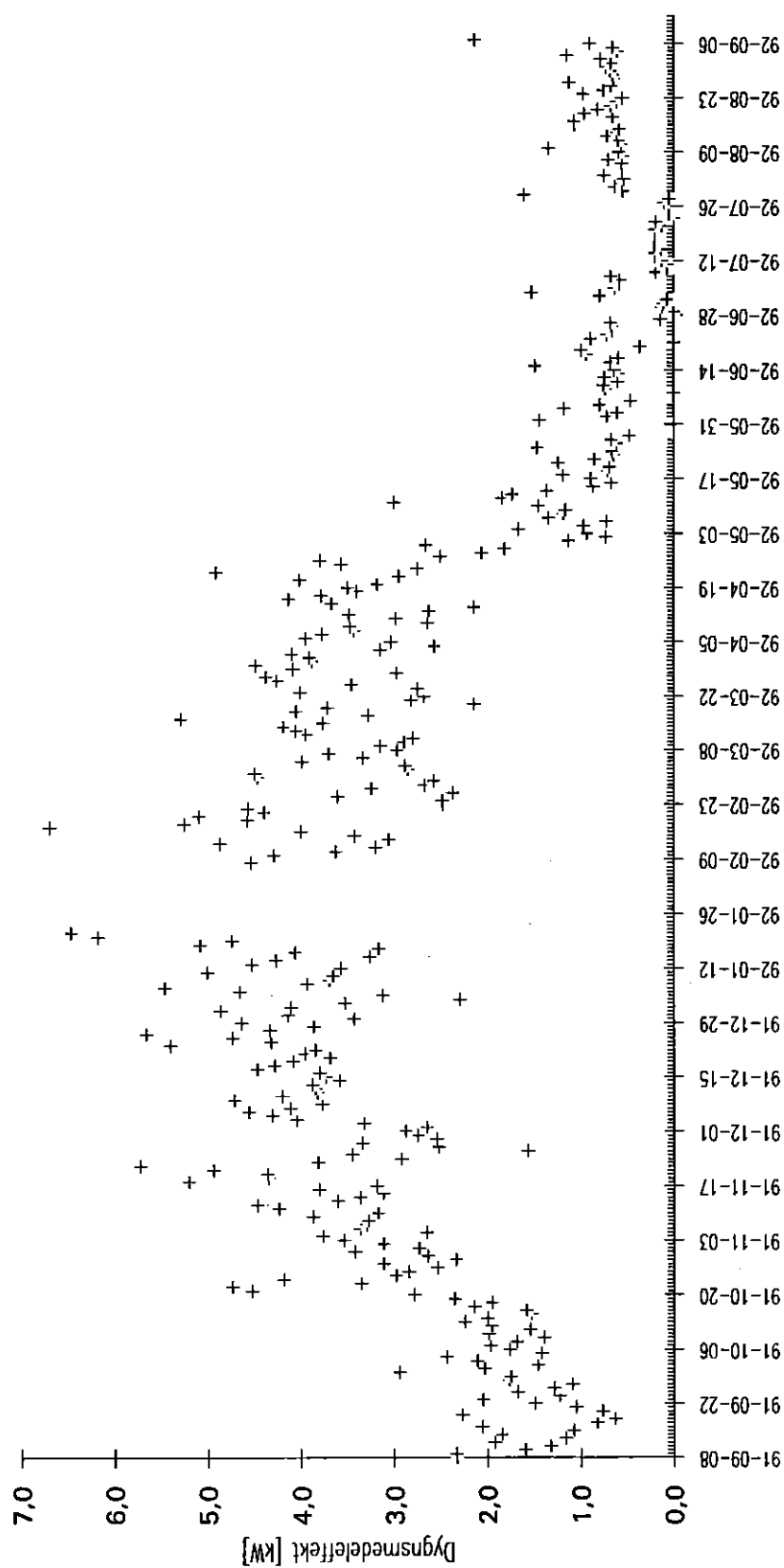
Spiegelhauer Bjarne. Afprövning av gasfyrede villakedler. Tekniske Meddelelser, Råd & Resultater 1/92, Forbrugerstyrelsen och Statens Husholdningsråd, Danmark.

Figur 7.2

Dygnsmedelvärden av tillförd gaseffekt.

GAS1.XLC 92-10-23

Gasmedeleffekt 1991-09-07 kl. 00.00 - 1992-09-07 kl. 00.00.

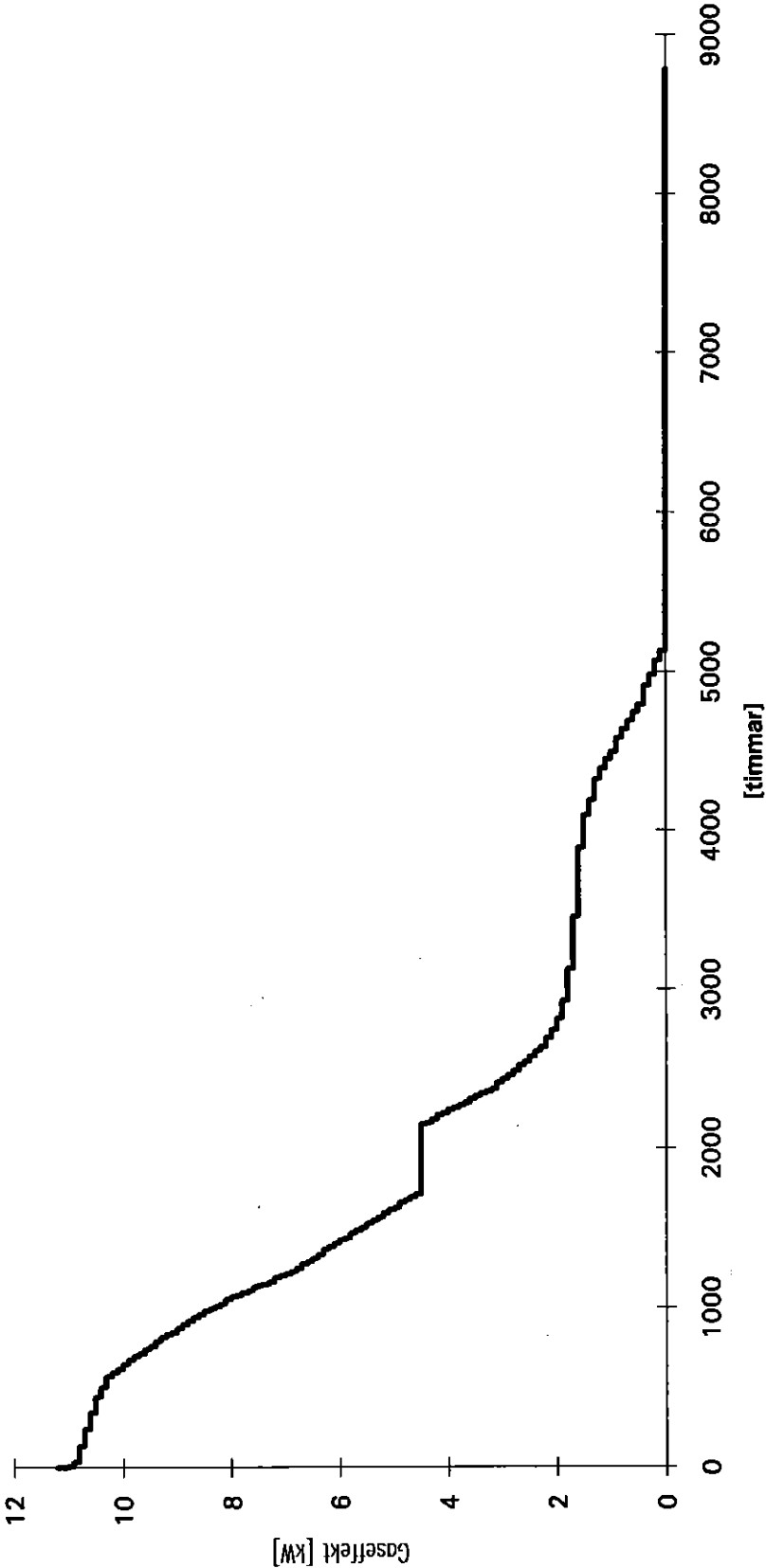


Figur 7.3

Varaktighet baserad på timvärden för tillförd gaseffekt.

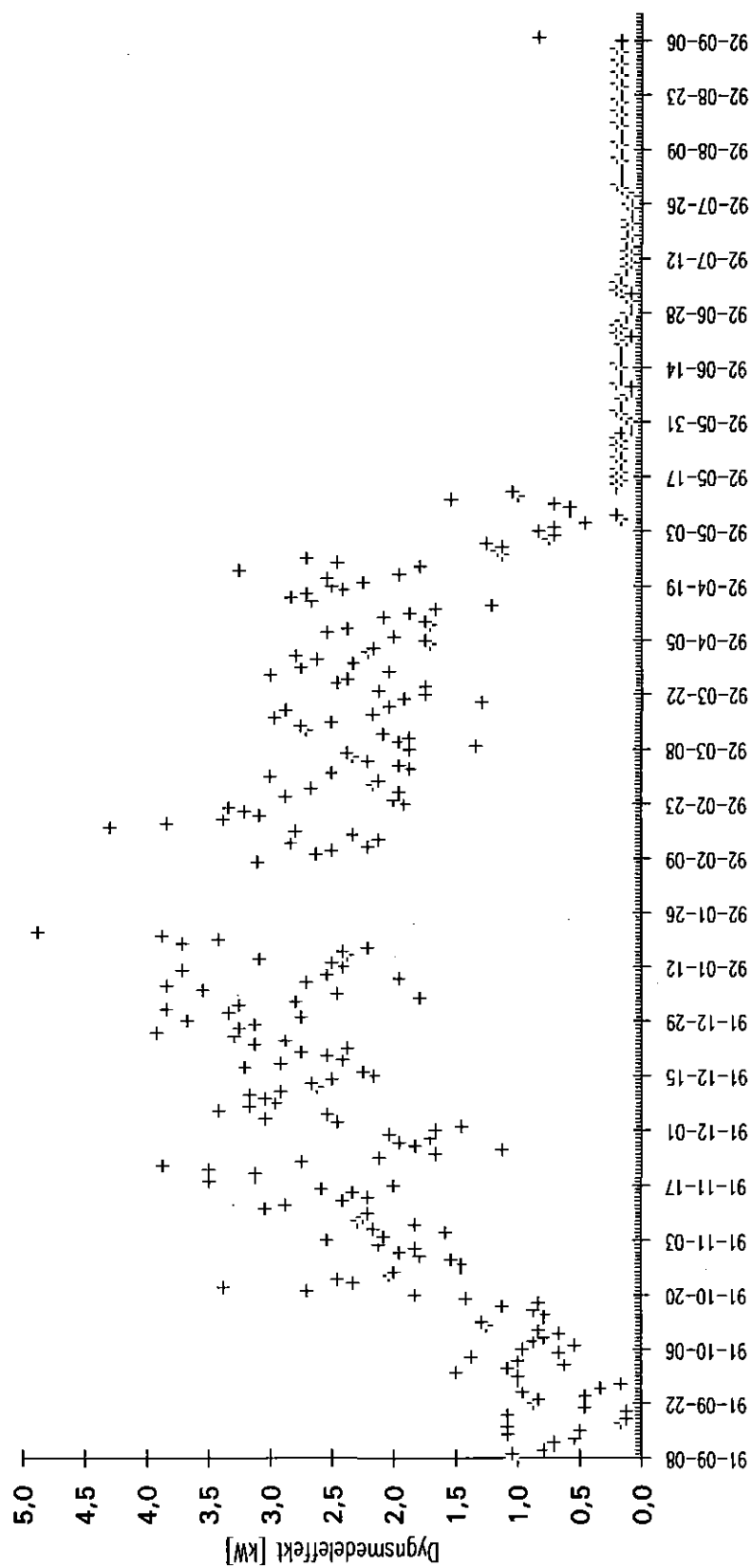
GASVAR.XLC 92-10-23

Varaktighetsdiagram för tillförd gaseffekt 1991-09-07 kl. 00.00 - 1992-09-07 kl. 00.00.



Dygnsmedelvärden av radiatorsystemets avgivna effekt.

Radiatorsystemets medeleffekt 1991-09-07 kl. 00.00 - 1992-09-07 kl. 00.00. Värdena är ej korrigerade för systematiskt fel.



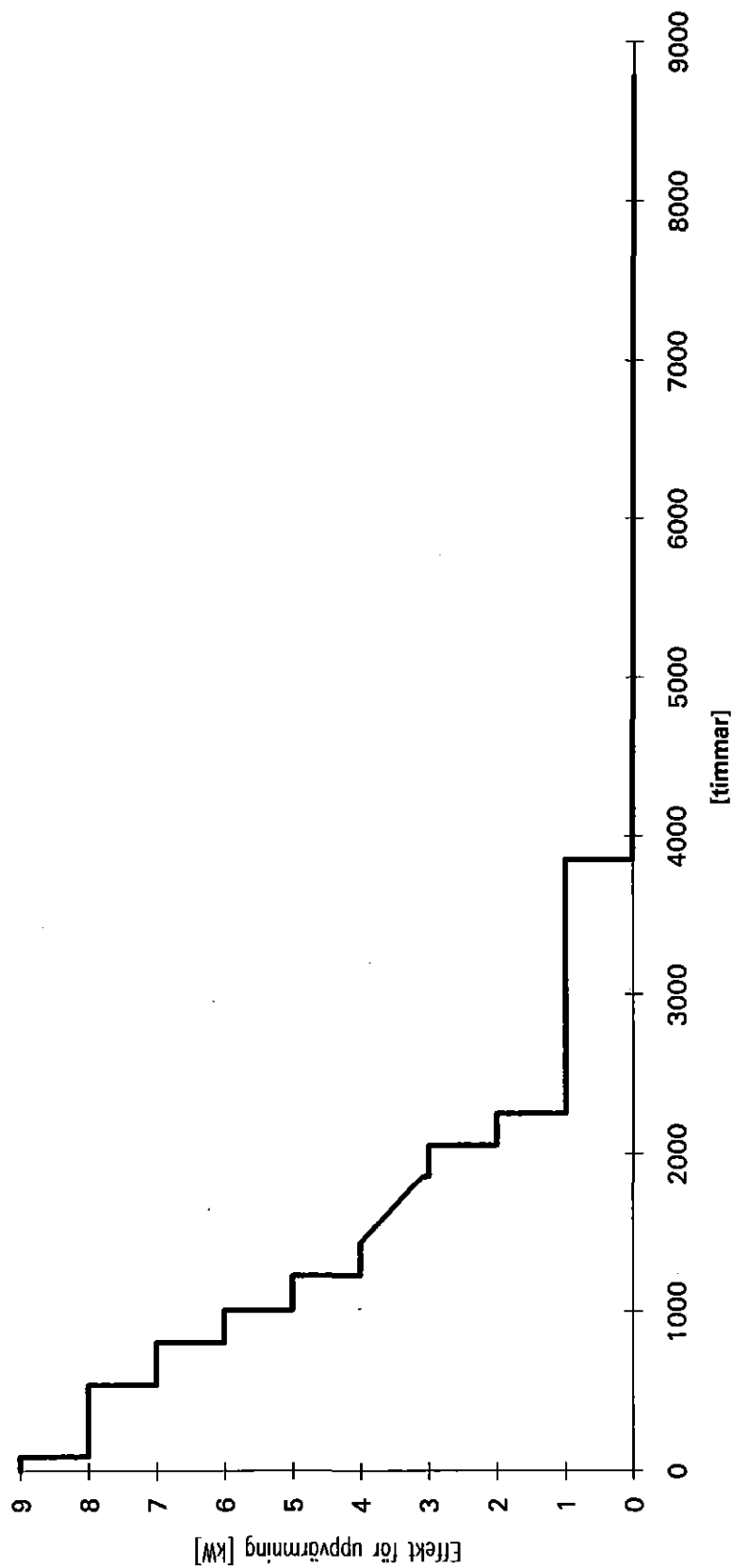
Figur 7.4

Figur 7.5

Varaktighet baserad på timvärden för radiatorsystemets avgivna effekt.

RADVAR.XLC 92-10-23

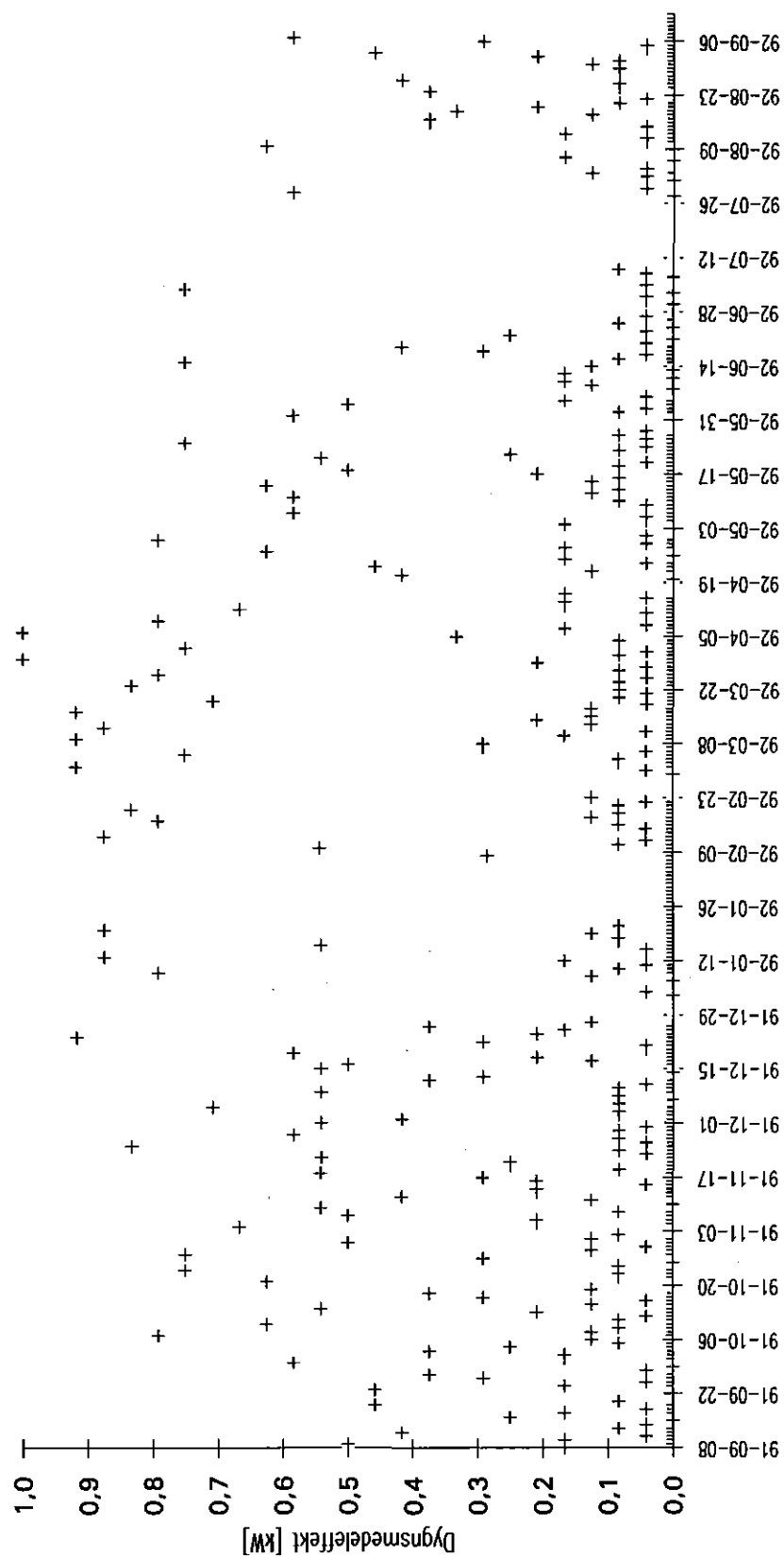
Varaktighet för radiatorsystemets effekt 1991-09-07 kl. 00.00 - 1992-09-07 kl.00.00.
Uppmätt värmemängd är inte korrigerad för känt systematiskt fel.



Figur 7.6

Dygnsmedelvärden av varmvattenberedarens avgivna effekt i form av varmvatten.

Tappvarmvatten, uttagen medeleffekt 1991-09-07 kl. 00.00 - 1992-09-07 kl. 00.00.

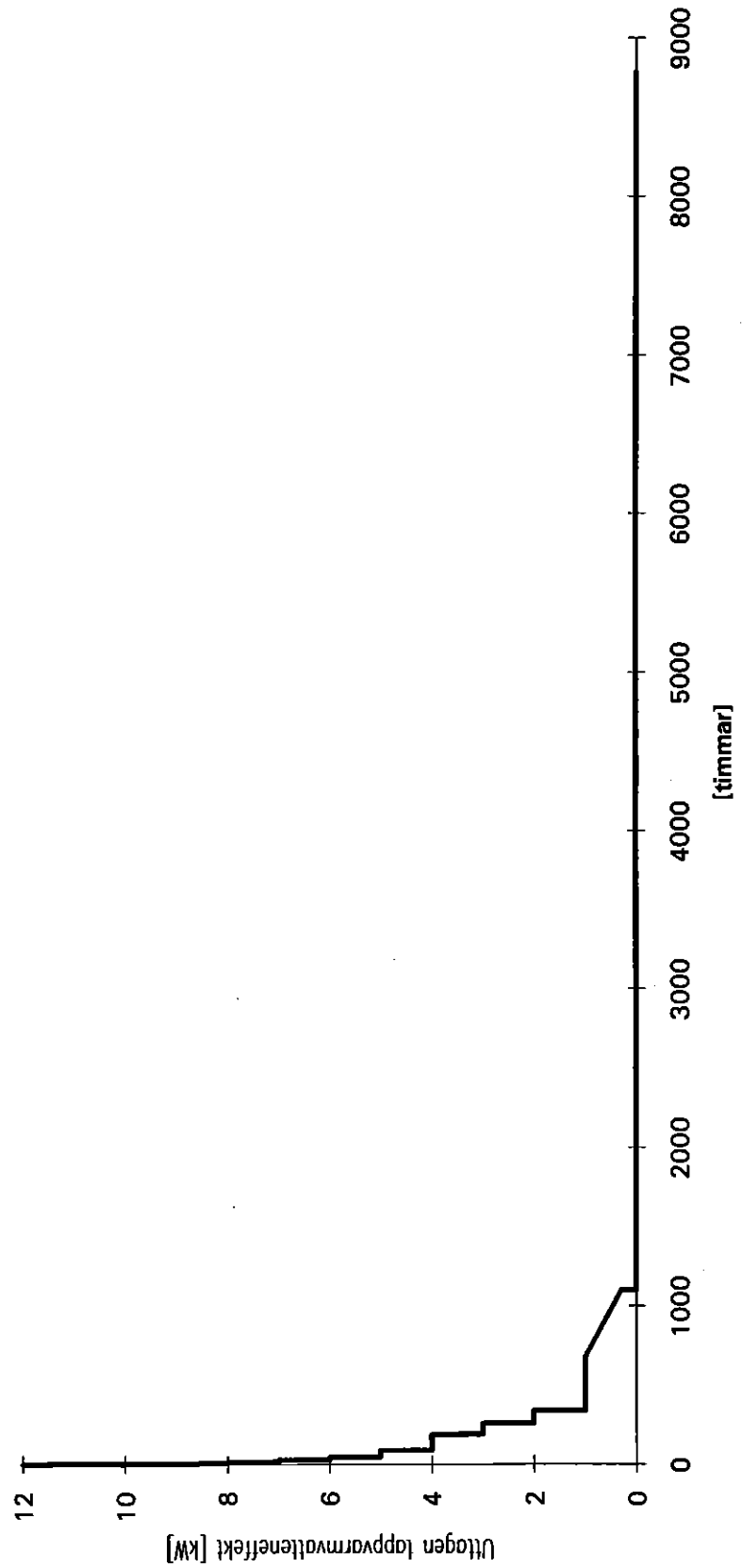


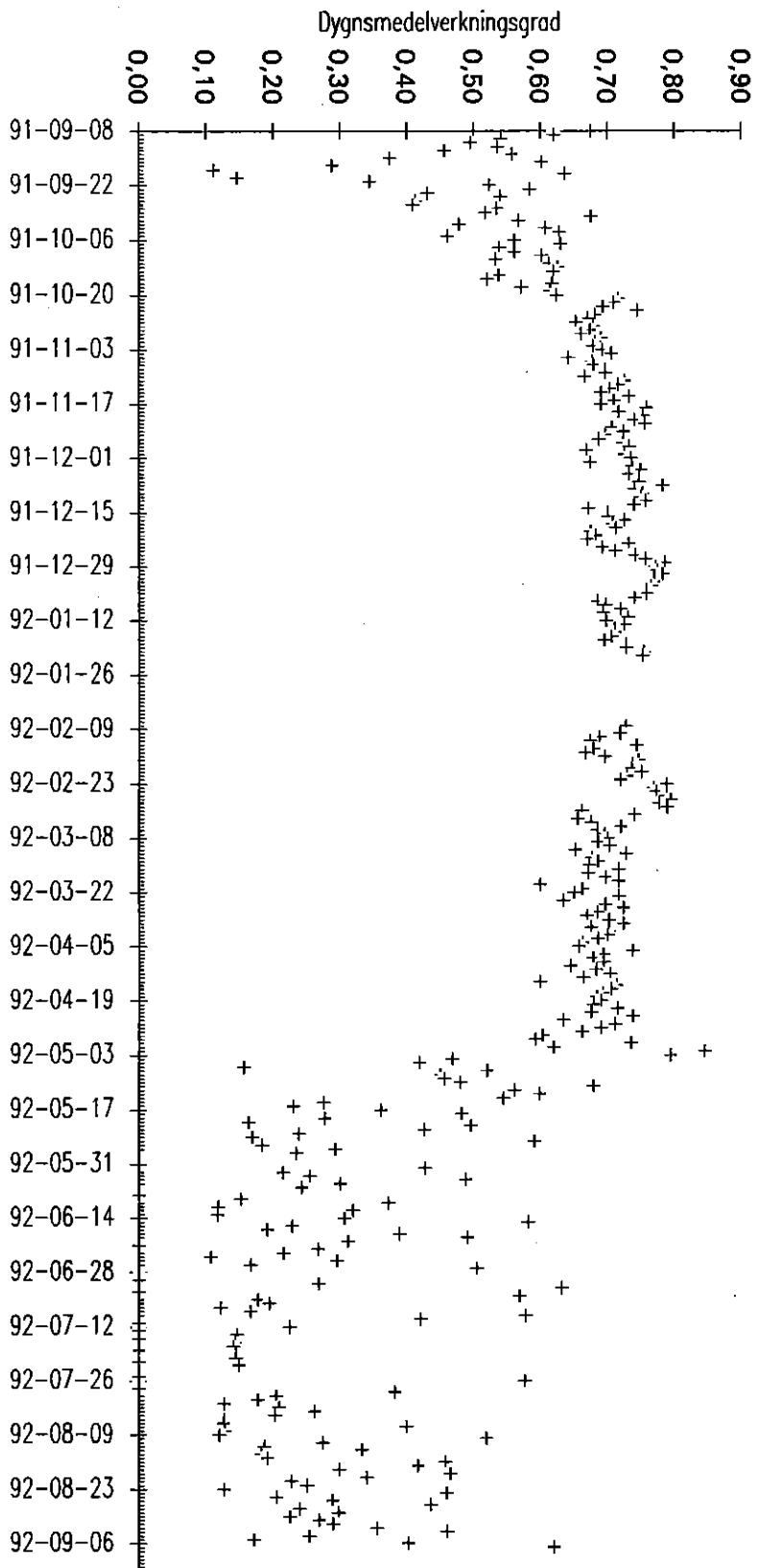
VVB1.XLC 92-10-23

Varaktighet baserad på timvärden för varmvattenberedarens avgivna effekt.

VVBVAR.XLC 92-10-23

Varaktighet för uttagen tappvarmvatteneffekt 1991-09-07 kl. 00.00 - 1992-09-07 kl. 00.00.





Dygnsmedelverkningsgrad 1991-09-07 kl. 00.00 - 1992-09-07 kl 00.00. Uppmätt
värmemängd korrigerad för känt systematiskt fel.

Dygnsmedelvärden av systemverkningsgraden.

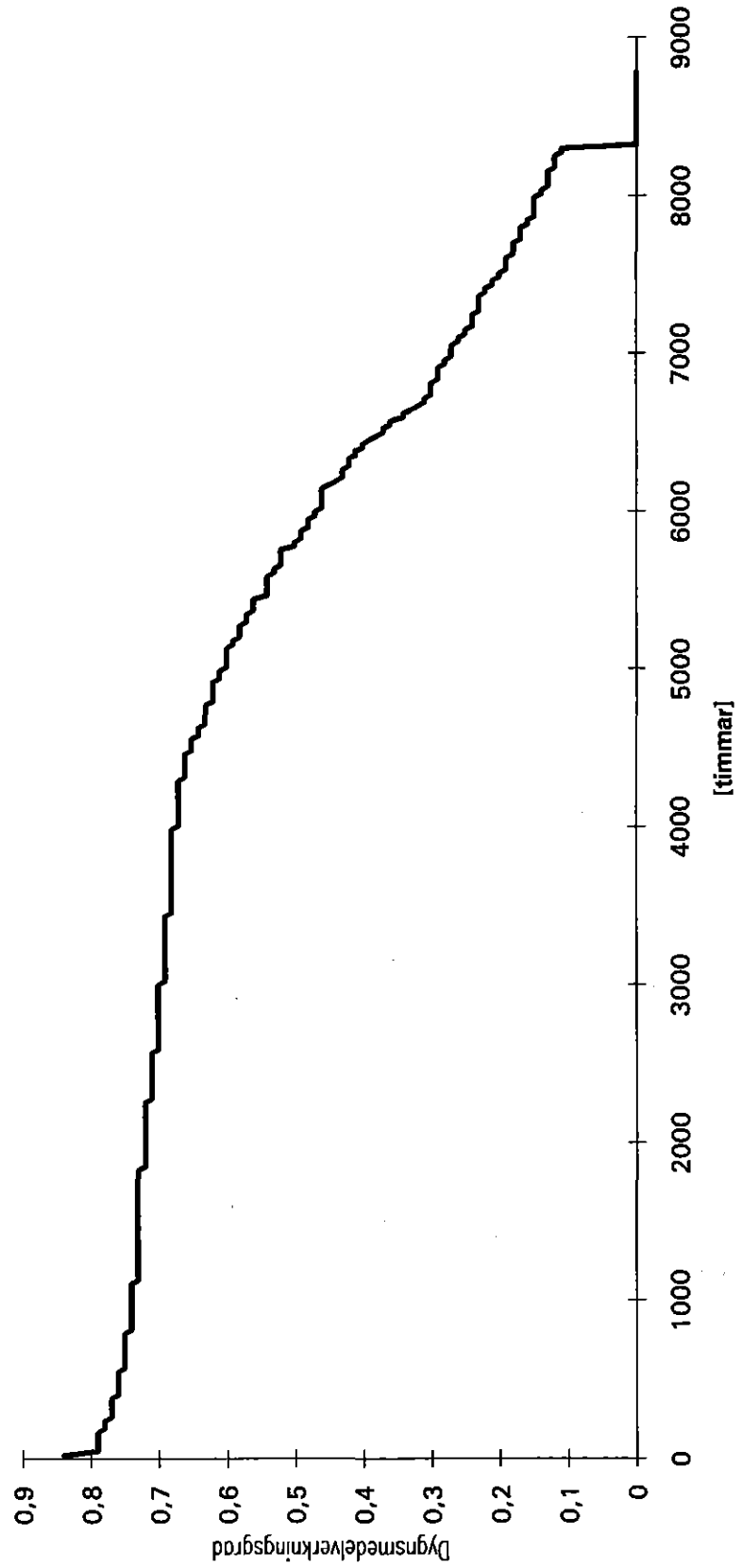
Figur 7.8

Figur 7.9

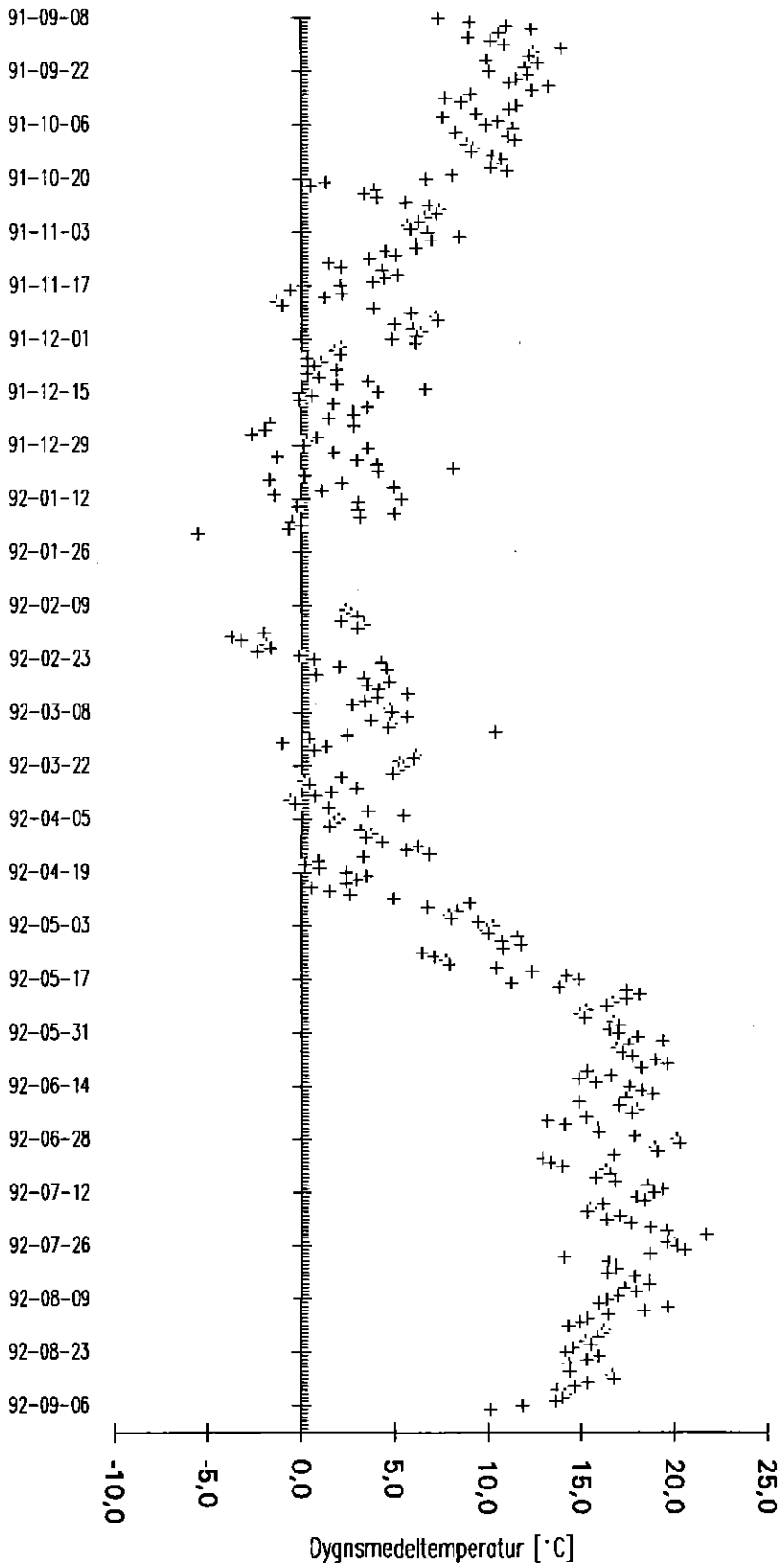
Varaktighetsdiagram baserat på dygnsmedelvärden för systemverkningsgraden.

ETA1SORT.XLC 92-10-23

Varaktighetsdiagram för korrigerat medelvärde av systemverkningsgraden 1991-09-07 kl.
00.00 - 1992-09-07 kl. 00.00.



Medelvärde av utetemperaturen 1991-09-07 kl. 00.00 - 1992-09-07 kl. 00.00.



Dygnsmedelvärden av utetemperaturen.

Figur 7.10

Konverteringsekonomi

Nedan görs en jämförelse mellan driftkostnaderna före och efter konverteringen till gas. Förbrukningsuppgifter från 1989, före konverteringen, och 1991, efter konverteringen, är tillsammans med uppmätt varmvattenförbrukning utgångspunkt för beräkningen. 1989 var antalet graddagar för Stockholm Bromma 2977 och 1991 var antalet graddagar 3556. Elförbrukningen för uppvärmning 1989 korrigeras med faktorn 3556/2977. Elförbrukningen för varmvatten inklusive värmeförluster bedöms till 2300 kWh/år.

	1989	1991
Elförbrukning	23 607 kWh	8 400 kWh
Gasförbrukning	0	21 641 kWh

Hushållselbehovet antas vara 8400 kWh/år. Elförbrukningen för uppvärmning för jämförelse med 1991 kan beräknas som:

$$(23607 - 8400 - 2300) \cdot \frac{3556}{2977} = 15417 \text{ kWh}$$

Om 1989 och 1991 hade haft samma antal graddagar skulle alltså elförbrukningen 1989 ha varit $15\,417 + 2\,300 + 8\,400 = 26\,117$ kWh.

Energiförbrukningen för uppvärmning och varmvatten skulle för 1991 varit 17 717 kWh (15 417 kWh + 2300 kWh) vid eldrift. Med gasdrift blev motsvarande förbrukning 21 641 kWh, dvs 22% högre.

Driftkostnaden för ett år beräknas som:

fasta avgifter för el + elförbrukning*elpris +
fasta avgifter för gas + gasförbrukning*gaspris

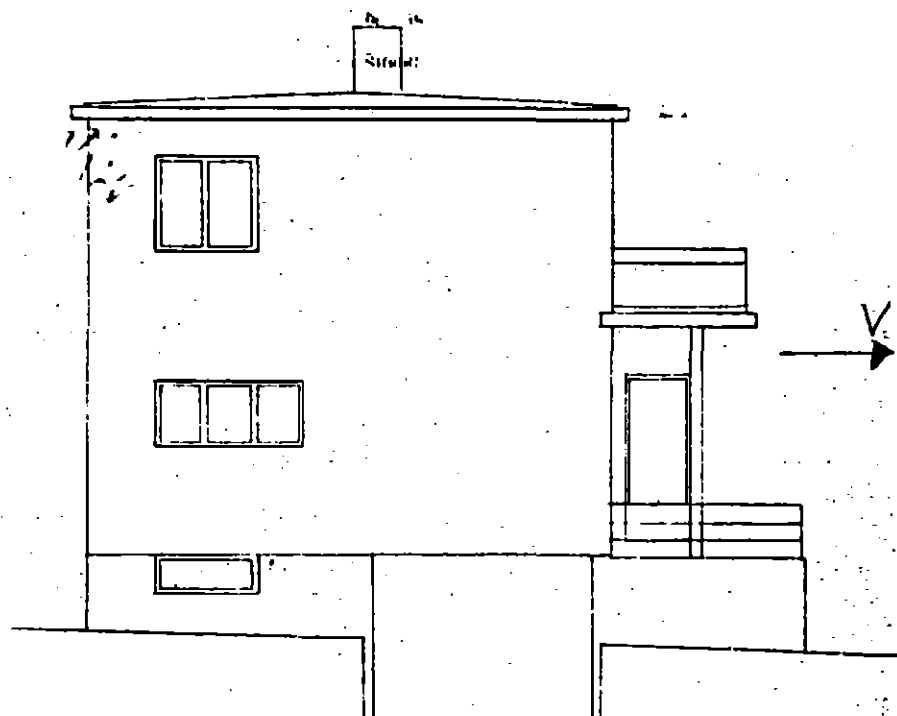
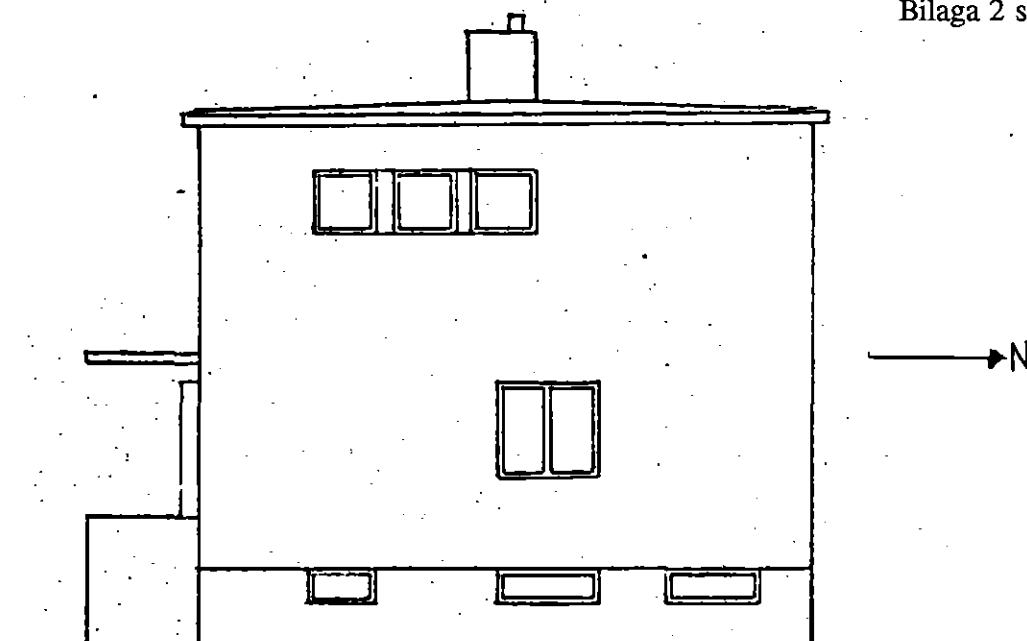
Följande priser gäller för det konverterade huset under 1993:

Fast avgift för el: 500 kr/år
Energipris för el: 60,0 öre/kWh
Fast avgift för gas: 920 kr/år
Energipris för gas: 45,6 öre/kWh

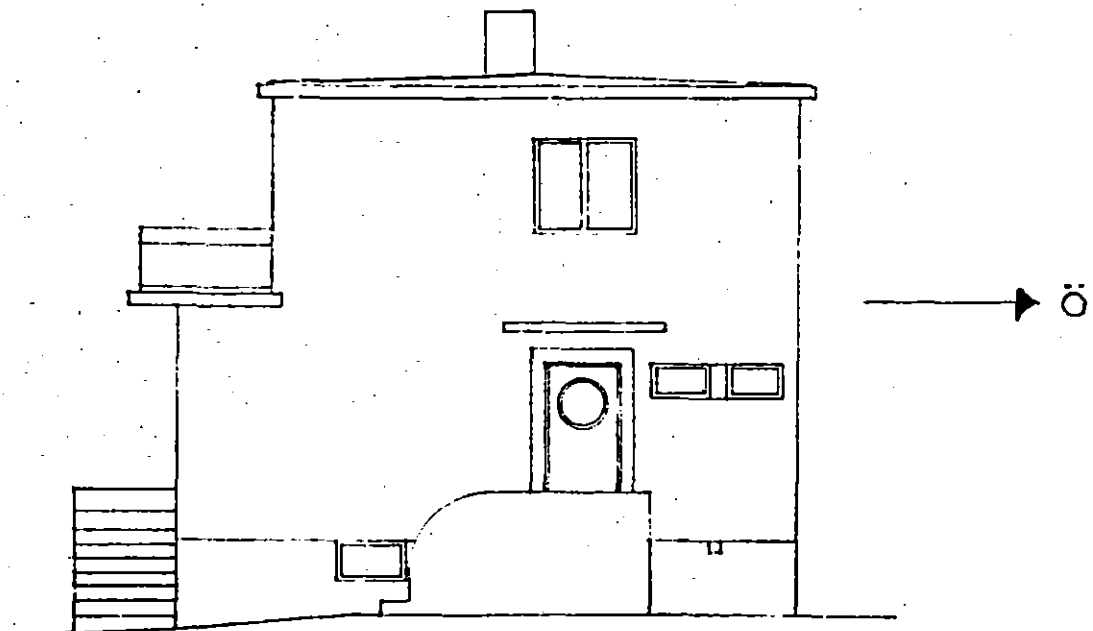
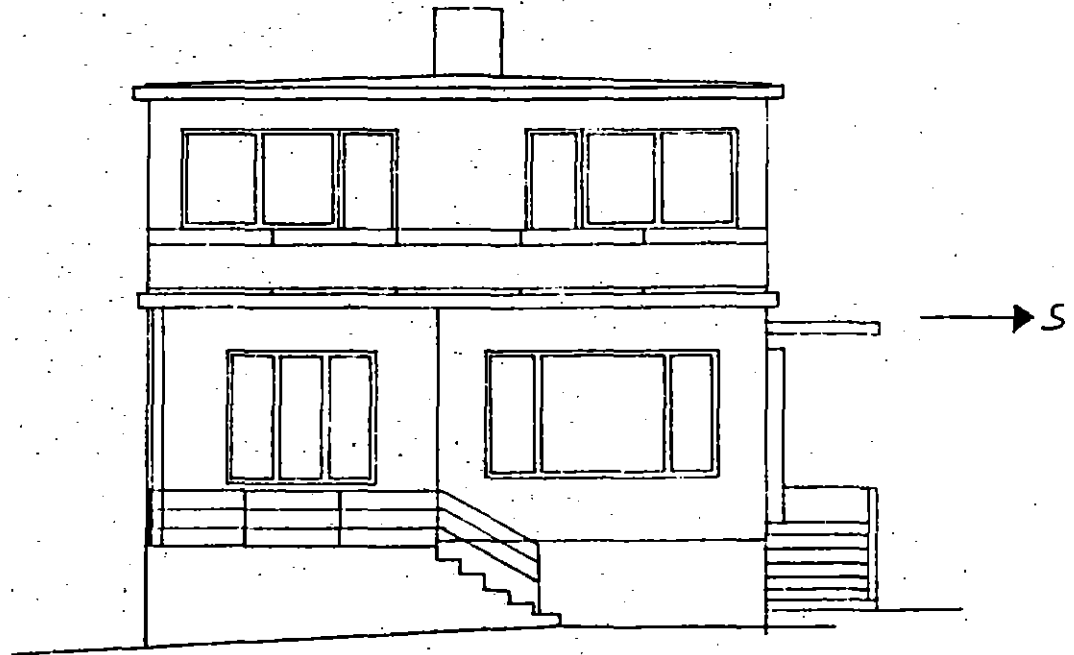
Vid uppvärmning och varmvattenberedning med el blir driftkostnaden enligt ovan = $500 + 26\,117 \cdot 0,60 = 16\,170$ kr/år.

Med gas blir motsvarande kostnad = $500 + 8\,400 \cdot 0,60 + 920 + 21\,641 \cdot 0,456 = 16\,328$ kr/år.

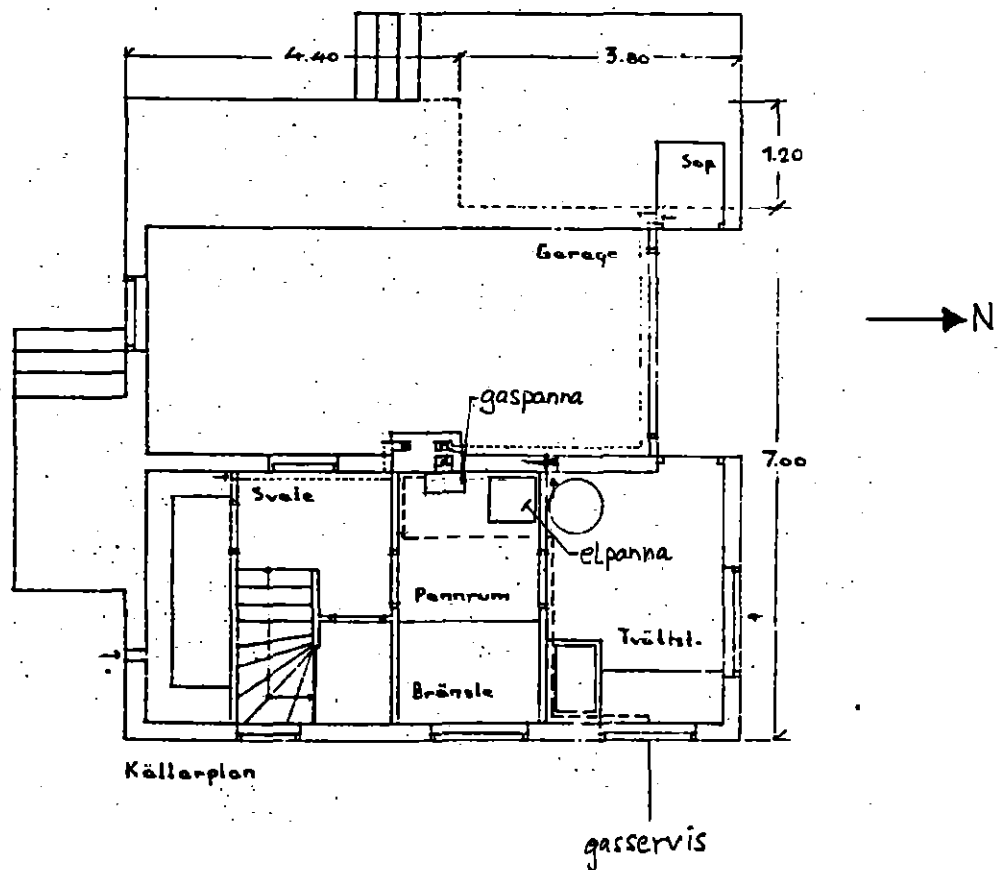
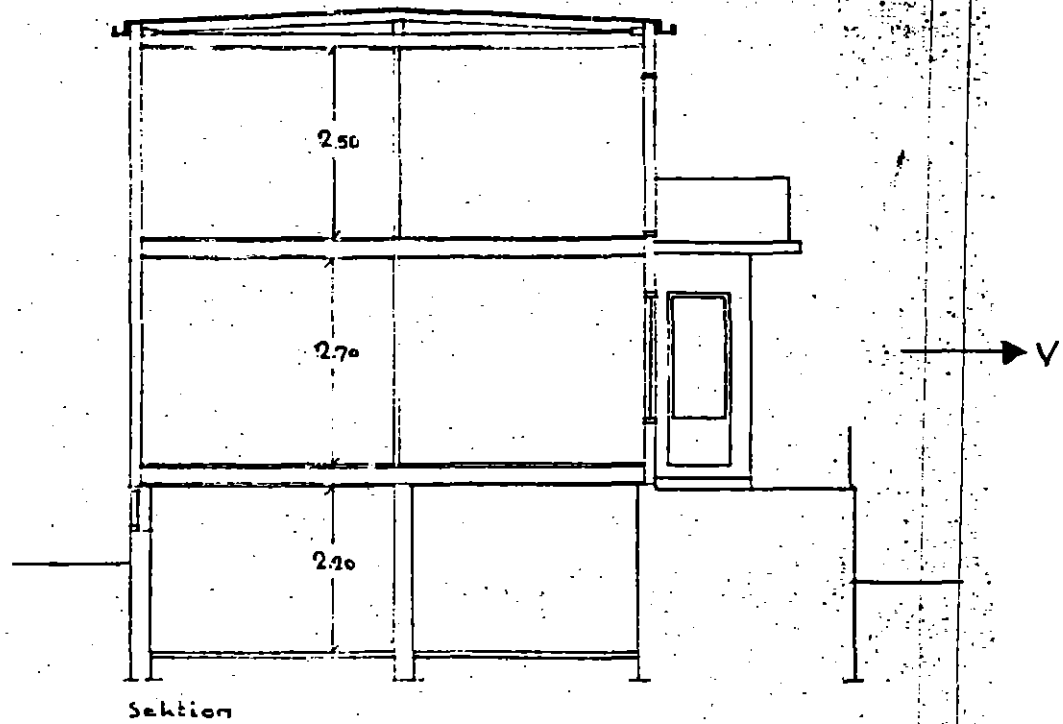
Driftkostnaden ökar alltså med 158 kr/år vid gasdrift.

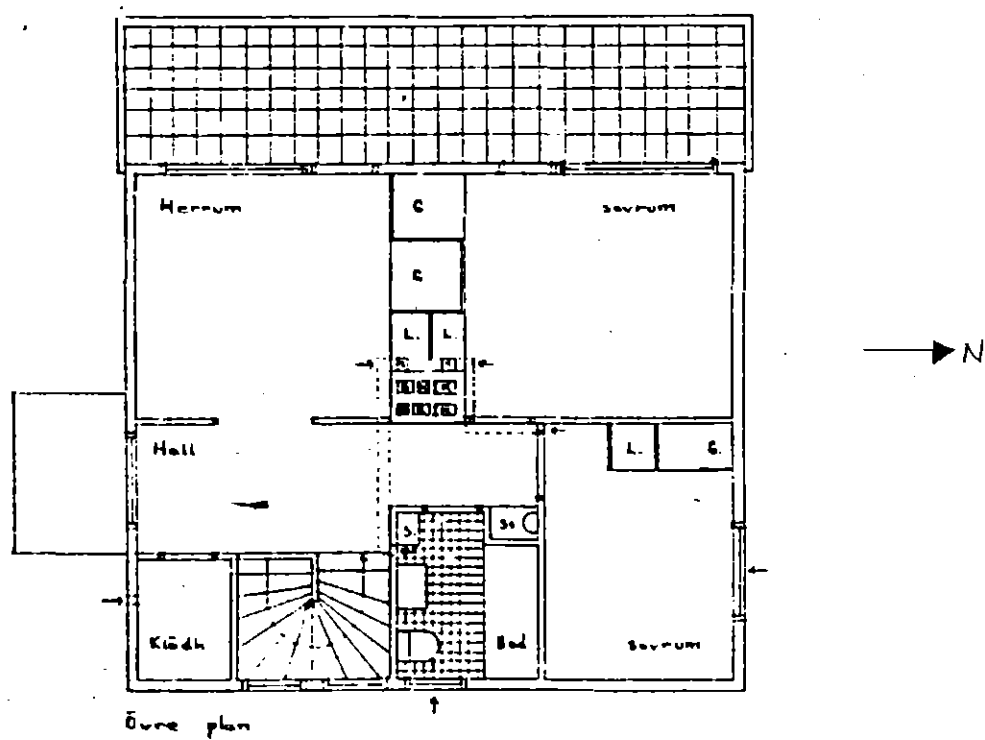
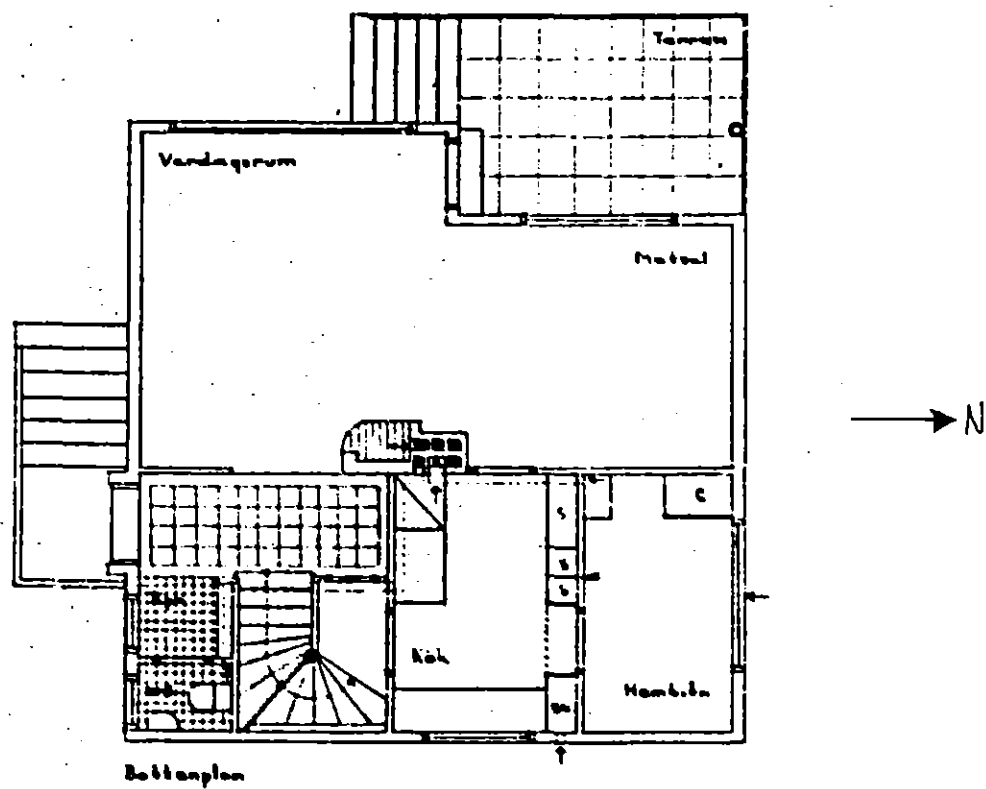


Skala 1:100



Skala 1:100





skala 1:100

Underlag för beräkning av systematiskt fel i radiatorkretsens
värmemängdsmätutrustning.

Datum och tid för registrering	Tid mellan registreringar [d.h.m]	Tid sedan mätningen påbörjades [dygn]	Medeltemperatur ute mellan registreringar [°C]	Gasförbrukning mellan registreringar [m3]	Gasförbrukning mellan registreringar [kWh]	Radiatorsystemets förbrukning mellan registreringar [kWh]	Tappvarmvattenförbrukning mellan registreringar [kWh]	Total gasförbrukning sedan mätningarna påbörjades [m3]	Total gasförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Total värmeförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Total värmeförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Dygnsmedelverkningsgrad	Korrigerad dygnsmedelverkningsgrad	Dygnsmedel-effekt gas [kW]	Dygnsmedel-effekt värme [kW]	Dygnsmedel-effekt vatten [kW]	Dygnsmedeltemperatur [°C]
92-5-28 1.00	0,1,00	264,46	13,9	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12949	1525						
92-5-28 2.00	0,1,00	264,50	13,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12949	1525						
92-5-28 3.00	0,1,00	264,54	12,7	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12949	1525						
92-5-28 4.00	0,1,00	264,58	12,2	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12949	1525						
92-5-28 5.00	0,1,00	264,63	11,8	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12949	1525						
92-5-28 6.00	0,1,00	264,67	12,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12949	1525						
92-5-28 7.00	0,1,00	264,71	13,4	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12949	1525						
92-5-28 8.00	0,1,00	264,75	15,6	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12949	1525						
92-5-28 9.00	0,1,00	264,78	17,5	0,00	0,0	1	0	4461,57	20077,1	12950	1525						
92-5-28 10.00	0,1,00	264,83	18,7	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12950	1525						
92-5-28 11.00	0,1,00	264,88	18,7	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12950	1525						
92-5-28 12.00	0,1,00	264,92	20,5	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12950	1525						
92-5-28 13.00	0,1,00	264,96	21,1	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12950	1525						
92-5-28 14.00	0,1,00	265,00	21,8	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12950	1525						
92-5-28 15.00	0,1,00	265,04	22,0	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12950	1525						
92-5-28 16.00	0,1,00	265,08	21,8	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12950	1525						
92-5-28 17.00	0,1,00	265,13	21,1	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12950	1525						
92-5-28 18.00	0,1,00	265,17	20,2	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12950	1525						
92-5-28 19.00	0,1,00	265,21	19,6	0,00	0,0	1	0	4461,57	20077,1	12951	1525						
92-5-28 20.00	0,1,00	265,25	18,8	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12951	1525						
92-5-28 21.00	0,1,00	265,29	17,4	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12951	1525						
92-5-28 22.00	0,1,00	265,33	15,8	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12951	1525						
92-5-28 23.00	0,1,00	265,38	14,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12951	1525						
92-5-29 0.00	0,1,00	265,42	13,2	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12951	1525	0,00	0,00	0,000	0,083	0,000	17,0
92-5-29 1.00	0,1,00	265,46	12,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12951	1525						
92-5-29 2.00	0,1,00	265,50	11,5	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12951	1525						
92-5-29 3.00	0,1,00	265,54	10,9	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12951	1525						
92-5-29 4.00	0,1,00	265,58	10,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12951	1525						

Underlag för beräkning av systematiskt fel i radiatorketsens
värmemängdsmätutrustning.

Datum och tid för registrering	Tid mellan registreringar [d.h.m]	Tid sedan mätningen påbörjades (dygn)	Medeltemperatur ute mellan registreringar [°C]	Gasförbrukning mellan registreringar [m3]	Gasförbrukning mellan registreringar [kWh]	Radiatorsystemets förbrukning mellan registreringar [kWh]	Tappvarmvattenförbrukning mellan registreringar [kWh]	Total gasförbrukning sedan mätningarna påbörjades [m3]	Total gasförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Total värmeförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Total värmeförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Dygnsmedelverkningsgrad	Korrigerad dygnsmedelverkningsgrad	Dygnsmedel-effekt gas [kW]	Dygnsmedel-effekt värme [kW]	Dygnsmedel-effekt varmvatten [kW]	Dygnsmedeltemperatur [°C]
92-5-29 5.00	0,1,00	265,63	10,0	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12951	1525						
92-5-29 6.00	0,1,00	265,67	10,7	0,00	0,0	1	0	4461,57	20077,1	12952	1525						
92-5-29 7.00	0,1,00	265,71	12,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12952	1525						
92-5-29 8.00	0,1,00	265,75	14,5	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12952	1525						
92-5-29 9.00	0,1,00	265,79	16,6	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12952	1525						
92-5-29 10.00	0,1,00	265,83	18,1	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12952	1525						
92-5-29 11.00	0,1,00	265,88	18,4	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12952	1525						
92-5-29 12.00	0,1,00	265,92	20,5	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12952	1525						
92-5-29 13.00	0,1,00	265,96	21,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12952	1525						
92-5-29 14.00	0,1,00	266,00	22,1	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12952	1525						
92-5-29 15.00	0,1,00	266,04	22,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12952	1525						
92-5-29 16.00	0,1,00	266,08	22,0	0,00	0,0	1	0	4461,57	20077,1	12953	1525						
92-5-29 17.00	0,1,00	266,13	21,5	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12953	1525						
92-5-29 18.00	0,1,00	266,17	20,5	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12953	1525						
92-5-29 19.00	0,1,00	266,21	19,7	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12953	1525						
92-5-29 20.00	0,1,00	266,25	18,7	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12953	1525						
92-5-29 21.00	0,1,00	266,28	17,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12953	1525						
92-5-29 22.00	0,1,00	266,33	15,6	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12953	1525						
92-5-29 23.00	0,1,00	266,38	14,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12953	1525						
92-5-30 0.00	0,1,00	266,42	13,1	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12953	1525	0,00	0,00	0,000	0,083	0,000	16,5
92-5-30 1.00	0,1,00	266,46	12,1	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12953	1525						
92-5-30 2.00	0,1,00	266,50	11,2	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12953	1525						
92-5-30 3.00	0,1,00	266,54	10,5	0,00	0,0	1	0	4461,57	20077,1	12954	1525						
92-5-30 4.00	0,1,00	266,58	10,2	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12954	1525						
92-5-30 5.00	0,1,00	266,63	10,1	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12954	1525						
92-5-30 6.00	0,1,00	266,67	10,9	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12954	1525						
92-5-30 7.00	0,1,00	266,71	12,5	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12954	1525						
92-5-30 8.00	0,1,00	266,75	14,6	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12954	1525						

Underlag för beräkning av systematiskt fel i radiatorkretsens
värmemängdsmätutrustning.

Datum och tid för registrering	Tid mellan registreringar [d.h.m]	Tid sedan mätningen påbörjades [dygn]	Medeltemperatur ute mellan registreringar [°C]	Gasförbrukning mellan registreringar [m3]	Gasförbrukning mellan registreringar [kWh]	Radiatorsystemets förbrukning mellan registreringar [kWh]	Tappvarmvattenförbrukning mellan registreringar [kWh]	Total gasförbrukning sedan mätningarna påbörjades [m3]	Total gasförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Total värmeförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Total värmvattenförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Dygnsmedelverkningsgrad	Korrigerad dygnsmedelverkningsgrad	Dygnsmedel-effekt gas [kW]	Dygnsmedel-effekt värme [kW]	Dygnsmedel-effekt varmvatten [kW]	Dygnsmedeltemperatur [°C]
92-5-30 9.00	0,1,00	266,79	16,8	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12954	1525						
92-5-30 10.00	0,1,00	266,83	18,2	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12954	1525						
92-5-30 11.00	0,1,00	266,88	18,2	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12954	1525						
92-5-30 12.00	0,1,00	266,92	20,2	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12954	1525						
92-5-30 13.00	0,1,00	266,96	21,0	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12954	1525						
92-5-30 14.00	0,1,00	267,00	21,7	0,00	0,0	1	0	4461,57	20077,1	12955	1525						
92-5-30 15.00	0,1,00	267,04	22,9	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12955	1525						
92-5-30 16.00	0,1,00	267,08	23,2	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12955	1525						
92-5-30 17.00	0,1,00	267,13	23,2	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12955	1525						
92-5-30 18.00	0,1,00	267,17	22,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12955	1525						
92-5-30 19.00	0,1,00	267,21	21,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12955	1525						
92-5-30 20.00	0,1,00	267,25	20,2	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12955	1525						
92-5-30 21.00	0,1,00	267,29	18,6	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12955	1525						
92-5-30 22.00	0,1,00	267,33	16,7	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12955	1525						
92-5-30 23.00	0,1,00	267,38	15,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12955	1525						
92-5-31 0.00	0,1,00	267,42	14,3	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12955	1525	0,00	0,00	0,000	0,083	0,000	17,0
92-5-31 1.00	0,1,00	267,46	13,5	0,00	0,0	0	0	4461,57	20077,1	12955	1525						

Underlag för beräkning av systematiskt fel i radiatorkretsens
värmemängdsmätutrustning.

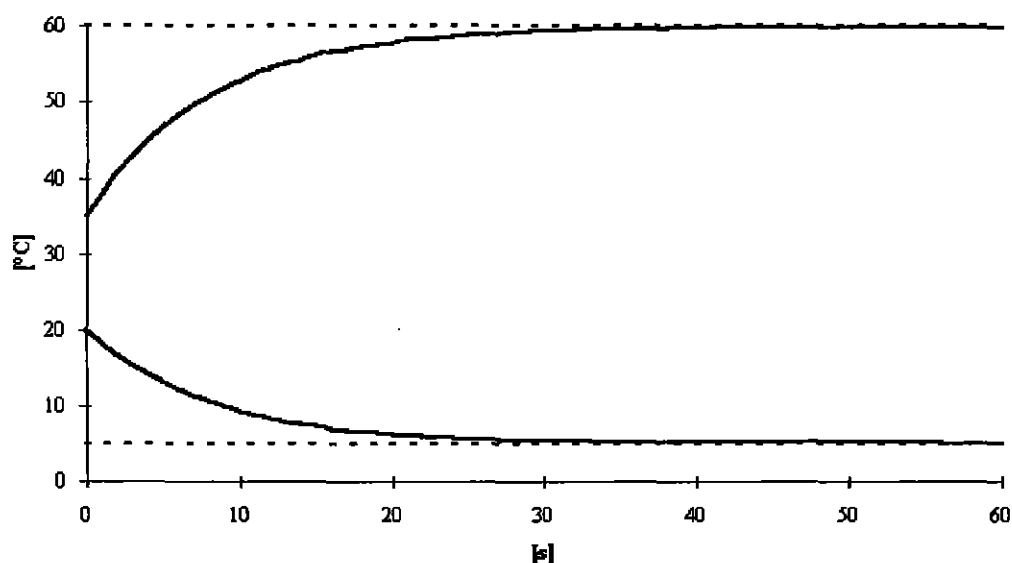
Datum och tid för registrering	Tid mellan registreringar [d.h.m]	Tid sedan mätningen påbörjades [dygn]	Medeltemperatur ute mellan registreringar [°C]	Gasförbrukning mellan registreringar [m3]	Gasförbrukning mellan registreringar [kWh]	Radiatorsystemets förbrukning mellan registreringar [kWh]	Tappvarmvattenförbrukning mellan registreringar [kWh]	Total gasförbrukning sedan mätningarna påbörjades [m3]	Total gasförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Total värmeförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Total värmeförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Dygnsmedelverkningsgrad	Korrigerad dygnsmedelverkningsgrad	Dygnsmedel-effekt gas [kW]	Dygnsmedel-effekt värme [kW]	Dygnsmedel-effekt vatten [kW]	Dygnsmedeltemperatur [°C]
92-6-6 1.00	0,1,00	273,46	15,0	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12979	1559						
92-6-6 2.00	0,1,00	273,50	14,9	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12979	1559						
92-6-6 3.00	0,1,00	273,54	14,4	0,00	0,0	1	0	4489,22	20201,5	12980	1559						
92-6-6 4.00	0,1,00	273,58	13,9	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12980	1559						
92-6-6 5.00	0,1,00	273,63	14,0	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12980	1559						
92-6-6 6.00	0,1,00	273,67	14,9	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12980	1559						
92-6-6 7.00	0,1,00	273,71	16,0	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12980	1559						
92-6-6 8.00	0,1,00	273,75	17,1	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12980	1559						
92-6-6 9.00	0,1,00	273,79	18,5	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12980	1559						
92-6-6 10.00	0,1,00	273,83	19,7	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12980	1559						
92-6-6 11.00	0,1,00	273,88	20,6	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12980	1559						
92-6-6 12.00	0,1,00	273,92	22,0	0,00	0,0	1	0	4489,22	20201,5	12981	1559						
92-6-6 13.00	0,1,00	273,96	22,6	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12981	1559						
92-6-6 14.00	0,1,00	274,00	23,5	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12981	1559						
92-6-6 15.00	0,1,00	274,04	23,8	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12981	1559						
92-6-6 16.00	0,1,00	274,08	24,0	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12981	1559						
92-6-6 17.00	0,1,00	274,13	23,6	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12981	1559						
92-6-6 18.00	0,1,00	274,17	22,8	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12981	1559						
92-6-6 19.00	0,1,00	274,21	22,2	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12981	1559						
92-6-6 20.00	0,1,00	274,25	21,3	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12981	1559						
92-6-6 21.00	0,1,00	274,29	19,8	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12981	1559						
92-6-6 22.00	0,1,00	274,33	18,2	0,00	0,0	1	0	4489,22	20201,5	12982	1559						
92-6-6 23.00	0,1,00	274,38	19,7	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12982	1559						
92-6-7 0.00	0,1,00	274,42	15,8	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12982	1559	0,00	0,00	0,000	0,125	0,000	19,0
92-6-7 1.00	0,1,00	274,46	15,0	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12982	1559						
92-6-7 2.00	0,1,00	274,50	14,6	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12982	1559						
92-6-7 3.00	0,1,00	274,54	14,1	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12982	1559						
92-6-7 4.00	0,1,00	274,58	13,5	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12982	1559						

Datum och tid för registrering	Tid mellan registreringar (d.h.m)	Tid sedan mätningen påbörjades (dygn)	Medeltemperatur ute mellan registreringar (°C)	Gasförbrukning mellan registreringar (m3)	Gasförbrukning mellan registreringar (kWh)	Radiatorsystemets förbrukning mellan registreringar (kWh)	Tappvarmvattenförbrukning mellan registreringar (kWh)	Total gasförbrukning sedan mätningarna påbörjades (m3)	Total gasförbrukning sedan mätningarna påbörjades (kWh)	Total värmeförbrukning sedan mätningarna påbörjades (kWh)	Total värmeförbrukning sedan mätningarna påbörjades (kWh)	Dygnsmedelverkningsgrad	Korrigerad dygnsmedelverkningsgrad	Dygnsmedel-effekt gas (kW)	Dygnsmedel-effekt värme (kW)	Dygnsmedel-effekt varmvatten (kW)	Dygnsmedeltemperatur (°C)
92-6-7 5.00	0,1,00	274,63	13,9	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12982	1559						
92-6-7 6.00	0,1,00	274,67	14,6	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12982	1559						
92-6-7 7.00	0,1,00	274,71	15,8	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12982	1559						
92-6-7 8.00	0,1,00	274,75	18,1	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12982	1559						
92-6-7 9.00	0,1,00	274,79	20,2	0,00	0,0	1	0	4489,22	20201,5	12983	1559						
92-6-7 10.00	0,1,00	274,83	21,3	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12983	1559						
92-6-7 11.00	0,1,00	274,88	22,1	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12983	1559						
92-6-7 12.00	0,1,00	274,82	22,8	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12983	1559						
92-6-7 13.00	0,1,00	274,96	23,5	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12983	1559						
92-6-7 14.00	0,1,00	275,00	24,3	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12983	1559						
92-6-7 15.00	0,1,00	275,04	24,6	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12983	1559						
92-6-7 16.00	0,1,00	275,08	24,8	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12983	1559						
92-6-7 17.00	0,1,00	275,13	24,8	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12983	1559						
92-6-7 18.00	0,1,00	275,17	23,5	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12983	1559						
92-6-7 19.00	0,1,00	275,21	22,6	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12983	1559						
92-6-7 20.00	0,1,00	275,25	21,6	0,00	0,0	1	0	4489,22	20201,5	12984	1559						
92-6-7 21.00	0,1,00	275,29	20,6	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12984	1559						
92-6-7 22.00	0,1,00	275,33	19,3	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12984	1559						
92-6-7 23.00	0,1,00	275,38	17,7	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12984	1559						
92-8-8 0.00	0,1,00	275,42	16,8	0,00	0,0	0	0	4489,22	20201,5	12984	1559	0,00	0,00	0,000	0,083	0,000	18,8

Underlag för beräkning av systematiskt fel i radiatorkretsens värmemängdsmätutrustning.

Relativt fel vid mätning av värmemängd i tappvarmvatten

Temperaturgivarna är placerade i inlopp och utlopp på varmvattenberedaren. Förutsättningen för att integreringsverket ska fungera är att det samtidigt finns både flöde och temperaturdifferens. När varmvattentappningen upphör upphör också värmemätningen. Temperaturgivarnas tröghet gör att det tar en viss tid från det att tappning börjar tills givarens temperatur ändrats från begynnelsestemperaturen till varmvatten- respektive kallvatten-



temperaturen. Ovanstående figur illustrerar detta. Den övre heldragna kurvan är givarens i varmvattenledningen temperatur. Den undre heldragna kurvan är givarens i kallvattenledningen temperatur. De streckade linjerna visar varmvattnets respektive kallvattnets temperatur. Det förutsätts att temperaturen vid varma och kalla givaren är lika med utgående varmvattens respektive inkommande kallvattens temperatur from det ögonblick tappning påbörjas. Varmvattentappning börjar vid tiden $t=0$ och upphör vid tiden $t=60$ sekunder.

I följande härledning används nedanstående beteckningar:

T_v = varmvattentemperatur

T_k = kallvattentemperatur

G_v = begynnelsestemperatur för givare i varmvattenledning

G_k = begynnelsestemperatur för givare i kallvattenledning

τ = temperaturgivarnas tiskonstant

t = tid

T = givartemperatur

För givarens i varmvattenledningen temperatur, T , gäller:

$$\frac{dT}{dt} = k(T_v - T)$$

där $k > 0$. Separering och integration ger:

$$\ln|T_v - T| = -kt + C_1$$

Exponentiering ger:

$$e^{\ln|T_v - T|} = e^{-kt + C_1} = e^{-kt} \cdot C_2 \rightarrow T = T_v - e^{-kt} \cdot C_2$$

Vid tiden $t=0$ är $T=G_v$ vilket ger $C_2 = T_v - G_v$. Sätts $k=1/\tau$ kan man skriva:

$$T = T_v - (T_v - G_v)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

På samma sätt blir givarens i kallvattenledningen temperatur som funktion av tiden:

$$T = T_k - (T_k - G_k)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Arean mellan de båda givarnas temperaturkurvor är proportionell mot uppmätt energi under en varmvattentappning som varar t_1 sekunder. Denna area kan beräknas som:

$$\int_0^{t_1} [T_v - (T_v - G_v)e^{-\frac{t}{\tau}}] dt - \int_0^{t_1} [T_k - (T_k - G_k)e^{-\frac{t}{\tau}}] dt =$$
$$t_1 (T_v - T_k) + \tau (e^{-\frac{t_1}{\tau}} - 1) (T_v - T_k - (G_v - G_k))$$

Det relativa felet i energimätningen definieras som:

$$\epsilon = \frac{\text{uppmätt energi} - \text{verklig energi}}{\text{verklig energi}}$$

Kvantiteten $(T_v - T_k)t_1$ är proportionell mot verklig energimängd. Relativa felet kan då skrivas som:

$$\frac{t_1 \cdot (T_v - T_k) + \tau \cdot (e^{-\frac{t_1}{\tau}} - 1) \cdot (T_v - T_k - (G_v - G_k)) - t_1 \cdot (T_v - T_k)}{t_1 \cdot (T_v - T_k)} =$$

$$\frac{\tau \cdot (e^{-\frac{t_1}{\tau}} - 1) \cdot (T_v - T_k - (G_v - G_k))}{t_1 \cdot (T_v - T_k)}$$

Datum och tid för registrering	Tid mellan registreringar (d.h.m)	Tid sedan mätningen påbörjades (dygn)	Medeltemperatur ute mellan registreringar [°C]	Gasförbrukning mellan registreringar [m3]	Gasförbrukning mellan registreringar [kWh]	Radiatorsystemets förbrukning mellan registreringar [kWh]	Tappvarmvattenförbrukning mellan registreringar [kWh]	Total gasförbrukning sedan mätningarna påbörjades [m3]	Total gasförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Total värmeförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Total värmvattenförbrukning sedan mätningarna påbörjades [kWh]	Dygnsmedelverkningsgrad	Korrigerad dygnsmedelverkningsgrad	Dygnsmedel-effekt gas [kW]	Dygnsmedel-effekt värme [kW]	Dygnsmedel-effekt varmvatten [kW]	Dygnsmedeltemperatur [°C]
92-2-16 0.00	0,1,00	162,42	-3,7	1,15	5,2	4	0	2914,42	13114,9	8598	926	0,72	0,70	3,998	2,792	0,083	-2,1
92-2-16 1.00	0,1,00	162,46	-3,8	2,37	10,7	8	0	2916,79	13125,6	8606	926						
92-2-16 2.00	0,1,00	162,50	-3,2	1,26	5,7	4	0	2918,05	13131,2	8610	926						
92-2-16 3.00	0,1,00	162,54	-3,2	0,00	0,0	0	0	2918,05	13131,2	8610	926						
92-2-16 4.00	0,1,00	162,58	-3,8	1,50	6,8	5	0	2919,55	13138,0	8615	926						
92-2-16 5.00	0,1,00	162,63	-4,3	2,40	10,8	9	0	2921,95	13148,8	8624	926						
92-2-16 6.00	0,1,00	162,67	-4,4	1,05	4,7	2	0	2923,00	13153,5	8626	926						
92-2-16 7.00	0,1,00	162,71	-4,5	0,00	0,0	1	0	2923,00	13153,5	8627	926						
92-2-16 8.00	0,1,00	162,75	-4,5	2,05	9,2	7	0	2925,05	13162,7	8634	928						
92-2-16 9.00	0,1,00	162,79	-4,6	2,34	10,5	8	0	2927,39	13173,3	8642	926						
92-2-16 10.00	0,1,00	162,83	-5,0	0,68	3,1	2	0	2928,07	13176,3	8644	926						
92-2-16 11.00	0,1,00	162,88	-4,7	0,00	0,0	0	0	2928,07	13176,3	8644	926						
92-2-16 12.00	0,1,00	162,92	-3,8	2,06	9,3	7	0	2930,13	13185,8	8651	926						
92-2-16 13.00	0,1,00	162,96	-2,8	2,13	9,8	6	0	2932,26	13195,2	8657	928						
92-2-16 14.00	0,1,00	163,00	-2,4	0,01	0,0	1	0	2932,27	13195,2	8658	928						
92-2-16 15.00	0,1,00	163,04	-2,5	0,00	0,0	0	0	2932,27	13195,2	8658	926						
92-2-16 16.00	0,1,00	163,08	-2,4	1,65	7,4	5	0	2933,92	13202,6	8663	926						
92-2-16 17.00	0,1,00	163,13	-2,4	2,37	10,7	8	2	2936,29	13213,3	8672	928						
92-2-16 18.00	0,1,00	163,17	-3,1	2,34	10,5	7	7	2938,83	13223,8	8679	935						
92-2-16 19.00	0,1,00	163,21	-3,7	2,33	10,5	6	1	2940,96	13234,3	8685	938						
92-2-16 20.00	0,1,00	163,25	-4,0	2,35	10,6	1	8	2943,31	13244,9	8686	945						
92-2-16 21.00	0,1,00	163,29	-4,4	2,17	9,8	1	0	2945,48	13254,7	8687	945						
92-2-16 22.00	0,1,00	163,33	-4,6	2,03	9,1	5	0	2947,51	13263,8	8692	945						
92-2-16 23.00	0,1,00	163,38	-4,4	2,31	10,4	8	0	2949,82	13274,2	8700	945						
92-2-17 0.00	0,1,00	163,42	-3,8	0,28	1,3	1	0	2950,10	13275,5	8701	945	0,76	0,75	6,890	4,292	0,782	-3,8

Organisationen av mätdata i kalkylarket.

Värmeförluster från varmvattenberedaren

Mätdata från ett antal sommar dygn med obetydligt värmebehov och ingen varmvattentappning har använts för att beräkna storleken på varmvattenberedarens förluster. Beräkningarna utgår från perioden 92-07-11 tom 92-07-21. Pannverkningsgraden har satts till 0,75.

Förbrukad gasmängd under perioden har till största delen gått till att täcka varmvattenberedarens förluster. Den värmeförbrukning som uppmäts i radiatorkretsen är i huvudsak ett utslag av det systematiska felet för radiatorkretsens värmemätningssutrustning. Detta systematiska fel är ca 2,3 kWh per dygn. Eftersom ingen varmvattentappning förekommit kan varmvattenberedarens förluster skrivas som:

$$Q_{förl} = Q_{gas} \cdot \eta - (Q_{rad} - n \cdot 2,3)$$

Där:

Q_{gas} = energiinnehåll i tillförd gas

η = pannverkningsgraden = 0,75

Q_{rad} = uppmätt energiförbrukning i radiatorkretsen

n = antal dygn

De uppmätta värdena finns sammanställda i nedanstående tabell. Formeln ovan ger:

$$\begin{array}{c}
 47,7 \cdot 0,75 - (29 - 11 \cdot 2,3) = 32,1 \text{ kWh} \\
 \downarrow \\
 2,9 \frac{\text{kWh}}{\text{dygn}} \\
 \downarrow \\
 \approx 120 \text{ W}
 \end{array}$$

Ett typiskt värde på förlusterna för varmvattenberedare är 200-300 W enligt [Mortensen]. Varmvattenberedaren kan alltså anses väl isolerad.

Datum	Q_{gas} [kWh]	Q_{rad} [kWh]
92-07-11	3,1	3
92-07-12	4,8	2
92-07-13	4,1	3
92-07-14	3,3	2
92-07-15	4,9	3
92-07-16	4,9	3
92-07-17	5,0	2
92-07-18	4,9	3
92-07-19	4,8	3
92-07-20	3,2	2
92-07-21	4,7	3
Summa	47,7	29

93-01-14

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
001	Systemoptimering vad avser ledningstryck	Apr 91	Stefan Grudén TUMAB	100
002	Mikrokraftvärmeverk för växthus. Utvärdering	Apr 91	Roy Ericsson Kjessler & Mannerstråle AB	100
003	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 3	Apr 91	Svenskt Gastekniskt Center AB	100
004	Krav på material vid kringfyllnad av PE-gasledningar	Apr 91	Jan Molin VBB VIAK	50
005	Teknikstatus och marknadsläge för gasbaserad minikraftvärme	Apr 91	Per-Arne Persson SGC	150
006	Keramisk fiberbrännare - Utvärdering av en demo-anläggning	Jan 93	R Brodin, P Carlsson Sydkraft Konsult AB	100
007	Gas-IR teknik inom industrin. Användnings- områden, översiktlig marknadsanalys	Aug 91	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	100
008	Catalogue of gas technology RD&D projects in Sweden (På engelska)	Jul 91	Swedish Gas Technology Center	100
009	Läcksökning av gasledningar. Metoder och instrument	Dec 91	Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
010	Konvertering av aluminiumsmältugnar. Förstudie	Sep 91	Ola Hall, Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
011	Integrerad naturgasanvändning i tvätterier. Konvertering av torktumlare	Sep 91	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	100
012	Odöranter och gasolkondensats påverkan på gasrörssystem av polyeten	Okt 91	Stefan Grudén, F. Varmedal TUMAB	100
013	Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare	Okt 91	Michael Johansson Driftekniska Instüt. vid LTH	150
014	Modern gasteknik i galvaniseringsindustri	Nov 91	John Danelius Vattenfall Energisystem AB	100
015	Naturgasdrivna truckar	Dec 91	Asa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
016	Mätning av energiförbrukning och emissioner före o efter övergång till naturgas	Mar 92	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	50

93-01-14

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
019	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Glostorp, Malmö. Uppföljningsprojekt	Maj 92	Fallsvik J, Haglund H m fl SGI och Malmö Energi AB	100
020	Emissionsdestruktion. Analys och förslag till handlingsprogram	Jun 92	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
021	Ny läggningsteknik för PE-ledningar. Förstudie	Jun 92	Ove Ribberström Ove Ribberström Projektering AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center AB	150
023	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Lillhagen, Göteborg. Uppföljningsproj.	Aug 92	Nils Granstrand m fl Göteborg Energi AB	150
024	Stumsvetsning och elektromuffsvetsning av PE-ledningar. Kostnadsaspekter.	Aug 92	Stefan Grudén TUMAB	150
025	Papperstorkning med gas-IR. Sammanfattning av ett antal FUD-projekt	Sep 92	Per-Arne Persson Svenskt Gastekniskt Center	100
026	Koldioxidgödsling i växthus med hjälp av naturgas. Handbok och tillämpn.exempel	Aug 92	Stig Arne Molén m fl	150
027	Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall	Okt 92	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult	150
028	Stora gasledningar av PE. Teknisk och ekonomisk studie.	Okt 92	Lars-Erik Andersson, Åke Carlsson, Sydkraft Konsult AB	150
029	Catalogue of Gas Techn Research and Development Projects in Sweden (På engelska)	Sep 92	Swedish Gas Technology Center	150
030	Pulsationspanna. Utvärdering av en demo-anläggning	Nov 92	Per Carlsson, Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	150
031	Detektion av dräneringsrör. Testmätning med magnetisk gradiometri	Nov 92	Carl-Axel Triumf Triumf Geophysics AB	100



Svenskt Gastekniskt Center AB

Box 50525, 202 50 MALMÖ

Telefon: 040-700 40

Telefax: 040-30 50 82