



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

R119:1979

**Flexibelt ackumulator-
system för vattenburen
värme vid småhus**

Hilding Brosenius

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Byggforskningen

R119:1979

FLEXIBELT ACKUMULATORSYSTEM FÖR
VATTENBUREN VÄRME VID SMÅHUS

Hilding Brosenius

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
750491-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till institutionen för byggnadsekonomi och
byggnadsorganisation, KTH, Stockholm.

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

R119:1979

ISBN 91-540-3110-9
Statens råd för byggnadsforskning

LiberTryck Stockholm 1979 957233

INNEHÅLL

A1	ALLMÄNNA SYNPUNKTER	5
A2	"AKA"-SYSTEMET - AUTOMATIKSTYRT KONVER- TIBLELT ACKUMULATÖRSYSTEM	15
A3	KAN EN "AKA-INSTALLATION" LÖNA SIG? . . .	18
A4	TEKNISK DETALJBESKRIVNING AV AKA-SYSTEMET	24
A5	AKA-SYSTEMETETS FUNKTION VID OLJEELDNING	27
	Föruppvärmning av pannan	30
	Återuppladdning av ackumulatören	31
	Avkylning av värmepannan	33
A6	AKA-SYSTEMETS FUNKTION VID VEDELNING . .	35
A7	AKA-SYSTEMETS FUNKTION VID ANDRA TYPER AV FASTA BRÄNSLEN	37
A8	AKA-SYSTEMETS FUNKTION VID EL-UPPVÄRMNING	37
A9	AKA-SYSTEMETS FUNKTION VID SOLVÄRME- UPPVÄRMNING	39
A10	AKA-SYSTEMETS FUNKTION VID EVENTUELLA FEL	41
A11	MÄTUTRUSTNING FÖR AKA-SYSTEMET I PROV- HUS E.L.	42
A12	MÄTRESULTAT FÖR AKA-SYSTEMET FRÅN PROVHUS	49
A13	DETALJREDOVISNING AV AKA-SYSTEMETS VERK- NINGSGRAD ENLIGT PROVNINGAR I PROVHUSET	56
	a) Värmepannans energiinnehåll vid olika temperaturer	57
	b) Ackumulatörens energiinnehåll vid olika temperaturer	64
	c) Värmepannans egenförluster som funktion av temperatur och tid	70
	d) Ackumulatörens egenförluster som funktion av temperatur och tid	74
	e) Oljepannans resp. AKA-systemets verk- ningsgrad	77
A14	AKA-SYSTEMETS EKONOMI. JÄMFÖRELSE MED ANDRA VÄRMESYSTEM	85

Flexibelt ackumulatorsystem för vattenburen värme vid småhus

A 1. Allmänna synpunkter

I Sverige finns f.n. i runt tal 1.300.000 småhus, av vilka fortfarande närmare 900.000 hus uppvärms med någon form av oljeeldning och ca 400.000 hus med elvärme, i regel enligt system s.k. direktverkande elvärme. Nybyggda småhus har under senare år - med nedan angivna undantag - till största delen försetts med system för direkt elvärme.

Här föreliggande rapport avser en teknisk och ekonomisk redovisning för fullskaleprovningar av ett uppvärmningssystem för småhus, som avses att med hög verkningsgrad kunna tillämpas för både oljevärme, elvärme, vedeldningsvärme, solvärme och andra värmeformer. En meningsfull sådan redovisning är dock inte möjlig utan att först relativt ingående behandla bakgrunden till det enligt rapporten utvecklade värmesystemet.

Mycket kort uttryckt kan denna bakgrund sammanfattas så här: Författaren har sedan länge ansett det vara olyckligt och alltför riskfullt inför en svårbedömbart framtid att "lägga alla ägg i en korg", i det här fallet att utföra de flesta småhus med ett enbart för elvärmeenergi användbart värmesystem, direkt elvärme. Att man i vissa avseenden i hög grad varit på väg mot en utveckling enligt sistnämnda tendens kan illustreras av att i Stockholmsområdet år 1975-76 utfördes omkring 95 % av nybyggda småhus med system direkt elvärme.

Författaren har därför sedan länge argumenterat för att småhusen i stället borde förses med ett möjligast flexibelt värmesystem, användbart för olika energiformer.

I mycket koncentrerad form kan det väsentligaste i denna argumentering återges från en sammanfattning i tidskriften Byggmästaren 1970 nr 10 av författarens Byggforskningsrapport R 32/1970, "Energival vid småhusuppvärmning", varur må citeras:

"Författaren hävdar bl.a. den uppfattningen att permanentbebodda småhus bör utbyggas för ett flexibelt värmesystem med

vattenburen värme som kan drivas både med elenergi och med andra energiformer." "Enligt en huvudtes i originalskriften bör de (värmearläggningarna) emellertid anordnas så att de av trygghetsskäl möjliggör uppvärmning också med andra energiformer, t.ex. olja, gas, fasta bränslen eller t.o.m. fjärrvärme, med andra ord att de utförts med hög grad av flexibilitet. Detta får dock inte öka nuvarande vare sig installations- eller driftkostnader för värmesystemet".

Den "filosofi" som legat bakom dessa synpunkter har också presenterats i nyssnämnda byggforskningsrapport, varur må ytterligare citeras (viss understrykning nedan är dock gjord nu):

"Den vid sidan av de relativt höga energikostnaderna allvarligaste nackdelen hos "direkt elvärme" är att detta system för all framtid - försåvitt inte omfattande och dyrbara ombyggnader av hela värmesystemet och delar av husstommen äger rum - låser resp. byggnad till en enda energiform och en enda energileverantör. Detta kan innebära riskmoment med hänsyn till handelsavspärrningar, kraftransoneringar, aggregat-haverier (!!!), ledningsbrott m.m. Ett flexibelt värme-system med vattenburen värme, som kan uppvärmas både elektriskt och med andra energiformer, innebär inga jämförliga riskmoment. Tillgången till eldstad med skorsten vid värmearläggningar för vattenburen värme med lokal förbränning av bränslen är en trygghetsfaktor och har också en del andra fördelar". Jämför dock vad ovan sagts om motsvarande kostnader.

Den nu återopade "filosofin" har författaren senare sökt argumentera för i en rad andra artiklar i VVS och andra tidskrifter, ehuru länge utan synliga resultat. Det kan vara motiverat att här återge ännu ett sådant tidskriftscitat för att ytterligare klargöra idébakgrunden till det här rapporterade forsknings- och utvecklingsarbetet. Citatet är hämtat från en artikel med rubriken "Flexibel småhusuppvärmning, ett sätt att spara energi", som är publicerad i septembernumret 1973 av VVS. Artikelnen är följaktligen skriven minst ett par månader tidigare, med andra ord kort tid före 1973/74 års

"oljekris", och därur må citeras:

"Det är framförallt två omständigheter som skapat farhågor inför framtiden, nämligen dels allvarliga varningsord om kärnkraftverkens miljörisiker, och dels signalerna om pris-höjningar och leveransnedskärningar från oljestaterna i Mellanöstern" "Därför är det särskilt viktigt att småhuset redan från början får ett värmesystem som kan anpassas till den framtida utvecklingen under husets livslängd En lösning förefaller vara att ge småhuset en "flexibel" uppvärmningsform"

Det visade sig emellertid vid angiven tidpunkt (1973) vara ganska hopplöst att argumentera för ett ur framtida trygghetssynpunkt säkrare värmesystem, ett "flexibelt system", och den enbart för el användbara direkta elvärmen fortsatte minst tre år till sitt "segertåg" i både nybyggda och åtskilliga befintliga småhus. Det var först kring slutet av 1976 som mera genomgripande ändringar av praxis för värmesystem började göra sig gällande.

Det framgår emellertid också av ovan citerade formuleringar, att författaren inte argumenterat mot elvärme som sådan - tvärtom inledes byggforskningsrapporten med konstaterandet "Framställningen i denna rapport utgår som en avgörande förutsättning från att elektrisk uppvärmning av permanentbebodda småhus av vissa storleksklasser utgör ett helt nödvändigt alternativ, om särskilt de framtida energiproblemen överhuvudtaget skall kunna nöjaktigt lösas". Det är alltså inte gentemot elvärmen som sådan utan endast mot den ensidiga direktverkande elvärmen som den nyssnämnda "filosofin" riktar sig.

Det kanske också bör framhållas att "filosofin" inte avsett att inrikta arbetet på undersökningar av och jämförelser mellan befintliga tekniska system. Den har i stället uttryckligen inriktats på att söka finna nya tekniska lösningar, som i möjligaste mån undviker de kända systemens nackdelar - eller åtminstone en del av dem.

Däremot skall här medges, att författaren i sin BFR-rapport från 1970 givit uttryck för en viss skepticism betr. utbyggnaden av kärnkraften. I rapporten påpekas exempelvis att en del färska erfarenhetssiffror från USA "indikerar en avsevärd stegring av kärnkraftkostnaderna under senare tid". I ett annat sammanhang betonas den osäkerhet som en någorlunda erfaren konstruktör alltid känner gentemot både kostnader och funktioner hos otillräckligt prövade nya system: "Överraskningar är emellertid inte uteslutna, och det kan vara svårt att idag i alla avseenden förutse utvecklingen under så långa tider framåt, som motsvarar livslängden för husbyggnader och i dem anordnade uppvärmningssystem".

Härav dras en slutsats, som kursiverats i 1970 års rapport: "Nu nämnda förhållanden understryker ytterligare angelägenheten ur konsumentens synpunkt av att utforma uppvärmningssystem så, att de utan ändringar eller ombyggnader kan på ett ekonomiskt sätt utnyttja olika, respektive under varje tidsperiod mest ekonomiska energiformer".

Denna slutsats har varit i hög grad styrande för utformningen av det värmesystem, som kommer att behandlas i denna rapport.

I en del kretsar, där man länge ansett direkt elvärme försörjd med kärnkraft vara den självklara lösningen på småhusens uppvärmningssystem, uppfattades helt naturligt den här citerade slutsatsen som uttryck för bristande förståelse för modern teknik. Den ganska återhållna skepticism gentemot kärnkraftens pålitlighet, som jag gav uttryck för redan i min BFR-rapport från 1970, har dock gång på gång accentuerats av olika skeenden.

Ett sådant skeende, som fått en oväntad belysning av dagsaktuella händelser när detta skrives (slutet av mars 1979), var den stora konferens betr. kärnkraftens säkerhet, som för några år sedan anordnades av Vattenfall med närvaro av olika internationella experter, bl.a. upphovsmannen själv till den kända s.k. Rasmussenrapporten. Enligt denna rapport, som vid konferensen

åberopades med påtaglig vördnad och respekt, var sannolikheten för en större kärnkraftolycka otroligt liten; tyvärr har jag när detta skrives inte - som jag borde - tillgång till exakta siffror, men enligt min minnesbild ansågs sannolikheten ifråga ungefär vara av storleksordningen en på miljonen under 1000 reaktorår. Oavsett vilken den riktiga siffran vore förundrade jag mig vid denna konferens mest över att både Rasmussen-rapporten och de som talade vid konferensen med sådan påtaglig grad av "själv-säkerhet" ansåg sig kunna bedöma sannolikheterna av en olycka, när man i själva verket av naturliga skäl hade ringa statistiskt underlag för sina sannolikhetsbedömningar. Ändå har, såvitt jag som lekman på området uppfattat frågan, Rasmussen-rapporten länge för "kärnkraftsetablissemang" fungerat som ett slags bibel i vad avser kärnkraftsäkerhet. Nu har det visat sig att en högst betydelsefull osäkerhetsfaktor vid reaktordrift inte alls på förhand analyserats och sålunda inte heller kunnat beaktas i Rasmussen-rapporten! "Överraskningar är emellertid inte uteslutna" skrev jag i min BFR-rapport från 1970. En sådan överraskning har tydligen nu inträffat.

Den här omnämnda skepticismen gentemot förhandsvis dock alltid svärbedömbara frågor har emellertid inte inneburit något bestämt ställningstagande som sådant mot kärnkraftens tillämpning. I stället var det den allmänna kännedomen redan på 1960-talet om oljetillgångarnas framtida knapphet, som initierade författarens intresse för sökande av lösningar för uppvärmningsanordningar vid småhus, som inte var beroende av en enda energiform. Om oljan "tar slut" är det ju nämligen svårt att inom rimlig framtid kunna finna andra realistiska ersättningar för oljeenergin än just kärnkraften. Men USA-olyckan förefaller extra skrämmande eftersom den inträffade vid ett alldeles nytt kraftverk. Man frågar sig vad som kan hända om några år när korrosionen hunnit försvaga ingående komponenter?

Betydelsefullt för valet av uppvärmningsformer är emellertid, att olyckans konsekvenser ökar kärnkraftens och därmed el-energens kostnader.

Författarens argumentering för ett flexibelt system för vattenburen värme väckte emellertid på sin tid - för att använda ett betydande understatement - avsevärt missnöje från ledande företrädare för direkt elvärme, framfört både i tidskrifts-

artiklar och på annat sätt. Det kan förefalla omotiverat att här erinra om detta, men i själva verket har motståndet från inflytelserika kretsar mot vattenburen värme, inbegripet vattenburen elvärme, utomordentligt kraftigt försenat både utvecklingen av det värmesystem som omfattas av denna rapport och en mera allmän tillämpning av vattenburen individuell värme vid småhus. Inte minst har kostnadsrelationerna presenterats på sådant sätt, att vattenburen värme av byggarna uppfattats som ointressant.

Denna inställning har varit rådande under en ganska lång följd av år, men det anmärkningsvärda är att relativt nyligen en markant omsvängning synes ha ägt rum. Detta framgår bl.a. av en intressant artikel i tidskriften VVS-Forum nr 1 1979, där en undersökning gjorts av de större trähusfabrikernas val av uppvärmningssystem för nybyggda småhus. Denna undersöknings resultat framgår av följande citat ur tidskriftsartikeln:

"Den direktverkande elvärmen har minskat kraftigt de två senaste åren i de nybyggda småhusen Främsta skälet till att andelen direktelvärmda småhus gått ner kraftigt torde vara att småhusfabrikanterna - men även konsumenterna - har lyssnat till argumenten för vattenburen värme. Denna förändring innebär dock inte att elvärmen har försvunnit. Tvärtom tycks den väl hålla sin andel i de förtillverkade småhusen.... Vad som hänt är att man i mycket stor utsträckning övergått från direktverkande till vattenburen elvärme (elpanna)."

De här återgivna undersökningsresultaten framstår som högst intressanta om man jämför dem med tendenserna bara ett par år tidigare. Då dominerade den direkta elvärmen i stora områden nästan totalt. Det förefaller som början till den radikala omsvängningen från direktverkande till vattenburen elvärme på allvar började göra sig gällande fr.o.m. hösten 1976 -
- dessförinnan hade nämligen de främsta företrädarna för direkt elvärme ett dominerande inflytande på åsiktsbildningen i denna speciella fråga och därmed också på valet av uppvärmningssystem.

Undersökningsresultaten ifråga är emellertid intressanta även ur en annan synpunkt. Ett av de väsentligaste argumenten

för vattenburen värme är trygghetssynpunkten; vattenburen värme kan nämligen i motsats till direkt elvärme användas för distribution av alla energiformer. En slutsats av den citerade undersökningen är emellertid att man ur trygghetssynpunkt hittills endast gått halvvägs. Ett värmesystem av typ vattenburen elvärme med en elpanna som enda värmekälla är vid strömavbrott precis lika otryggt som system direkt elvärme - brytes strömtillförseln fungerar vattenburen elvärme lika litet som direkt elvärme. Skillnaden är dock den, att den vattenburna elvärmens - om tiden så medger - någorlunda enkelt låter sig kompletteras med anordningar för uppvärmning med andra energiformer. Vid hus med direkt elvärme är detta inte möjligt utan en genomgripande ombyggnad av hela värmesystemet - och därmed i regel också för- enade stora ingrepp i själva byggnadsstommen.

Enligt författarens mening har trygghetsfrågans betydelse alltför länge betänkligt underskattats. Man har i stort sett baserat sitt handlande på tesen "hittills har ju allt gått bra".

Men kommer det alltid att "gå bra"? En - låt vara geogra- fiskt begränsad - påminnelse om de svårigheter som en enbart på elvärme baserad värmeförsörjning vid småhus kan vålla har årets snövin- ter i Skåne lämnat.

Betydligt allvarligare konsekvenser kan det bli genom bortfall av centrala anläggningar av typ kärnkraftverk, fjärr- värmeverk o.d. Vi är visserligen vana vid att hittills inga allvarligare störningar i sådana avseenden ägt rum, men anlägg- ningarna ifråga är onekligen både känsliga och lockande mål för framtida sabotage- och terroraktioner i fredstid och krigshand- lingar i krigstid. Kärnkraftanläggningarna representerar härvid- lag en ny typ av "terroristmål", om vilka man hittills har otill- räcklig erfarenhet. De av allt att döma mycket små tekniska riskerna vid kärnkraften vållar ju f.n. världsomfattande be- tänkligheter - sabotage- och terroristhandlingar mot kraft- och fjärrvärmeverk förefaller i nutiden kunna vara betydligt sanno- likare än kärnkraftolyckor. (Detta skrevs dock före kärnkraft- olyckan i USA kring 1 april 1978.)

Konsekvenserna av en längre tids bortfall av större centrala anläggningar, som svarar för en hel bygds uppvärmning, kan ju egentligen bli ganska skrämmande. Om ett sådant bortfall inträffar under en vinterperiod liknande den under vintern 1978/79 kan det bli mycket svårt att klara sönderfrysning av vattenförande ledningar m.m. i tusentals småhus, som endast uppvärms via centralt producerad värme och som inte har reservanordningar för uppvärmningen. För att nu inte tala om problemen betr. själva boendeklimatet! Nu har vi hittills inte haft egentliga erfarenheter av energibortfall av nu antydd art och man har väl därför också hittills varit benägen att bortse från risken från dylika händelser. Detta hindrar dock inte att de kan inträffa i framtiden.

De "bakgrundssynpunkter", som härovan anförts, har som redan antytts varit styrande för utvecklingen av det uppvärmningssystem som avses i denna rapport, men de utgör också en förklaring till att det dröjt så länge med utvecklingen av detta system. I själva verket har lång tid förflutit innan för praktisk provning av systemet lämpat småhus stått till förfogande.

Först våren 1975 öppnade sig en mera begränsad möjlighet för fullskaleprovning av det här aktuella systemet genom att en av mina elever vid KTH, som utfört examensarbete under min ledning inom ämnesområdet, numera civilingenjören Erik Lundström, doktorandstuderande vid institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation vid KTH, 1975 skulle börja uppföra ett småhus som egen bostad. Han hade i samband med examensarbetet fattat intresse för det "flexibla värmesystemet". Huset ifråga har - till största delen av Erik Lundström själv - byggts under åren 1976-78.

Det av Erik Lundström uppförda småhuset, fig. 1 a-b, i fortsättningen benämnt "Provhus E.L.", har ur en rad synpunkter visat sig mycket lämpligt för här aktuella provningar. Inte minst viktigt har dock varit Erik Lundströms positiva intresse att underkasta både sig själv och sin familj de obestridliga besvär - och också ett tekniskt och ekonomiskt personligt risktagande -



Fig. 1 a-b. Exteriör av egnahemsbyggnad för civilingenjör Erik Lundström. Byggnaden har fungerat som provhus för värmesystemet enligt föreliggande rapport. Fig. 1a Exteriör från entrésidan, 1b från gårdssidan.



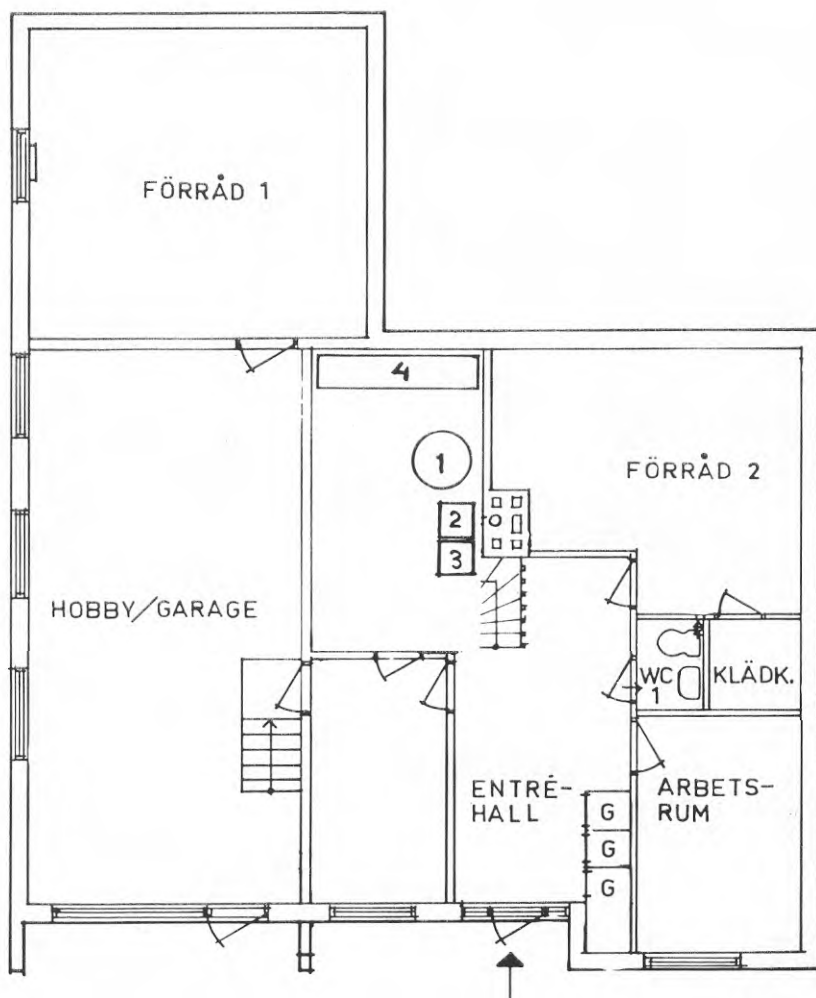


Fig. 1 c. Källarplan för Erik Lundströms egnahemsbyggnad och tillika provhus för föreliggande värmesystem. Fri takhöjd i garage och bredvidliggande pannrum 3,50 meter.

1. Ackumulator
2. Oljevärmepanna
3. Elpanna
4. Oljetank

som installerandet i hans småhus av ett annorlunda värmesystem och en omfattande provningsverksamhet betr. detta skulle innebära. I själva verket har erfarenheterna under den gångna tiden visat, att genomförda mycket varierande provningar skulle ha varit praktiskt taget helt omöjliga att genomföra om de måst utföras i ett av "vanliga" småhusägare bebott småhus.

Provningarna har nu ytterligare underlättats av att ingenjör Lundström i sin egenskap av tekniker själv kunnat utföra de behövliga mätningarna i "provhuset" och att han anskaffat kompletterande och delvis avancerad mätutrustning (främst genom lån från olika KTH-institutioner), och därjämte på basis av provningsresultaten bidragit med många betydelsefulla uppslag för systemets ytterligare utveckling och förbättring.

Erik Lundström har också genomfört den ingående analys av provningsresultaten och de omfattande beräkningar, som legat till grund för avsnittet om systemets verkningsgrad i mom. A 13 av rapporten.

A 2. "AKA"-systemet - Automatikstyrt Konvertibelt Ackumulatorsystem.

De härovan angivna bakgrunds- tankegångarna har resulterat i ett uppvärmningssystem, som t.v. givits arbetsnamnet "AKA-systemet" efter initialerna i en karaktäriserande benämning. I denna anger "Automatikstyrt" att systemets speciella energibesparande anordningar styrs automatiskt av ett enkelt elektriskt styrsystem. "Ackumulatorsystem" anger självfallet att en ackumulator är en väsentlig del av systemet. Benämningen "Konvertibelt" vill markera att ett väsentligt syfte med systemet har varit att utforma ett uppvärmningssystem för småhus, som utan egentliga ändringar är förmånligt anpassbart för alla tänkbara energiformer: olja, el, gas, kol, ved, solvärme, vindenergi, värmeväxlarvärme från fjärrvärme, värmepumpvärme m.m. I en så svårbedömbad energi-framtid som den nuvarande har sådan flexibilitet ansetts särskilt angelägen och ur trygghetssynpunkt värdefull. Att här valts benämningen "Konvertibelt" i stället för det i svenskt språkbruk kanske vanligare "Flexibelt" beror på att den förra benämningen bättre överensstämmer med det

internationellt mera gångbara "convertible".

Benämningen "AKA-systemet" har därför ansetts som ett kortfattat men rätt väl karaktäriserande arbetsnamn på systemet och kommer därför fortsättningsvis att ofta användas.

Eftersom en förstäelig beskrivning av AKA-systemets detaljfunktion tyvärr måste bli ganska omfattande och därför rätt svåröverskådlig - beskrivningen blir betydligt mera komplicerad än den faktiska funktionen - skall här först ges en kortfattad översikt över systemets viktigaste principer.

En sådan har redan omnämnts: Värmesystemet skall vara användbart för värmeproduktion med alla normalt förekommande energiformer. Detta får i och för sig inte betyda att man i värmealstringsanläggningen ansamlar ett flertal olika aggregat, som vart och ett kan användas för viss energiform. Ett självklart krav på värmeanläggningen måste nämligen vara att dess användbarhet för olika energiformer icke på ett oekonomiskt sätt ökar investeringskostnaderna.

För att uppfylla nu nämnda krav utgörs den centrala enheten, "hjärtat", i värmesystemet av en välisolerad vattenackumulator om lämpligen ca 1000 liters volym, som kan uppvärmas via de flesta förekommande energiformer och vars energiinnehåll i sin tur distribueras till ett vattenradiatorsystem eller användes för uppvärmning av husets varmvattenberedare.

Till denna ackumulator är i normalfallet ansluten en i övrigt enkelt utformad konventionell värmepanna, som kan värmas med oljeeldning eller med ved eller med andra fasta bränslen. Till ackumulatören kan också anslutas en ev. framtida solvärmeanläggning, och ackumulatören kan också uppvärmas elektriskt med hjälp av i densamma anbragta elektriska insatspatroner. T.o.m. vindkraftenergi kan användas som tillskottsenergi via elpatroner för lågspänd ström. Eftersom ackumulatören är mycket välisolerad och saknar anslutning till skorsten e.d. är den värmeenergi, som i någon form tillförts ackumulatören, väl skyddad från onyttiga förluster, varför tillnärmelsevis all till-

förd energi kan nyttiggöras för uppvärmning av radiatorcirkulationsvatten och varmvattenberedning.

Dock avger den välisolerade ackumulatorbehållaren viss transmissionsvärme, men dessa värmeförluster kan i regel utnyttjas som nyttig "basvärme", om ackumulatören är placerad i uppvärmt utrymme. Eftersom ackumulatören är både ljudlös, luktlös och brandfri kan den nämligen placeras även i exempelvis bostadsutrymmen. Det är också karakteristiskt för föreliggande system att ackumulatören är med en för flera skilda ändamål användbar cirkulationspump jämte ledningar förbunden med värmepanna eller ev. solvärmesystem. Ackumulatören kan därför placeras på visst avstånd från nämnda värmealstrare.

Akkumulatören kan vidare enligt AKA-systemet kompletteras med vissa i och för sig icke obligatoriska specialanordningar, som möjliggör särskilt hög verkningsgrad vid olje- eller fastbränsleeldning. (Några av dessa anordningar ha patentsökts i bl.a. Sverige, USA och Canada - i USA ha dessa ansökningar f.ö. redan lett till godkända patent). Principen för den viktigaste av dessa specialanordningar kan sägas vara, att värmepannan hålles vid hög temperatur endast under de förhållandevis kortvariga perioder, då ackumulatören uppladdas med hett vatten, men att värmepannan under de i ^{ca 6-8 gånger så} genomsnitt/långa stilleståndsperioderna däremellan genom ett enkelt helautomatiskt förfarande hålles vid låg temperatur obetydligt över rumstemperaturen. Härigenom minskas de vid konventionella värmepannor ganska betydande onyttiga värmeförlusterna under de långvariga lågsäsongperioder (vår, sommar, höst) då pannans nyttiga värmeproduktion är låg men panntemperaturen ändå måste hållas relativt hög.

Detta minskar AKA-systemets onyttiga värmeförluster. Sådana förluster minskas också vid oljeeldning genom att oljebrännaren enligt AKA-systemet vid uppladdning av ackumulatören arbetar i långa, sammanhängande perioder utan de upprepade stopp och starter, som är karakteristiska för konventionella oljeeldningssystem. Den sammanlagda effekten av nu nämnda åtgärder, som kommer att beskrivas mera i detalj i det följande,

blir särskilt hög verkningsgrad både vid oljeeldning och fastbränsleeldning.

AKA-systemet kan i första hand anses avsett för modernisering eller konvertering av redan befintliga småhus med individuella oljeeldningssystem. F.n. finns omkring 900 000 sådana småhus i Sverige, och den husgruppen är därför den ojämförligt största och mest energi- och oljeslukande småhusgruppen. Vid ungefär 1/20 av dessa hus måste årligen befintliga oljepannor ersättas av nya anläggningar av något slag. Samtliga dessa hus har redan system för vattenburen värme. Detta utesluter inte att system för vattenburen värme och därmed ev. också AKA-systemet kan vara lämpliga även vid nybyggda småhus.

A 3. Kan en "AKA-installation" löna sig? - En översikt.

Installerandet av en ackumulator betyder i regel en investeringsmerkostnad relativt ett värmesystem utan ackumulatorn. För att ackumulatorinstallationen skall löna sig måste den alltså medföra lägre driftkostnader eller andra fördelar eller bådadera. I det följande skall några olika tillämpningsfall för AKA-systemet diskuteras.

1) Ett befintligt ("gammalt") på konventionellt sätt oljeeldat småhus med måttlig isoleringsgrad antas förbruka 25 000 kWh/år för uppvärmning och varmvatten. Man vill inför en osäker energi-framtid öka värmesystemets flexibilitet och väljer att komplettera befintlig oljepanna med en 1000-liters ackumulator. Hur ändrar detta det befintliga värmesystemets årskostnader?

Installationen av en sådan ackumulator inklusive s.k. AKA-tillsats antas kosta totalt 7 000:- kr, vilket vid en annuitet av 10 % (motsvarar 8 % ränta och 20 års amortering) ger en tillkommande årskostnad av 700:- kr/år. Genom installationen antas årsmedelverkningsgraden öka från 65 till 85 %. Detta motsvarar att årlig oljeförbrukning ändras från ca 3,8 till 2,9 m³/år, motsvarande en årlig besparing av 0,9 m³/år.

Oljepriset antas idag (lågt räknat!) till 800:- kr/m³ men ökas genom inflation och prishöjningar med, säg, 7 % per år.

Man finner med dessa förutsättningar att medelpriset under en första 10-årsperiod då blir ca 1100:- kr/m³ eller för 0,9 m³ 990:- kr/år. Denna besparing skall jämföras med ovannämnda investeringsmerkostnad 700:- kr/år (som vid fasta lån blir oförändrad i antal kronor räknat under hela amorteringsperioden).

Installationen av ackumulatorn går alltså med angivna antaganden väl "ihop" redan under första 10-årsperioden. Under en andra 10-årsperiod (ackumulatorn har ungefär samma livslängd som ett radiatorsystem eller minst 30 år) blir med samma inflations- eller prisökningsfaktor den eventuellt fortfarande tillgängliga oljans medelpris för besparingsvolymen 0,9 m³/år = 2.170:- kr/år, vilket fortfarande skall jämföras med investeringsannuiteten 700:- kr/år.

Man kan också omräkna ovanstående till jämn "siffermässig ekonomisk balans" mellan investering och oljebesparing. Man finner då under i övrigt oförändrade antaganden, att under en första 10-årsperiod "ekonomisk balans" erhålles vid en besparingsprocent genom ackumulatorn av 15 %. Eftersom verkningsgraden vid tillgång till en sådan kan väl beläggas ligga vid ca 85 % betyder 15 % besparing att en konventionell oljeeldningsanläggning utan ackumulator har en normal årsmedelverkningsgrad av 85 - 15 = ca 70 %. Tillgängliga uppgifter tyder dock på att detta är en ganska hög verkningsgrad för ordinära oljeeldningssystem - som extremexempel kan erinras om att företrädare för "direkt elvärme" ofta i debatten åberopat den s.k. Ekerö-undersökningen om 160 hus, där årsmedelverkningsgraden för oljeeldade småhus angetts till 53 %, (se bl.a. VVS 12/1974).

Nu behövs emellertid egentligen inte alls "ekonomisk balans" enligt ovanstående beräkning för att det skall vara förmånligt att installera en ackumulator. Det finns en hel rad faktorer som därutöver verkar i för en ackumulatorinstallation förmånlig riktning.

En (mindre) sådan är att vid serietillverkning här antagna installationskostnad för en AKA-ackumulator i dagsläget troligen kan avsevärt nedbringas.

En annan är att i den ekonomiska balansen ej medräknats

de minskade servicekostnaderna och den längre livslängd för en oljebrännare som är en följd av den helt annorlunda brännarfunktionen vid användning av en AKA-ackumulator. I sistnämnda fall startar (tänder) en oljebrännare ungefär 1000 gånger per år medan den vid en konventionell panna startar 10-20.000 gånger per år. I genomsnitt motsvarar denna faktor en sannolik besparing genom AKA-ackumulatorn av storleksordningen 200:-kr/år.

En tredje faktor är att inflation och prisstegring på såväl eldningsolja som annan energi förmodligen kommer att bli genomsnittligt större än här antagna 7 % per år. Rent allmänt gäller ju av dessa skäl att en investering, som minskar framtida årskostnader, blir lönsammare för varje år.

Den ojämförligt viktigaste effekten av installationen av en AKA-ackumulator ligger dock på ett annat plan: ökad flexibilitet och ökad uppvärmningstrygghet.

Det är mycket troligt att i en framtid en väsentlig del av uppvärmningen av våra småhus måste tillgodoses med fastbrän-sleeldning (ved eller, som för några decennier sedan, koks). Som närmare belyses i efterföljande mom. Å 6 möjliggör tillgången till en AKA-ackumulator - förutom förbättrad verkningsgrad - högst väsentligt ökad bekvämlighet vid manuell eldning jämfört med eldning i konventionella värmepannor. Här kan nämnas, att förf. i en särskild utredning (dec. 1973) studerat vedenergens kostnader vid sådan eldning som blir aktuell vid ett ackumulatorsystem, och att mycket pekar på att nämnda kostnader pr kWh räknat blir avsevärt lägre än nuvarande oljepriser.

Det är också troligt att solenergi i betydande utsträckning snart måste tillvaratas som bidrag till husuppvärmning. En av de dyraste komponenterna vid solvärmesystem, som hittills brukat åberopas som en väsentlig förklaring till solvärmens hittillsvarande bristande ekonomiska konkurrenskraft, är lagringsanordningen. Denna finns vid tillgång till en ackumulator i vad avser korttidslagring redan tillgänglig. Om uppvärmningsbehovet under sommarhalvåret tillgodoses med solvärme och under vinterhalvåret med ved- eller koksvärme (som också är en form

av lagrad solenergi), kan i vissa fall både olja och elenergi väsentligen undvaras.

Även vid elvärme innebär tillgången till en ackumulator ekonomiska fördelar. Elvärme, som via elektriska insatselement (elpatroner) tillförts ackumulatorns vattenmassa, är där effektivt skyddade från onyttiga värmeförluster genom skorstensdrag, och värmen kan helt komma huset tillgodo. Dessutom möjliggör vid tillgång till billigare nattekraft en ackumulator en betydande magasinering av sådan billigare elenergi.

Ett intressant sätt att i föreliggande fall (vid ursprungligen oljeeldade småhus) utnyttja en ackumulator är vidare att driva värmeanläggningen med olika energiformer under olika perioder. Nära tillhands ligger att driva anläggningen med elvärme under sommarhalvåret inklusive viss vår- och tidig höstperiod, då belastningen på elkraftproduktionen är begränsad. Ett betydande problem vid ren elvärme är ju att tillgodose det starkt ökade effektbehovet under den relativt korta högvintern, då både elproduktionsapparat och ledningssystem är kortvarigt hårt belastade. Vid ren elvärme kan sådana kortvariga perioder med höga effektkrav på ett ogynnsamt sätt dimensionera särskilt lokala distributionsledningssystem, som då under resten av året bli oekonomiskt utnyttjade - för att inte tala om dyrbara förstärkningar av befintliga nät när belastningen ökar genom nya tillskott av elvärme.

Vid tillgång till en AKA-ackumulator kan i sådana fall den bekväma elvärmens användas under större delen av året, medan ved/koks-eldning (eller vid tillgång till olja oljeeldning) tillgripes under en kortvarig högeffektperiod. Genom den ökade bekvämlighet vid fastbränsleeldning, som tillgången till ett ackumulatortsystem erbjuder, kan manuell eldning göras mera attraktiv om den i första hand begränsas till nu nämnda relativt korta perioder, samtidigt som elvärmens avlastas vid topplast.

2) Ett annat betydelsefullt tillämpningsfall representeras av i inledningen till denna rapport nämnda nybyggda småhus, som f.n. i stor utsträckning förses med vattenburen värme men med elpanna som enda värmeproduktionsapparat. Författaren har

i samma inledning påpekat, att ur trygghetssynpunkt är nästan lika olyckligt att förse en större del av det nybyggda småhusbeståndet med enbart med elpanna uppvärmda hus som det vore att förse det med enbart system direktverkande elvärme.

Enligt här framlagt förslag bör nybyggda småhus - som i genomsnitt kan förväntas förbruka en betydligt mindre kvantitet uppvärmningsenergi än befintliga "gamla" småhus - i stället för elpanna (om ca 150 liter) förses med en ackumulator om ca 1000 liter. En sådan ackumulator kan betraktas som en förstorad elpanna - ackumulatorn innehåller nämligen i stort sett samma komponenter som en elpanna. Den ökade volymen vållar marginella merkostnader, här antagna till 1000:- kr per enhet.

Ur trygghetssynpunkt kompletteras emellertid ackumulatorn med en i första hand enbart för fastbränsleeldning utrustad konventionell värmepanna. Inklusiv "AKA-tillsats", rökrör och installation samt volymökningen för elpannan antas merkostnaden för nu nämnda anläggning relativt enbart elpanna till 7.000:- kr, vilket vid 10 % annuitet ger en årlig merkostnad på investeringsidan av 700:- kr/år.

Nu antas att värmepannan under den kallaste tiden under ca två månader eldas med fastbränsle, närmast ved. Här antas enligt förut i denna rapport omnämnd utredning, att vedvärmens drar en kostnad av 7,5 öre/kWh. Då har hänsyn ej tagits till att i många fall kan användas lokalt vedavfall, diverse träavfall m.m., som reducerar kostnaden för den direkt inköpta veden.

För elenergin räknas med dagtaxan för elvärme i Stockholmsområdet, f.n. inkl. fast avgift ca 20 öre/kWh. För den närmaste 10-årsperioden räknas liksom i tillämpningsfallet 1) att samtliga energipriser på grund av inflation och prisökningar ökas med 7 % per år. Man finner med dessa antaganden att vedenergin i medeltal under 10-årsperioden då skulle kosta $1,38 \times 7,5 = 10,35$ öre/kWh och elenergin 27,6 öre/kWh, differens sålunda 17,2 öre/kWh.

För ett energisnålt nybyggt småhus antas totala årliga värmeenergiförbrukningen till 15.000 kWh. Enligt tillgängliga tabellverk förbrukas härav under de två månaderna Dec-Jan. för

både uppvärmning och varmvattenberedning i medeltal ca 27 % av årsförbrukningen eller $0,27 \times 15.000 = 4050$ kWh.

Med angivna kWh-priser och differensen 17,2 öre/kWh mellan dessa motsvarar detta kostnadsskillnaden $4.050 \times 0,172 = 697$:- kr/år. Osäkra faktorer är här både den antagna inflationsprocenten av 7 % och vedprisets utveckling (se därom mera författarens utredning "Några reflexioner om vedbränsle", Dec. 1973) såväl som elprisets utveckling, men rimliga förutsättningar visar dock rent kostnadsmässigt, att investeringen av en fastbränslepanna i huvudsak kan intjänas genom lägre energikostnader under förutsättning att man accepterar manuell eldning under två "högeffekt månader".

Enligt en i annat sammanhang redovisad anordning kan värme-pannan anordnas så, att vid vedeldning erhålles en "braseffekt", som trevnadsmässigt torde kunna försvara det ökade manuella arbetet med vedeldning (som vid tillgång till ackumulator i hög grad underlättande skiljer sig från eldning av konventionell panna). "Braseffekten" innebär bl.a. från bostad synliga eldningsflammar.

Fördelarna av angiven kombination relativt enbart elpanna är emellertid påtagliga: För konsumenten: Värmetrygghet även om både olja och elenergi faller bort. För elproducenten: Avlastning av toppeffektkrav under de två månader, då övriga krav på produktion och distribution av elkraft är som störst.

I vissa fall kan naturligtvis också, när värmepanna finnes, komplettering ske till att också omfatta oljeeldning, men för nybyggnader ökar då investeringarna ofta över det ekonomiskt optimala.

För distributionen av vattenburen värme till husets olika utrymmen vid bortfall av elkraft har utvecklats ett särskilt delvis patentsökt reservsystem, som beskrives i annat sammanhang.

A 4.

Teknisk detaljbeskrivning av AKA-systemet.

I det följande redovisas utförandet av ackumulatorsystemet sådant det hittills utvecklats vid provanläggningen i "Provhus E.L."

I fig. 2 är 1 en i stort sett konventionell olje- eller bränsleeldad värmepanna och 2 en ackumulator i form av en större välisolerad plåttank, vid Provhus E.L. med volymen 1030 liter. Tanken är försedd med en 12 cm tjock mineralullsisolering runtom. Ackumulatorn innehåller upptill en konventionell varmvattenberedare 20 (av förråds- eller genomströmningstyp, vid Provhus E.L. av den senare typen), och ackumulatorn matar också ett i stort sett konventionellt vattenradiatorsystem via hetvattenuttaget 15, shuntventilen 16, cirkulationspumpen 17 och radiatorsystemet 18. Det nedkylda returvattnet från radiatorsystemet återföres vid 19 till botten av ackumulatorn.

Panna och ackumulator är förbundna med ett antal ledningar, som något skiljer sig från konventionella systems. Konventionellt brukar bottenarna i panna och med denna samverkande ackumulator vara förbundna med en ledning, och topparna vara förbundna med en annan ledning. Vid ackumulators uppladdning enligt sistnämnda system strömmar härvid kallare vatten från ackumulatorbotten till pannbotten, där det uppvärms i pannan, varefter det upphettade vattnet från panntoppen återföres till toppen av ackumulatorn. Nackdelen med denna anordning är att den icke väl lämpar sig för oljeeldning emedan pannans eldstadsytor alltför mycket kyles av det tillförda kallare ackumulatorbottenvattnet. Därvid riskeras korroderande kondens av de svavelhaltiga oljeeldningsgaserna mot de relativt kalla eldstadsytorna med åtföljande minskad livslängd för pannan.

Enligt den i fig. 2 visade principen undviks dessa risker. Returvattnet från ackumulatorn till värmepannan uttages dels från en ledning 5, som utgår från en punkt 5a ett stycke ovanför ackumulatorbotten, dels från en ledning 6, som utgår vid 6a från toppen av ackumulatorn. Det kallare bottenvattnet från ledningen 5 blandas i en automatisk och termiskt styrd blandningsventil 7 med det hetare vatten som finns kvar i ackumulatortoppen och som

uttas därifrån genom ledningen 6.

Blandningsventilen 7 är av den typ, som numera allmänt användes för automatisk reglering av uttagstemperaturen hos förbrukningsvarmvatten, t.ex. för att undvika skållningsrisk. En sådan ventil är trots automatiken (som styres termiskt) dels anmärkningsvärt prisbillig (kostar i dagsläget ca 65:-kr) och dels kan ventilen på en skala inställas för viss önskad blandningstemperatur, t.ex. 60°C. Detta förutsätter dock att ledningarna 5 och 6 matar blandningsventilen med vatten av resp. lägre och högre temperatur än den inställda blandningstemperaturen, ett villkor som normalt är uppfyllt här.

Genom nu beskrivet förfarande tillföres värmepannan vid pågående ackumulatoruppladdning via uttagsledningarna 5 och 6, blandningsventilen 7 och "samlings-ledningen" 3a-3 matarvatten från ackumulatorn, som å ena sidan är tillräckligt hett för att undvika korroderande kondens av oljeeldningsgaserna mot eldstadsytorna, men å andra sidan ändå ger temperaturutrymme i pannan för ackumulatorns uppladdning.

Genom att den undre uttagsledningen 5 utgår från en punkt 5a ovanför ackumulatorbotten bildas på nivån under ledningen 5 en tillsvidare isolerad (separerad) "bottenficka" 24, vars vatteninnehåll inte deltar i under ackumulatoruppladdningen pågående vattencirkulation mellan panna och ackumulator. Denna bottenficka kan nämligen inte avtappas - dräneras - genom den från fickans överkant utgående ledningen 5. Bottenfickan 24 fylls under dygnets lopp successivt med det kallare returvattnet från husets radiatorsystem 18. Detta kallare vatten i bottenfickan blandar sig - på grund av olikheten i densitet mellan kallare och varmare vatten - ej med det hetare vattnet ovanför. Som senare skall visas utnyttjas detta kallare vatten i bottenfickan för att mellan ackumulatorns uppladdningsperioder kyla ner värmepannan. Detta kallare vatten blir genom fickans avskildhet från uppladdningscirkulationen panna-ackumulator kallare än om sådan "ficka" saknades.

Emellertid är bottenfickan 24 också försedd med ett särskilt vattenuttag 9, som utgår direkt från botten av fickan och av ackumulatorn. Genom sistnämnda uttag kan också bottenfickan

avtappas förutsatt att uttagsledningen 9 är öppen.

Nu är både bottenledningen 9 och de i en gemensam ledning 3 a förenade ledningarna 5 och 6 vardera försedda med en automatiskt öppnings- eller stängbar ventil 22 resp. 21, lämpligen i form av magnetventiler. Här bör inskjutas, att både ledningarna 9 och 3a normalt kan utföras som ganska klena ledningar, vanligen 15 mm, varför magnetventilerna kan utföras som ganska prisbilliga ventiler. Magnetventilerna ifråga öppnas resp. stängs under styrning av termostater i ackumulator och värmepanna via en kopplingskrets med reläer, varom mera nedan.

Vattencirkulationen mellan panna och ackumulator åstadkomes med hjälp av en cirkulationspump 8. I ett särskilt förmånligt utförande kan pumpen drivas av en trefas-motor och cirkulationsriktningen automatiskt omkastas genom byte mellan två faser under styrning av ett relä. Pumpen kan dock också utföras som en vanlig enfas villapump.

Utöver systemets nu beskrivna "basutrustning" kan systemet förses med ett antal för systemet specifika kompletteringar, t.ex. solvärmesystem, eluppvärmning, elvärmning från lokal "vindsnurra", förvärmes-^{el}anordning kombinerad med "ekonomiser" för varmvattenberedningen m.m. Dessa kompletteringar beskrives närmare i ett senare sammanhang.

A 5. AKA-systemets funktion vid oljeeldning.

I första hand kommer nedan att beskrivas systemets tillämpning vid oljevärmsystem, speciellt anpassad till befintliga ("gamla") småhus med konventionella vattenradiatorsystem, vid vilka en ackumulator ersätter konventionella varmvattenberedare. Vid tillämpningen av AKA-systemet förekommer periodiskt en serie enkla men automatiska operationer, som tillsammans bildar ett slags "cirkelprocess", "heating cycle", som automatiskt upprepas gång på gång. Denna process kan förefalla komplicerad jämfört med konventionell oljeeldning men är i själva verket snarare enklare än t.ex. processen vid en automatisk hushållstvättmaskin, där en rad olika åtgärder automatiskt följer på varandra under styrning av en programmerad reläanordning.

För att ge en överskådlig framställning av normalförloppet av en sådan "heating cycle" har den grafiskt åskådliggjorts å bifogade Fig. 3. I figuren har hett vatten betecknats med röd (alt. vertikalstreckad) ytmarkering, kallare vatten med blå (alt. vit) och "blandvatten" med rött med inslag av blått, eller, vid ledningar, med både röd och blå linjemarkering. Se sid. 29 och 25.

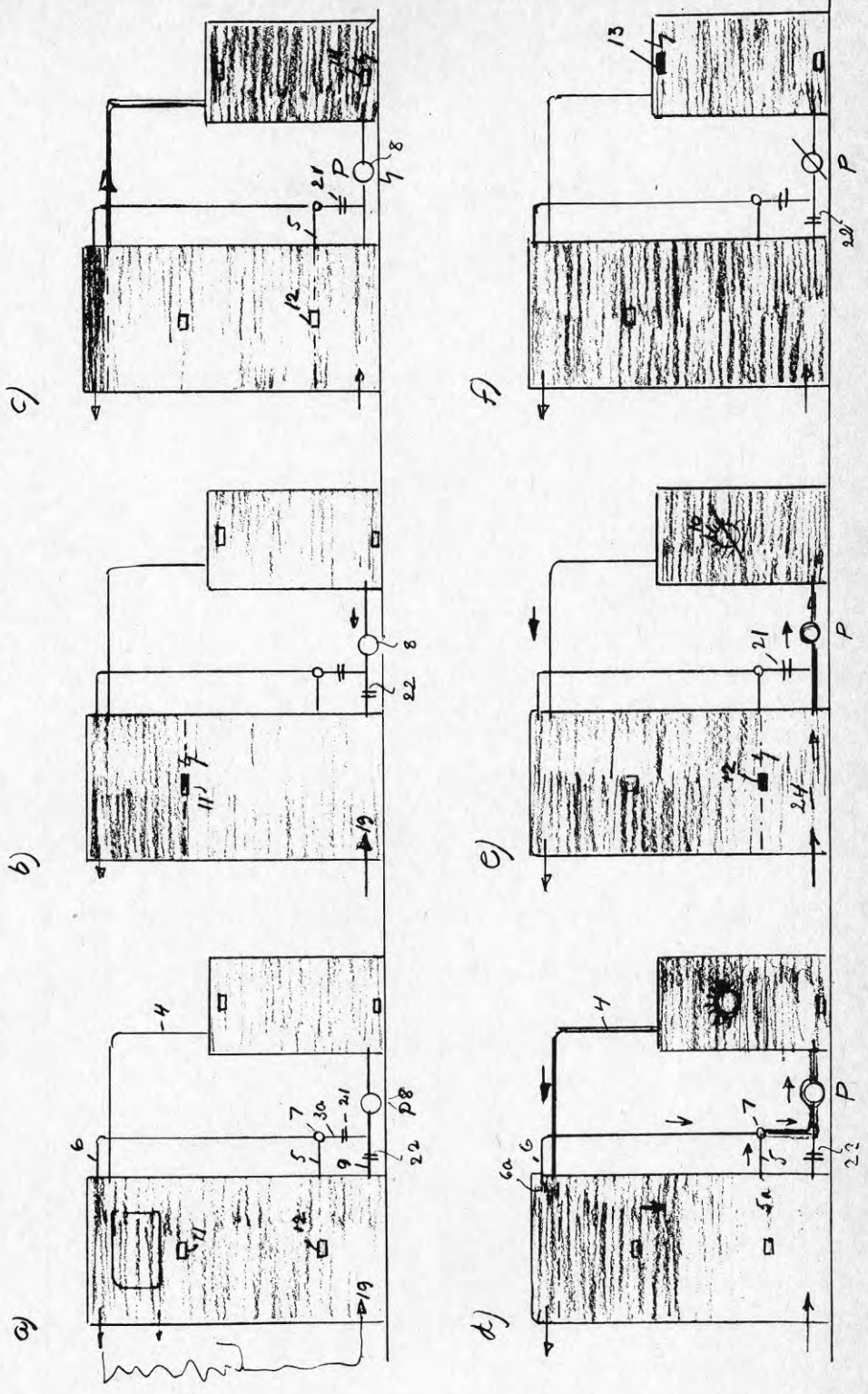
Vid starten av en "heating cycle" antas att ackumulatortanken i sin helhet är fylld med upphettat vatten, medan samtidigt värmepannan är kall (vid eller nära rumstemperatur), fig. 3 a. Ackumulatorn förutsättes runtom omgiven av kraftigt isolerings-skikt, t.ex. 10 cm mineralull, så att dess isoleringsförluster blir små.

Akkumulatorn bör dock dessutom vara placerad i utrymme, som skall förses med viss "basvärme". I nybyggda hus kan det för detta ändamål vara värdefullt om ackumulatorn kan placeras i separat utrymme i bostadsplanet - den kräver en golvyta av ca 1,0 x 1,0 meter. Detta är visserligen mera än för en ordinär elektrisk varmvattenberedare (0,60 x 0,60 meter), men det är exempelvis långt mindre extra golvyta än t.ex. en ordinär invändig tillskottsisolering runt ytterväggarna, som brukar kräva 3-4 m² (varom nera i annat sammanhang).

I "gamla" hus med källare - som vanligen själva erfordrar viss basvärme - kan ackumulatorn med fördel placeras i överblivet källarutrymme. (Hur detta lämpligen kan utföras vid källare med trånga tillfartsgångar eller dörrar har behandlats i en separat patentskrift, nr 78/04015-1). Den av en ackumulator med 10 cm mineralullsisolering avgivna och i och för sig obetydliga basvärmen kan på dettasätt nyttiggöras för husets behövliga uppvärmning med undantag för den varmaste tiden på sommaren, då basvärmen ifråga måste betraktas som onyttig värme.

När vattenradiatorsystemet är igång matas det som förut nämnts med hett vatten från närheten av ackumulatortoppen (vid 15), passerar shuntventilen 16 och radiatorsystemet 18, från vilket relativt avkyllt returvatten avgår till botten av ackumulatorn vid 19. Detta returvatten är normalt alltid kallare och därmed tyngre än det ursprungligen heta ackumulatorvattnet, varför det underifrån tränger undan det hetare vattnet i riktning

Fig. 3



uppåt och detta utan nämnvärd blandning mellan det kallare och det hetare vattnet. Teoretiskt kan det sägas, att vid radiator-systemets returvattenmatning till ackumulatorbotten finns det alltid hett vatten kvar i ackumulatortoppen för matning av radiator-systemet (+ viss del till v.v.-beredaren) ända tills att hela ackumulatorn blivit fylld med kallare radiatorcirkulationsvatten (så långt drivs dock inte denna process). Det sker alltså en lokal vattencirkulation ack.topp - radiator-system - ack.-botten - ack.topp. Det sista ledet i denna "lokala cirkelprocess" sker dock inte i form av vattenströmning genom en ledning utan genom att en "kallfront" underifrån sakta stiger upp genom ackumulatorn ända tills denna kallfront (ovanför undervarande kallare vatten) når ackumulatorns övre delar.

I utgångsläget, fig. 3 a, är alltså ackumulatorn helt fylld med hett vatten (röd, alt. vertikalstreckad markering) medan pannan är kall (blå alt. vit dito). Ackumulatorn utgör nu visst antal timmar framåt husets enda värmekälla, matar ut hett vatten upp till och tar emot kallare ned till. Det kallare vattnet fyller nedifrån ackumulatorn och avancerar med sin kallfront uppåt.

Småningom når denna kallfront en termostat 11, fig. 2, som lämpligen är placerad strax under v.v.-beredaren. Detta betyder att större delen av ackumulatorns hetvatteninnehåll nu är avtappat och att ackumulatorn nu snarast behöver "återuppladdas" med hett vatten. Värmesituationen i detta ögonblick framställs av fig. 3 b. När kallfronten passerar termostaten 11 aktiverar denna en elektrisk signal till systemets "manöverenhet" eller "styr-enhet" (nedan förkortningsvis betecknad StE).

Styrenheten består av f.n. fyra elektriska minireläer med förbindande elektriska ledningar, vilka reläer påverkas av systemets aktiverande termostater - i det här fallet av termostaten 11. Styrenhetens reläer är jämte förbindande el-ledningar i Provhus E.L. monterade på en isolerande skärmlatta, som kan skyddas av en skyddslåda av ungefär en cigarrlådas storlek och som förutsättes vid större serieproduktion kunna framställas som s.k. tryckta kretsar + reläer.

Föruppvärmning av värmepannan.

Signalen från termostaten 11 i en "heating cycle" position

3 b, sätter nu igång en operation, som kan benämnas "föruppvärmning av värmepannan". Pannan är nämligen än så länge kall. Skulle man i det läget starta dess oljebrännare för återuppladdning av pannan resp. ackumulatorn, så skulle de svavelhaltiga eldningsgaserna från oljebrännaren kondenseras mot de ännu kalla eldstadsväggarna och där enligt känd process vålla korrosion. Detta bör förhindras om pannans livslängd vid oljeeldning ej skall försämrast. (Se dock anm. å sid. 24).

Enligt systemet utlöser i detta läge termostaten 11 via resp. relä dels öppnande av magnetventilen 22 i ledning 9, dels omkastar cirkulationsriktningen av pumpen 8 (se därom nedan) som därvid pumpar "kallt" vatten från botten av värmepannan till botten av ackumulatorn. Härvid suges kvarvarande hetvatten i ackumulatortoppen tillbaka till toppen av värmepannan och fortsätter sedan att uppfylla pannan med hett vatten. Det utbildas alltså i värmepannan en "hetvattenfront", som rör sig nedåt i pannan. Vid en pumpkapacitet av t.ex. 20 minutliter och en pannvolym av, säg, 100 liter, har denna hetvattenfront - där hetvattnet ovanför fronten ej har tendens att blanda sig med kallvattnet under fronten - på några minuter, här ca 5 minuter, nått pannbotten. Här avkänns den nu förhöjda temperaturen av termostaten 14, som då utlöser en ny signal till styrenheten StE, (ej visad i fig. 2).

Hela värmepannan är nu fylld med mer eller mindre hett vatten med en temperatur, som med god marginal brukar överskrida kondensrisktemperaturen (ca 60°C). Samtidigt har ackumulatorbotten fyllts med det från pannan undanträngda kallvattnet. Efter som ackumulatorns volym (ca 1000 liter) är avsevärt större än pannans, fylles ackumulatorn endast till ringa del med kallvattnet från pannan, närmare bestämt till den av pannvolymen bestämda nivån i ackumulatorn, som motsvaras av utloppsledningen 5 och termostaten 12. Dessa är nämligen anordnade på sådan nivå, att ackumulatorns volym nedanför (under) dessa båda anordningar är lika stor som (eller för marginalsäkerhet något större än) hela vattenvolymen i värmepannan.

Återuppladdning av ackumulatorn.

I detta skede, fig. 3 c, kan nu pannans oljebrännare utan kondensrisk starta och uppvärma pannan. Detta sker genom att signalen från termostaten 14 via ett relä i styrenheten StE först

kortvarigt stoppar pumpen 8 och sedan kastar om två av pumpmotorns tre faser och sålunda vänder på pumpriktningen. Tillika öppnas samtidigt magnetventilen 21 i ledningen 3a och stänges i stället magnetventilen 22 i ledningen 9 samt startas oljebrännaren 10.

Pumpen 8 suger nu, se fig. 3 d, vatten från ackumulatortvå vägar, nämligen dels kallare vatten från det undre ackumulatortutttaget 5, dels hetare vatten från det övre uttaget 6. De båda vattenkvantiteterna blandas i den förutnämnda termiskt styrda blandningsventilen 7. Denna kan genom enkel inställning på en skala inställas så att den avger blandvatten av önskad temperatur mellan de båda ledningarnas 5 och 6. Normalt väljes denna blandningstemperatur till kondenssäkra ca 60°C . Blandvatten med denna temperatur tillföres nu pannbotten, uppvärms i pannan och avgår med t.ex. $+80^{\circ}\text{C}$ från panntoppen till ackumulatortoppen via ledningen 4, d.v.s. i detta exempel med 20° temperaturförhöjning i pannan.

Temperaturförhöjningen ifråga regleras av pumpkapaciteten hos pumpen 8 i relation till brännarkapaciteten. Antas pumpkapaciteten inreglerad till ca 15 minutliter - en relativt liten pumpkapacitet för en villavärmepump - så avger pannan vid 20° temperaturförhöjning effekten $15 \times 60 \times 20 = 18.000$ kcal/tim, vilket ungefär motsvarar kapaciteten hos de vanligaste oljebrännarna för småhuspannor. Vid pumpkapaciteten 20 minutliter och 15° temperaturförhöjning i pannan erhålles samma effekt; vid 20 minutliter och 20° temperaturförhöjning effekten 24.000 kcal/tim. De olika styrande kvantiteterna är alltså ganska väl anpassade till vanliga värden vid oljeeldningssystem för småhus.

Akkumulatortvå tillföres alltså i detta skede uppifrån upphettat vatten från pannan medan ackumulatortvå kallare vatten under blandning med toppvatten från ledningen 6 nedifrån suges in i pannan för att där uppvärmas. Resultatet blir att alltmer hett vatten tillföres ackumulatortvåns övre del och alltmer kallare vatten utsuges från dess undre del. Detta betyder att en "hetvattenfront" utbildas, denna gång i ackumulatortvå, vilken front avancerar nedåt i ackumulatortvå.

Efter några timmars gångtid på oljebrännaren har hetvatten-

fronten uppifrån nått ner till termostaten 12 vid toppen av "bottenfickan" 24, se fig. 3 d. ^{e1, 3e.} Ackumulatorvolymen under denna nivå är som förut framhållits minst lika stor som hela vattenvolymen hos värmepannan. Förstnämnda volym är emellertid alljämt fylld med relativt kallt returvatten från radiatorsystemet, eftersom "hetvattenfronten" endast nått ner till nivån av termostaten 12.

Avkylning av värmepannan.

När "hetvattenfronten" uppifrån når termostaten 12 inträder återigen ett nytt skede i "heating cycle". Termostatens temperatur ändras nu från kallt till varmt, och termostaten utlöser en ny signal till styrenheten StE och dess reläsystem. Denna signal inleder ett skede i "heating cycle", vilket kan benämnas "pannans avkylningsskede". På signal från styrenheten stänges nu magnetventilen 21 och dess ledning 3a, medan i stället den andra magnetventilen 22 öppnas. Pumpen 8 påverkas ej utan fortsätter att arbeta med oförändrad pumpningsriktning relativt närmast föregående skede - från ackumulatorbotten till pannbotten, se fig. 3d-e. Styrenheten har samtidigt stoppat oljebrännaren 10.

Som framgår av fig. 3d-esuger nu pumpen det kallare vattnet från ackumulatorns bottenficka 24 och pressar in det till botten av pannan. Det efter ackumulatorns uppladdning kvarvarande hetvattnet i pannan pressas nu uppåt genom ledningen 4 - fortfarande utan blandning med underifrån inströmmande kallare vatten. Hetvattnet pressas sedan via ledningen 4 in i toppen av ackumulatorn och ersätter volymmässigt det kallare vatten, som sugts ut vid ackumulatorbotten.

Detta skede fortgår tills hela värmepannan underifrån fyllts med kallare vatten från ackumulatorfickan 24. Härvid når den underifrån avancerande "kallfronten" i pannan upp till termostaten 13 och samtidigt har bottenfickan 24 i ackumulatorn tömts på sitt kallvatten och ersatts av uppifrån nedträngande hetvatten. Vid kallfrontpassagen av termostat 13 ger termostaten ny signal till styrenheten, som nu stoppar pumpen 8 samt stänger magnetventilen 22, fig. 3 e, (resp. 3 f).

Det inses att hela ackumulatorn nu är fylld med hett vatten

och hela pannan med kallare vatten samtidigt som bägge magnetventilerna 21 och 22 är stängda och pumpen 8 stoppad. Detta betyder i sin tur att systemet nu är exakt tillbaka till utgångsskedet enligt fig. 3a.

En ny "heating cycle" kan nu startas igen lika den här beskrivna och upprepas in infinitum (helt oberoende av dygnets växlingar). Mycket kort uttryckt är effekten av den att värme pannan under en större del av året befinner sig nära rumstemperatur och att följaktligen dess värmeförluster reduceras till en obetydlighet - d.v.s. att värmesystemets nyttiga verkningsgrad blir hög och att värme pannan dessutom hela tiden får arbeta under ur korrosionssynpunkt gynnsamma temperaturförhållanden.

Hur fungerar nu systemet i praktiken? Erfarenheten från den enligt BFR-anslaget utförda provanläggningen i Provhus E.L. visar att funktionen inte synes innebära några problem. Systemet går automatiskt igenom sina olika skeden lika automatiskt och enkelt som en automatisk tvättmaskin med dess olika program; i själva verket finner man att AKA-systemet och en modern automatisk tvättmaskin har många maskinella likheter. De arbetar båda med magnetventiler som öppnas och stängs under styrning av ett programmerbart reläsystem, båda använder en cirkulationspump som omväxlande pumpar hett och kallt vatten etc. Det är dock inte en sådan tvättmaskin som inspirerat AKA-systemet utan likheten har upptäckts i efterhand, men likheten har det intresset att man erfarenhetsmässigt vet att automatiska tvättmaskiner finns i hundratusental och att just ingen finner deras verknings sätt särskilt anmärkningsvärt eller osäkert.

I själva verket är beskrivningen av AKA-systemet betydligt krångligare än den faktiska funktionen. Analyserar man funktionen närmare så finner man att värmesystemet utöver det konventionella radiatorsystemet har tre i egentlig mening rörliga delar, nämligen två magnetventiler och en cirkulationspump. Dessutom förekommer 4 termostater och en elektrisk styrenhet StE med 4 st. reläer.

Magnetventilerna är normalt av dimensionen 15 mm, de arbetar utan nämnvärt ensidigt vattentryck och kan därför egentligen

utföras enklare än de standardventiler för högre ensidiga tryck, som stått till buds vid provanläggningen. Magnetventiler av denna typ finns i 100.000-tal i olika hushållsapparater och kan betraktas som mycket driftsäkra.

Den omkastbara cirkulationspumpen 8 kan möjligen innebära en driftsmässig osäkerhetsfaktor, men även den arbetar med mycket obetydliga tryckdifferenser och i provanläggningen har den hittills fungerat perfekt. (Anm. Emellertid har man på senare år funnit att korrosionsrisken vid oljeeldning mot kall eldstadsyta ej är så allvarlig som man tidigare ansett. Beskriven förvärmning av värme pannan kan i så fall utgå och pumpningen utföras med enbart enkelriktad pump).

Styrenheten StE, som består av små kompakta reläer med tillhörande ledningsförbindningar och som i sin tur påverkas av systemets termostater, bör kunna utföras praktiskt taget "fool-proof". Kostnaderna för nu nämnda anordningar, som kommer att detaljredovisas i ett särskilt avsnitt, synes uppgå till en ganska liten del av den energibesparingsvinst som de möjliggör. Men säkerligen kan samtliga dessa anordningar i praktiken förbättras relativt den "första generationen", som nu är i funktion i provanläggningen i Provhus E.L.

A 6. AKA-systemets funktion vid vedeldning.

AKA-systemets bränsle- och energibesparande funktion på sätt ovan beskrivits vid oljeeldning är också tillämplig vid eldning med ved eller andra fasta bränslen ehuru vissa funktionsomställningar nu måste ske manuellt och då lämpligen i anslutning till den manuellt utförda bränslebeskickningen.

Värme pannan bör enligt AKA-systemet självfallet utföras av typ som är användbar för både oljeeldning och eldning med fasta bränslen. En huvudtanke vid AKA-systemet är ju nämligen att med minsta möjliga extra investeringar åstadkomma största möjliga uppvärmningstrygghet i en tid, då den framtida tillgången på olika energiformer är särskilt svår att förutse. Vid eldning med fasta bränslen är eldning med ved och liknande (träavfall, skogsavfall, vissa pappersprodukter m.m.) den form av fastbränsleeldning, som i normalfallet ligger närmast tillhands.

Vedeldning behöver dock inte vara ett eldnings sätt enbart för kristider. Erfarenheten visar att det vid många, kanske de flesta, småhus uppstår viss tillgång till olika former av vedprodukter, och att de flesta småhusägare uppskattar möjligheten att med hjälp av tillfällig vedeldning med tillgängliga sådana bränslen göra inbesparingar av den dyrare utifrån inköpta olje- eller el-energin. Det intressanta vid AKA-systemet är då att vedeldning vid detta kan utföras både bekvämare och mera energibesparande än konventionell vedeldning. Anledningen härtill är i huvudsak följande:

Vid konventionell vedeldning måste eldningsintensiteten normalt anpassas till det samtidiga värmeuttaget till radiator-system (och v.v.-beredning). Vid högt värmeuttag kan eldningen bedrivas med kraftigt drag, men vid lågt uttag måste draget strypas, vilket vanligen sker med hjälp av en s.k. dragregulator. Särskilt vid nedstrypt drag erhålles ofta en mindre tillfredsställande förbränning, som påskyndar nedsothning av eldstadsytorna, ibland också vållar tjärbildning och som försämrar verkningsgraden. Dessutom måste konventionell vedeldning vanligen övervakas under relativt lång tid per dygn.

Vid AKA-systemet sker däremot vedeldningen under hela eldningsperioden med maximalt drag, s.k. "braseldning". Detta ger gynnsam förbränning och intensiv värmeutveckling med värmeöverskott under en stor del av eldningsstiden. Överskottsvärmen lagras i form av upphettat vatten i ackumulatorn och distribueras sedan därifrån lika helautomatiskt och bekvämt som vid oljevärme. Erfarenheten, bl.a. från Provhus E.L., visar att dylik "braseldning" även under den kallaste årstiden normalt kan utföras med två påeldningar per dygn, medan under lågbelastning det ofta räcker med en braseldning var tredje eller fjärde dag. Ackumulatorns värmebehållningsförmåga för t.ex. enbart varmvattenberedning överstiger ofta fem dygn.

Vid AKA-systemet ökas emellertid också vid vedeldning energibesparingen genom att värmepannan under icke eldningsstid hålls nedkyld. Dock gäller relativt oljeeldning att bränslebeskickning och vissa funktionsomställningar i motsats till vid oljeeldning måste ske manuellt, vanligen samtidigt med bränslebeskickningen.

Vid Provhus E.L. har enbart vedeldning tillämpats såväl en längre period under förliden vinter som under vårperioden. Detta småhus har en uppvärmd volym som är ungefär 50 % större än för ett genomsnittligt småhus och uppvärmningskostnaden med elvärme med natt-taxa har beräknats till ca 3.500:- kr/år. Sedan övergång skett till vedeldning - vid huset ifråga har funnits god tillgång till träavfall - har de dessförinnan högst betydande värmekostnadsräkningarna reducerats till enbart hushållsel för ca 400:- kr/år. Där tillgång finnes till billig eller ej sällan kostnadsfri ved kan därför mycket stora värmekostnadsbesparingar göras samtidigt som arbetet härmed vid AKA-systemet visat sig föga besvärande - det har kunnat genomföras på "ledig tid" morgnar och kvällar.

A 7. AKA-systemets funktion vid andra typer av fasta bränslen.

När detta skrives har eldning med t.ex. koks icke hunnit provas. Kokseldning var ju före oljeeldningens genombrott i Sverige den vanligaste metoden för småhusens uppvärmning. I den mån brist eller knapphet uppstår på eldningsolja och ev. också elenergi kan kokseldning måhända återinföras men med i stort sett samma ökade grad av bekvämlighet och energibesparing som ovan beskrivits vid vedeldning.

A 8. AKA-systemets funktion vid el-uppvärmning.

Konventionella värmepannor för oljeeldning/fastbränsleeldning kan som bekant förses med anslutningsmuffar för elektriska insatselement (elpatroner) i och för elektrisk uppvärmning av pannvattnet. Det torde dock vara nästan lika allmänt bekant att sådan form av elvärme är mycket oekonomisk i drift, eftersom en alltför stor del av den tillförda el-energin bortgår till ingen nytta via skorstensdraget eller via isoleringsförluster från pannan.

Vid AKA-systemet med förekomst av en ackumulator förekommer inte sådana förluster. Elpatronerna är i detta fall anbragta i ackumulatorn och uppvärmer direkt dess vatteninnehåll. Vid en ackumulator finns inga skorstensförluster, och isoleringsförlusterna är små på grund av den kraftiga ackumulatorisoleringen och kan dessutom normalt utnyttjas som nyttig basvärme eftersom ackumulatorn, som är luktfri och ljudstörningsfri, kan placeras i för uppvärmning avsett utrymme utan att vålla olägenheter.

Elpatronerna placeras vid ackumulatorn lämpligen i två olika nivåer, varvid på varje nivå i huvudsak endast uppvärms den vattenmängd, som befinner sig ovanför resp. elpatron. I fig. 2 kan sålunda elpatronen 36 användas för uppvärmning av hela ackumulatorns vattenmassa, medan elpatronen 37 endast värmer övre delen, t.ex. då enbart varmvattenuppvärmning erfordras. Elvärmen kan vid förekomst av bränsleeldad värmepanna vid behov kombineras med eller kompletteras med oljevärme eller vedeldningsvärme, medan omvänt t.ex. vedvärme för högbelastning kan kompletteras med elvärme vid låglast. Kombinationsmöjligheterna för att ernå gynnsammaste uppvärmningsekonomi är därför mycket stora. Elvärmen kan också vid tillgång till en större ackumulator med fördel utgöra komplement till solvärme, varom mera nedan.

En speciell form av "elvärme" är antydd å fig. 2 med insatselementet 39, som vid behov kan införas genom en till ackumulatortanken ansvetsad rörmuff 38. Den är avsedd för eventuell omedelbar eller framtida anslutning till värmesystemet av vindkraftproducerad energi. I de flesta fall, åtminstone inom närmaste framtiden, är väl lokalt producerad vindkraftenergi inte ekonomisk, men det är en fördel om sådan kraft i lämpliga fall och vid lämplig tidpunkt kan installeras utan ändringar av befintlig uppvärmningsanordning och utan nämnvärda initialinvesteringar.

Sistnämnda investering är här - utöver den direkta vindkraftproduktionsanordningen - inskränkt till en till ackumulatortanken ansvetsad 2" rörmuff. Där vindförhållandena och energipriset så motiverar kan en lokal vindkraftgenerator anordnas, här lämpligen tänkt som en bilgenerator för lågspänd elström, som matar en elektrisk "doppvärmare" 39. Det är känt att en vanlig invändning mot ekonomisk produktion av lokalt producerad elektrisk vindkraft är kostnaden för dess lagring och omvandling till värmeenergi. Vid AKA-systemet, där lagringstanken redan finns för andra ändamål, bortfaller i viss mån nu nämnda invändning.

Provhuset E.L., där ursprungligen också en sådan vindkraftgenerator planerats provad i anslutning till befintlig ackumulator, har ett för vindkraftproduktion ogynnsamt läge. Provning vid Provhus E.L. av sådant komplement till AKA-systemet har därför nu avskrivits.

Elektrisk ackumulerande vattenburen småhusuppvärmning är ju i och för sig ingen nyhet som är speciell för AKA-systemet; att den omnämnes här är närmast motiverat av en erinran om att även elvärme passar väl in i AKA-systemets flexibilitet, där så att säga "automatiskt" tillhandahålles en för eluppvärmning värdefull magasineringmöjlighet i form av en större vattenackumulator. Särskilt vid det ofta förekommande fallet, att eltaxorna är väsentligt lägre nattetid möjliggör en större ackumulator - som tillika innehåller husets v.v.-beredare - magasinering av billig elenergi under natten för senare användning under dagtid.

Det brukar dock anföras från "direkt-elvärme"-håll, att enbart en elvärmd v.v.-beredare är tillräcklig för magasinering av den billigare elektriska överskottsenergi nattetid, som med hänsyn till det lokala elledningsnätets kapacitet kan uttas från nätet. En större elenergimagasinerande ackumulator än de ca 300-400 liter, som erfordras för v.v.-magasinering, vore därför onödig. Detta resonemang har dock förbisett inverkan av just den flexibilitet för olika energiformer, som karaktäriserar AKA-systemet. I en utredning i annat sammanhang kommer denna relativt komplicerade ekonomi-fråga att separat behandlas.

A 9. AKA-systemets funktion vid solvärme-uppvärmning.

En inte minst viktig motivering för förekomst av en ackumulator i ett småhus-uppvärmningssystem har varit att utnyttjande av solvärme har ansetts som en nära nog självfallen energiproduktionsform i ett framtida uppvärmningssystem. Vid soluppvärmningssystem är lagringen av i ett solfångarsystem alstrad värme en central och avgörande fråga. Vid AKA-systemet har lagringen förutsatts begränsad till ett eller ett par dygn, och för sådan lagring erbjuder AKA-systemets normala ackumulatorvolymer om 1000-1500 liter en ganska lämplig lagringskapacitet.

Utöver konventionell solvärmelagring i sådana för korttidslagring avpassade ackumulatorer erbjuder AKA-systemet ett par speciella egenskaper, som här kommer att redovisas.

En för AKA-systemet speciell anordning i samband med solvärmeuppvärmning är sättet att utbyta en ackumulatoruppvärmning från värmepannan mot soluppvärmning från ett solfångarsystem. Omkoppling mellan dessa båda uppvärmningssätt kan nämligen ske enbart genom omställning av en enda ventil, trevägsventilen 31 i fig. 2. Vid otillräcklig solvärme är ventilen 31 inställd så, att cirkulationspumpen 8 transporterar kallare vatten från ackumulatorbotten enbart till botten av värmepannan via inloppet 29 för uppvärmning via den bränsleeldade pannan. Vid tillräcklig solvärmeintensitet omställs däremot ventilen 31 i sitt andra läge och transporterar då ackumulatorvattnet via ledningen 40 till solfångarsystemet 41 eller en av solfångarsystemet uppvärmd värmeväxlare 42 och därifrån vidare

till ackumulatortoppen vid 43. Därifrån transporteras det solvärmda vattnet vidare på två olika sätt. Innan detta beskrives bör dock nämnas, att trevägsventilen 31 vid lämplig solintensitet också kan inställas i ett mellanläge, vid vilket värmepannan kan bringas att direkt samverka med och komplettera soluppvärmningen om denna ensam icke är tillräcklig för avsett uppvärmningsändamål,

Insläppet av solvärt vatten vid 43 är såtillvida av speciellt intresse att det möjliggör effektivt utnyttjande av solvärt vatten av olika temperaturnivå. Vid riklig solvärtmetillgång inställes solfångaraggregatet 41-42 att avge solvärme med hög temperatur. När sådant relativt hett solvärt vatten

införes vid 43 stiger det automatiskt uppåt och värmer vattenskiktet 44 kring v.v.-beredaren 20 (om detta skikt dessförinnan är tillräckligt "urladdat"). Är däremot det vid 43 inströmmande solvärmda vattnet kallare än vattenskiktet 44 men varmare än skiktet 45 laddar det upp sistnämnda skikt med värme genom utbildning av en värmefront, som uppifrån utbreder sig nedåt genom vattenmassan 45. Denna sistnämnda kan då utnyttjas för radiatorsystemets uppvärmning.

Solvärmeuppvärmningen kan ytterligare kompletteras med elvärme från elementen 36, 37 i ett flertal kombinationer, varav här endast ett par kunnat exemplifieras. I samtliga fall är AKA-systemets speciella fördel, att den så att säga utan direkt kostnadsbelastning på solvärmeproduktionen tillhandahåller magasineringsbehållare med avsevärt stor vattenvolym.

För uppnående av bästa verkningsgrad vid solvärmning är det välkänt att detta gynnas av låg utgångstemperatur på det vatten, som skall soluppvärmas. Under tider då ackumulatören avses att utnyttjas för soluppvärmning kan därför låg begynnelse-temperatur vid soluppvärmeladdningens början öka verkningsgraden. Vid AKA-systemet kan sådan låg temperatur hos ackumulatörens vattenmassa kombineras med gynnsam värmeåtervinning för v.v.-beredaren genom anordningen 32-33-34 i fig. 2. Här är 33 inloppsledningen för friskvatten från vattenledningsnätet till varmvattenberedaren 20, vidare är 32 en värmeväxlare (t.ex. i form av kopparrörslinga e.d.), genom vilken det kalla friskvattnet från vattenledningsnätet passerar och därefter via ledningen 34 inpasserar genom v.v.-beredaren. Det kalla friskvattnet kyler en del av vattenmassan i ackumulatören men förvärms omvänt av denna innan det inträder i v.v.-beredaren. Härigenom ökas i sin tur v.v.-beredarens kapacitet. Huruvida anordning av en värmeväxlare enligt 32 är ekonomisk i det enskilda fallet är dock ännu ej klarlagt utan erfordrar ytterligare både experimentella och teoretiska undersökningar.

A 10. AKA-systemets funktion vid fel på en eller flera av dess komponenter eller vid successiv utbyggnad av systemet.

Genom en mycket enkel tillsatsanordning kan AKA-systemet anordnas så, att samtliga dess komponenter (magnetventiler, termostater, styrenhet med reläer, cirkulationspump 8, blandningsventil 7 m.m.) kan få bli felaktiga utan att detta äventyrar uppvärmningssystemets direkta uppvärmningsfunktion. Uppvärmningseffekten som sådan kan alltså fortsätta - däremot reduceras verkningsgraden till den för konventionella system vanliga. AKA-systemet förses för nu nämnda ändamål med en förbigångsledning 26, som genom omställning av en trevägsventil 27 bringar returvattnet från radiatorsystemet 18 att återgå till botten

av värme pannan vid 29 i stället för att återföras till ackumulatorbotten. Eftersom i sådant fall ventilerna 21 och 22 är stängda åstadkommes genom nu nämnda omkoppling en tvångscirkulation panna-ackumulatortopp - radiatorsystem - panna, och detta med enbart husets ordinarie cirkulationspump 17 som drivkraft och tillika som den enda behövlige rörlige komponenten i det reducerade värmesystemet.

Även v.v.-beredaren fungerar "automatiskt" i det sålunda reducerade värmesystemet. Vid nu angiven vattencirkulation kommer nämligen det i värme pannan upphettade vattnet att av temperaturskiktningsskäl enbart uppvärma den del av vattenmassan i ackumulatorn, som befinner sig ovanför hetvattenuttagsledningen 15. Den kommer därvid att effektivt uppvärma v.v.-beredaren samtidigt som radiatorsystemet matas med erforderligt hett vatten.

AKA-systemet fungerar alltså även vid mycket omfattande - men att döma av hittills föreliggande driftserfarenheter högst osannolika - felaktigheter fortfarande som ett lika driftsäkert värmesystem som ett konventionellt system, och detta enbart efter manuell omställning av en enda ventil.

Den nu beskrivna anordningen är av intresse ur ytterligare en synpunkt. Den möjliggör nämligen på ett relativt enkelt sätt successiv utbyggnad av ett AKA-system, varvid till en början utföres ett konventionellt verkande system inkl. förbigångsledningen 26, medan de energibesparande anordningarna enligt AKA-principen först tillfogas i ett senare skede. De kan lämpligen sammanföras till ett "monteringsfärdigt paket", en "AKA-tillsats", markerad med 35 i

/fig. 21.

A 11. Mätutrustning för AKA-systemet i Provhus E.L.

Det av civilingenjör Erik Lundström som egen bostad byggda småhuset, i denna rapport förkortningsvis benämnt "Provhus E.L.", uppvärms via ett i och för sig konventionellt vattenradiatorsystem. Dock är distributionsledningssystemet till skillnad från de flesta nyare värmesystem, som är dimensionerade för pumpcirkulation, här utförda så (med tvårörssystem), att de även möjliggör värmedistribuition till hela radiatorsystemet via själv-cirkulation (trots att cirkulationspump också är installerad). Vid t.ex. vedeldning möjliggör därför uppvärmningssystemet fullvärdig uppvärmning även utan tillgång till el-energi.

Värmesystemets pannrum är däremot inte konventionellt utan i stället utformat som en ganska utpräglad forskningsanläggning. I själva verket har redan vid husets planering vissa utrymmen direkt anpassats till de delprojekt, som ingå i totalprojektet enligt BFR:s anslag. Pannrummet är med en större öppning direkt anslutet till ett större garageutrymme - 4,5 x 15 meter med 3,5 meter takhöjd. Detta garage bildar samtidigt källarvåning för några ovanförliggande bostadsrum, där delprojekt D), Värmeåtervinning från ventilationsluft, avsetts att provas. I öppningen mellan pannrum och garage är anordnade gejd-rar av stålbalkar, som tillåter utförande av demonterbar brand-säker avskiljning mellan de båda utrymmena. Under hittills på-gående provningar i pannrummet har dock garaget ännu inte ut-nyttjats som sådant. Pannrumsplan, se Fig. 1 c, sid. 7b.

Garaget har tillfartsöppning med höga portar, som tillåter intransport av tunga och höjdrälvande utrustning, t.ex. pannor, ackumulatortank m.m., och från garaget kan sådan utrustning bekvämt vidaretransporteras till det intilliggande pannrummet. Härigenom möjliggöres också utbyten av ursprungligen installerade uppvärmningsanordningar i den mån provningsresultaten för-anlett sådana. Redan denna lokalutformning är otvivelaktigt ganska unik vid ett småhus och har varit av största betydelse för att underlätta provningsarbetet. Här bör tilläggas att ga-ragebotten utsprängts något fördjupat för att bereda plats för den stenbädd, som från början planerats för delprojektet D).

Värmeproduktionsanläggningen är delvis dubblerad och be-står av tre bredvid varandra uppställda aggregat, se Bild 4. I mitten är anordnad en värmepanna av TeknoTerms tillverkning Euronom utan v.v.-beredare och avsedd för olje- eller fastbräns-leeldning. Till höger om denna panna är anordnad en TeknoTerm elvärmd panna med v.v.-beredare och till vänster om mittelpa-nan en välisolerad vattenackumulator om 1030 liter vattenvolym och tillika innehållande en v.v.-beredare av genomströmningstyp.

De olika aggregaten är på sådant sätt anslutna till radia-torsystemets rörsystem, att husuppvärmningen jämte v.v.-bered-ning kan tillgodoses antingen av den elvärmda värme pannan ensam eller av bränsleeldningspannan i kombination med den elvärmda

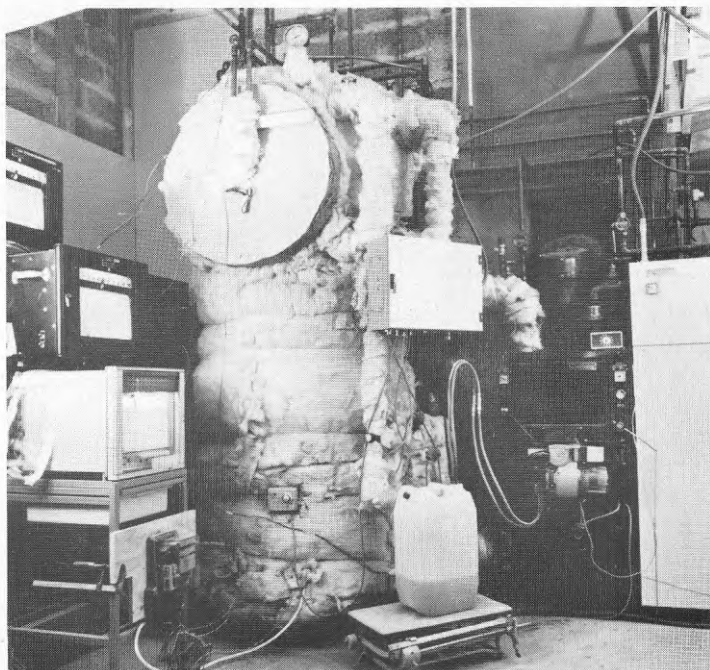


Fig. 4. Interiör från pannrum i provhuset. Längst till höger elpanna, därefter Euronom oljeeldnings- och fastbränsle-panna (utan v.v.-beredare). I förgrunden "forskningsackumulator" med utanpåliggande mineralullsisolering utan beklädnad. (I fig. 5 visas nedan en normalt isolerad och inklädd ackumulator med samma diameter, 800 mm). Framför ackumulatorn en på våg placerad oljetank av plast. Längst till vänster skrivare för olika temperaturregistreringar.

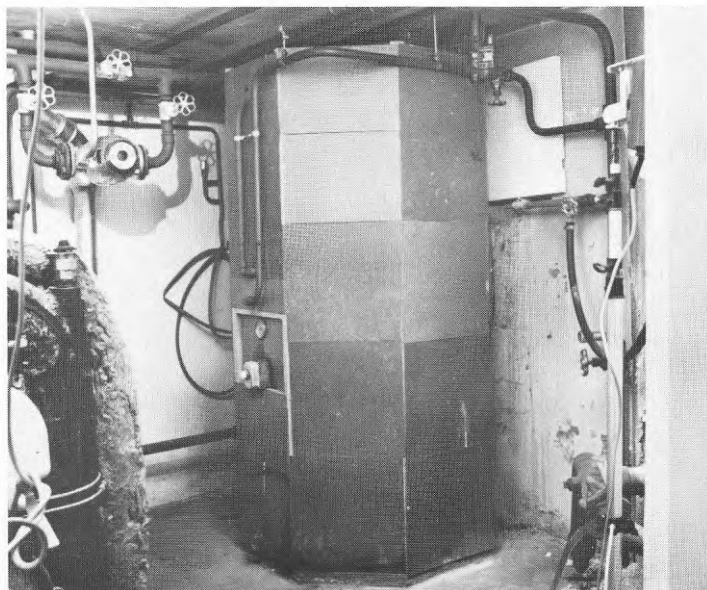


Fig. 5. Normalutförande av ackumulatortank.

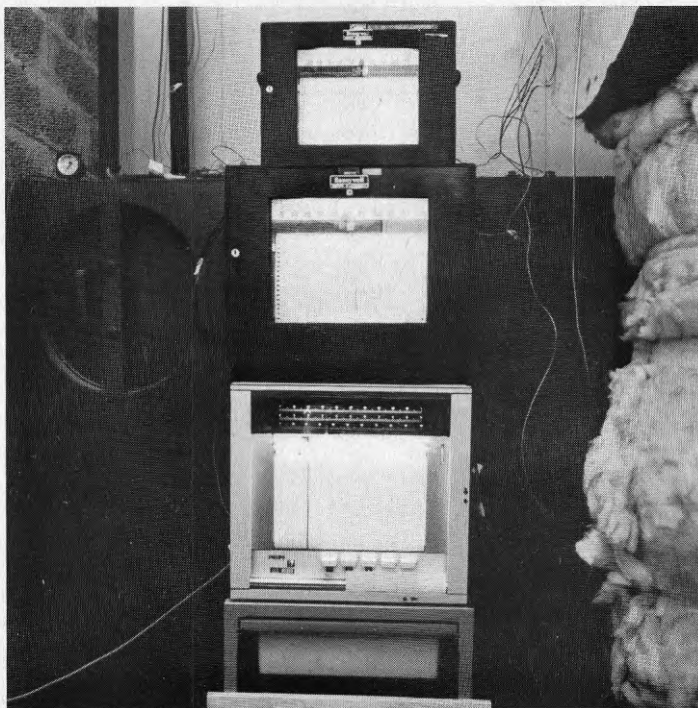


Fig. 6. Anordning av skrivare i pannrummet. Överst Honeywell 16-kanal-skrivare för temperaturintervallet -25°C till $+75^{\circ}\text{C}$. I mitten Honeywell 16-kanal-skrivare för $0 - 100^{\circ}\text{C}$ för mätning av ackumulatortemperaturer. Underst Philips 24-kanal höghastighets-skrivare för temperaturmätning i pannan. (4 kanaler betjänar var och en av 6 mätpunkter).

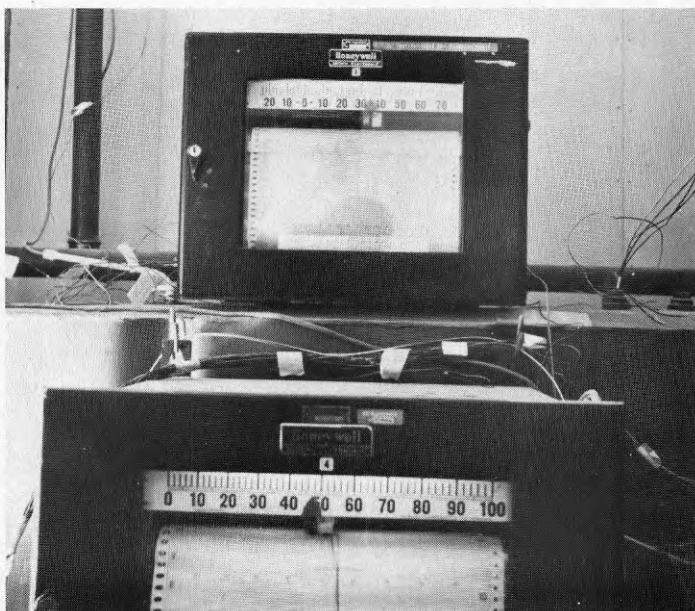


Fig. 7. Detaljbilder av Honeywell-skrivarna

pannan eller slutligen av bränsleeldningspannan i kombination med ackumulatorn, vilken som nämnts också innehåller en v.v.-beredare. Genom den delvisa dubbleringen är det möjligt att t.ex. även vintertid bortkoppla bränsleeldningspanna och ackumulator vid ändringsarbeten utan att fördenskull husets uppvärmning äventyras. Anordningen möjliggör vidare jämförelser mellan uppvärmning med högst skilda energiformer.

Bränsleeldningspannan är vid kombination med den elvärmda pannan med v.v.-beredare egentligen avsedd för vedeldning men kan vid kombination med ackumulatorn utan korrosionsrisk också användas för oljeeldning. Bränsleeldningspannan är vidare i provhuset försedd med två rökrör av rostfritt material, varav det ena är avsett som enda rökrör vid oljeeldning medan bägge rökrören gemensamt är avsedda som rökrör vid vedeldning, som kräver större rökrörsarea än oljeeldning.

Både bränsleeldningspannan och den elvärmda pannan är via delvis skilda ledningar anslutna till gemensamt expansionskärl på vinden. För att därvid undvika oönskad vattencirkulation mellan de båda pannorna är den ena expansionskärlsförbindningen avstängbar, vilket med hänsyn till gällande säkerhetsbestämmelser möjliggjorts genom inbyggnad av vissa säkerhetsventiler.

Bränsleeldningspannan var ursprungligen förbunden med ackumulatorn nedtill och upptill med 1 1/2" (40 mm) grova rörledningar, detta för att vid strömavbrott möjliggöra själv-cirkulation i förbindningen mellan dem. Detta har dock ur andra synpunkter befunnits mindre lämpligt; exempelvis visade det sig i efterhand att en beställd trevägsventil med dessa rördimensioner enbart i materialkostnad kostade inte mindre än 450:- kronor. Förbindningen ifråga är numera ombyggd till 15 mm rördimensioner, vilket förutsätter numera konventionell pumpcirkulation. Samtliga detaljkonstruktioner erhåller emellertid genom denna förändring väsentligt bättre och mera ekonomiskt utförande.

Mätningarna vid systemet har omfattat ett ganska stort antal data, främst syftande till bestämning av nyttiga verkningsgraden vid systemet men också för många andra ändamål. För mätningarna ifråga har, delvis genom lån från olika institutioner

vid KTH, anskaffats såväl registrerande skrivarinstrument som en del andra mätanordningar enligt följande: (Jfr fig. 6 - 7).

a) 1 st. Honeywell 16-kanals skrivare för temperaturmätning inom intervallet 0 till 100^oC med termoelement av koppar-constantan. Varje speciell mätpunkt mäts med dessa skrivare var 4:e minut (240:de sekund), d.v.s. $\frac{240}{16} = 15$ sekunder förflyter mellan varje temperaturregistrering med instrumentet.

b) 1 st. Honeywell 16-kanals skrivare lika a) men för temperaturmätning inom intervallet -25 till +75^oC.

c) 1 st. Philips 24-kanals höghastighetsskrivare med mätpunktsavläsning av en enskild mätpunkt var 12:e sekund.

Skrivaren a) mäter med fasta inkopplingar temperaturen på olika nivåer i ackumulatorn, varvid denna tänkts uppdelad i 12 lika "tjocka" skivor av vatten, och varvid en mätpunkt registrerar temperaturen i mittpunkten (i höjddled) av samtliga 12 skivor utom den understa och den översta. De båda sistnämnda skivorna är uppdelade i två "halvskivor" (24-delar av hela ackumulatortvolymen) med mätpunkt i resp. halvors höjdmittpunkter. Till sammans åtgår för denna typ av temperaturregistrering 14 mätpunkter (kanaler), 10 st. i de tjockare skivorna och 4 i topp- och bottenskivor. Resterande 2 mätpunkter av skrivarens kapacitet har använts för referenspunkter i resp. toppen och botten av ackumulatorn (utvändigt men innanför isoleringsskiktet).

Genom nu nämnda temperaturregistrering kan värmefördelning och temperaturfördelning såväl i tiden som rummet (i ackumulatorns höjddled) kontinuerligt följas. Därigenom kan i sin tur ackumulatorns värmeinhåll i olika skeden och dennas fördelning i höjddled med god noggrannhet registreras. Exempelvis kan i föregående beskrivning omnämnda "kallfronter" och "hetvattenfronter" i ackumulatorn direkt följas på skrivarens diagram. Vid värmeinhållsberäkningar har förutsatts att temperaturen i en viss "skiva" är konstant i sidled. Vid normalt förekommande skiktning synes detta tillnärmelsevis vara fallet.^{x)} (Dock uppstår vid starkare varmvattentappning, som ej varit aktuell vid verkningsgradsmätningarna, viss "omrörning" i ackumulatorns vat-

x) Se mom. A 12.

tenmassa).

Skrivaren b) mäter olika för tillfället inkopplade mätpunkter, t.ex. temperaturen av inkommande vatten till, resp. utgående varmvatten från v.v.-beredaren ävensom av blandtappvatten från v.v.-beredaren, ytterligare av utgående hetvatten till radiatorsystemet från ackumulatortoppen samt av radiatorreturvatten när detta återvänder till ackumulatorbotten m.m.. Andra mätpunkter kan gälla utomhustemperaturen, temperaturen i olika delar av rörförbindningarna mellan ackumulator och värmepanna m.m.

Skrivaren c) mäter temperaturfördelning i värmepannan, varvid pannan tänkts indelad i 6 lika tjocka "skivor" (horisontella liksom vid ackumulatorn) och med mätpunkt i höjdmitt av varje sådan skiva. Temperaturerna i pannan ändras i vissa skeden så snabbt att skrivare av typerna a) - b) här är otillräckliga för att tillräckligt detaljerat registrera temperaturändringsförloppen.

Utöver nu nämnda flerkanalskrivare har utnyttjats ett antal andra mätinstrument eller mätanordningar, t.ex:

d) 1 st. 1-kanalmätare, ej skrivande, temperaturintervall 0 - 150°C med termoelement av koppar-constantan för mätning av rökgastemperaturen vid skorstenstopp,

e) 1 st. 1-kanalmätare, ej skrivande, temperaturintervall 0 - 250°C med termoelement av järn-constantan, för rökgastemperaturmätning i skorsten utom vid skorstenstopp,

f) vattenflödesmätare för vattenströmningen från ackumulator och värmepanna,

g) elektrisk klocka för mätning av gångtider av oljebrännare,

h) balansvåg, 0 - 25 kg, med böjlig slanganslutning från plastbehållare för eldningsolja till oljebrännare, för mätning av oljeåtgång till brännaren.

A 12. Mätresultat för AKA-systemet från Provhus E.L.

Med hjälp av den i föregående avsnitt A 11 beskrivna mätutrustningen har hittills en rad mätningar utförts vid värmeanläggningen i provhuset, och sådana mätningar avses att fortsättas åtskillig tid framåt. Resultatet av dessa mätningar kommer lämpligen att avrapporteras mera i detalj i Erik Lundströms rapport för sin del av forskningsanslaget, eftersom Lundström - om än i samråd med mig - själv genomfört praktiskt taget alla de direkta mätningarna. Undertecknads rapport kan i detta avseende därför inskränkas till en kort sammanställning av några av de viktigaste provningsresultaten.

Rent allmänt har hittillsvarande provningar avsett att undersöka driftsäkerhet och funktion hos det ovan beskrivna AKA-systemet, att studera AKA-systemets funktion vid användning av vedeldning och el-uppvärmning, att med stöd av provningarna utfinna förbättringar av systemets konstruktiva utförande, att undersöka inverkan av en rad speciella faktorer t.ex. avseende temperaturförhållandena i skorstenen och dess inverkan på verkningsgraden, att studera systemets varmvattenberedning i avseende på temperatur och kapacitet m.m. Den mest dominerande provningsuppgiften har dock hittills varit att undersöka verkningsgraden hos systemet vid oljeeldning.

Vid diskussioner om det nya AKA-systemet har från en del kritiker anförts att det i dagens läge inte vore särskilt meningsfullt att ägna en betydande del av forskningsprojektet åt en energiform, som inte länge till kunde förväntas stå till förfogande.

Innan de olika provningsresultaten kortfattat redovisas bör därför oljeeldningens tillämpbarhet något beröras - även om en huvudtanke vid AKA-systemet varit just att göra uppvärmningen oberoende av tillgången på en enda speciell energiform.

Först bör då framhållas att AKA-systemet för oljeeldning kanske främst måste anses inriktat på renoveringen av uppvärmningssystemen vid befintliga småhus med dessas än så länge stora bestånd av individuella oljeeldningsanläggningar. Vid dessa hus är isoleringsstandarden ofta relativt låg, tätheten vanligen

sämre än vad som motsvarar dagens krav och energiåtgången för uppvärmningen följaktligen relativt stor, t.ex. 4-5 m³ olja per år. Detta hindrar inte att AKA-systemet på grund av sin stora flexibilitet kan vara motiverat även vid nybyggen.

Härvidlag bör också beaktas, att energipriset vid hög verkningsgrad på en individuell oljevärmeanläggning trots den senare tidens stora prisstegringar fortfarande kan ställa sig förmånligare än t.ex. elvärmeenergi.

Sälunda kan med efterföljande data för oljeeldningsenergi kWh-priset för individuell oljeeldning beräknas enligt nedan:

Pris för eldningsolja (Stockholmstrakten)	800:- kr/m ³
Uppnåbar årsmedelverkningsgrad vid AKA-syst.	85 %
Energiinnehåll i eldningsolja, brutto	8.700 kcal/liter
1 kWh =	860 kcal

$$\text{Energikostnad pr kWh} = \frac{800 \times 100 \times 860}{8700 \times 0,85 \times 1000} = 9,3 \text{ öre/kWh}$$

Detta, 9,3 öre/kWh, är alltså vid AKA-systemet husägarens rörliga energikostnad per kWh. Som jämförelse kan nämnas att energipriset för elvärmeenergi utan natt-taxa redan idag i syd- och mellansverige ligger kring 15-20 öre/kWh. Oljeenergin är alltså idag (april 1979) med AKA-systemets höga verkningsgrad ofta fortfarande endast ungefär hälften så dyr som elenergi.

Detta betyder omvänt, att en individuell oljeeldningsanläggning enligt AKA-systemet ofta kan i sin helhet avskrivas före sin normala avskrivningstid enbart med hjälp av de lägre energipriserna vid oljeeldning - "tar oljan slut" kan alltså den egentliga oljeeldningsanläggningen då redan vara avskriven. Härtill kommer emellertid vid AKA-systemet - genom dess tillämpbarhet för olika energiformer - att mera tillfällig vedeldning, soluppvärmning, utnyttjande av billig elektrisk överskottsenergi nattetid m.m. kan avsevärt reducera energikostnaden för ren oljeuppvärmning.

Det brukar också anges i energidiskussionen att individuell oljeeldning numera spelat ut sin roll och bör ersättas av prisbilligare fjärrvärme i sådana fall där elvärme inte ansetts ifrågakomma. Man har då betr. fjärrvärme ofta åberopat verkningsgradssiffror kring 85 % e.d. medan den individuella oljeeldningen ansetts ligga kring 60-65 %.

Vid småhusområden är dock verkningsgrader för fjärrvärme kring 85 % helt orealistiska på grund av de avsevärda distributionsledningsförlusterna i ledningsnätet till gles småhusbebyggelse. Vid ordinär sådan bebyggelse ligger ledningsförlusterna oftast kring 30-35 %, vartill kommer de ofrånkomliga förlusterna i resp. fjärrvärmeverk. Omvänt är dock de vid fjärrvärmeverken använda tjockoljorna betydligt billigare än de vid småhusuppvärmningen använda tunna eldningsoljorna. Omräknat till netto energipris per kWh blir energikostnaderna framme hos konsumenten ungefär desamma vid fjärrvärme och vid individuell oljevärme med AKA-systemets antagna verkningsgrad kring 85 %.

Härtill kommer dock vid fjärrvärme det vid småhusområden mycket dyra ledningssystemet. Fjärrvärmeuppvärmning vid småhus är därför ingalunda så överlägsen individuell oljeuppvärmning som det ibland kan framskymta i diskussionen.

Av ovannämnda skäl har samtidigt den faktiska verkningsgraden vid AKA-systemet med oljeeldning varit av stor betydelse och därför ägnats särskild uppmärksamhet vid provningarna.

Årsmedelverkningsgraden kan vid AKA-systemet på grund av dettas konstruktion med god noggrannhet beräknas på basis av relativt kortvariga mätningar. Man behöver nämligen egentligen endast mäta den effektiva värmemängd, som erfordras för att ladda upp ackumulatorn under en "heating cycle" och jämföra denna med lätt mätbar tillförd värmemängd.

Värme som en gång tillförts ackumulatorn i form av upphetat vatten kan nämligen som i sin helhet nyttiggörbar energi tillföras byggnaden för radiatorsystemets och v.v.-systemets uppvärmning. Ackumulatorns enda förluster utåt är dess isoleringsförluster, men eftersom ackumulatorn själv är luktfri och ljudstörningsfri har den förutsatts normalt placerad i utrymme, som skall uppvärmas. Eftersom ackumulatorns isoleringsförluster genom utstrålad värme (av genomsnittliga storleksordningen 100 - 120 kcal/tim) under så gott som hela året endast utgör en mindre del av värmeåtgången i ackumulatorn omgivande placeringsutrymme, kan dessa förluster normalt utnyttjas som "basvärme" i detta utrymme. Det är endast under en del av sommaren som dessa förluster - vars storlek f.ö. genom vissa åtgärder kan minimeras under lågbelastningstid - erhåller karaktären av "onyttig värme". Man kan med tämligen god noggrannhet beräkna storleken av denna sistnämnda onyttiga värme från ackumulatorn till något mindre än 1 % av totala årsvärmeförbrukningen. Vid kalla somrar kan t.o.m. den obetydliga basvärmen från ackumulatorn nyttiggöras även under sommarsäsongen.

Med beaktande av ovanstående synpunkter kan nyttiga årsmedelverkningsgraden beräknas om man känner värmebehovet för en normal "heating cycle". Vid provhuset har mätning härav - som upprepats i flera mätningssomgångar - skett på följande sätt:

Utgångspunkt för mätningen har varit en "urladdad" ackumulator och en oljeeldningspanna, som på i avsnitt A 5 beskrivet sätt nedkylts till närheten av rumstemperatur. Ackumulatorns värmehåll i detta utgångsläge har bestämts genom att multipli-

cera de av en skrivare registrerade temperaturerna i ackumulatorns förutnämnda "vattenskivor" med resp. skivors värmekapacitet och summera produkterna för hela ackumulatorn.

Den här beräkning har genomförts noggrant. Vid beräkningen av resp. skivors värmekapacitet har exempelvis beaktats att vattnets densitet inte är 1,000 utan varierar med temperaturen - för beräkningen har därför använts densitetsvärden enligt fysikaliska tabellverk, som anger de densiteter som motsvarar de registrerade temperaturerna i resp. skivor. Även specifika värmen (värmekapacitet) varierar och har införts med sina resp. tabellvärden. Det finns emellertid andra variabler, vartill senare skall återkommas.

Sedan utgångsvärdena bestämts genomgår ackumulatorn i avsnitt A 5 beskriven uppladdning, varefter värmepannan åter nedkyles till utgångsläget enligt AKA-systemets förut beskrivna principer. Under mätperioden är all belastning på ackumulatorn avkopplad, d.v.s. radiatorsystemet är avstängt och ingen v.v.-tappning förekommer. Sedan temperaturerna inom ackumulatorn efter en kort stund stabiliserats mätes ånyo med skrivaren de olika "skivornas" nya temperaturer, och ackumulatorns nya värmeinnehåll beräknas på samma sätt som förut. Skillnaden gentemot utgångsläget representerar - före vissa korrektioner - den nyttiga värmemängd, som lagrats i ackumulatorn.

Under värmeuppladdningen mätes oljeförbrukningen med den på Bild 4 synliga utrustningen. Eldningsoljan är förvarad i en plastdunk, som står på en balansvåg och som med böjliga slangar är förbunden med oljebrännaren. Den förbrukade oljemängden kan alltså mätas genom vägning av oljedunken före och efter uppladdning. Oljans energiinnehåll har beräknats genom att multiplicera uppbränd kvantitet med värmevärdet 10,2 Mcal per kg olja.

Åtminstone för en grovkalkyl skulle verkningsgraden nu kunna bestämmas för en "heating cycle" - årsförbrukningen utgör summan av oljeförbrukningen under ett större antal sådana "heating cycles", där verkningsgraden (vid oförändrad brännarfunktion) är i princip densamma vid varje uppladdning. Vid en noggrann kalkyl

måste emellertid ytterligare vissa korrektioner beaktas.

En sådan korrektion avser att under uppladdningen viss hetvattenmängd undantränges till expansionskärlet. Det är viktigt att denna värmemängd kommer husets uppvärmning tillgodo, och expansionskärlet skall därför placeras så, att dess värmeinnehåll alltid kommer husuppvärmningen tillgodo.

En mera svårbestämd korrektion avser att man visserligen noggrant känner de förutnämnda "vattenskiivornas" volymer, temperaturer, densitet och spec. värme vid olika temperaturer, men man känner ej exakt hur stor del av övriga upphettade massor, som magasinerar värme och som hämtat denna värme från den förbrända och uppvägda oljekvantiteten. Dessa massor är främst de delar av plåttankmaterialet, som angränsar till vattenmassan i ackumulatorn och som upphettas av detta, vidare delar av närmast intill plåttanken anliggande isoleringsmaterial och ännu mera svårbestämt isolerade ledningar mellan ackumulator och värmepanna med ventiler m.m.

Sistnämnda korrektion är nästan omöjlig att exakt beräkna. Den har i stället med betydande noggrannhet kunnat beräknas genom alternativ elektrisk uppvärmning av ackumulatorn. Elvärmen har tillförts ackumulatorn genom de i densamma anordnade elpatronerna, och energiförbrukningen har samtidigt kunnat mätas med en direkt för ackumulatoruppvärmningen avsedd elmätare. Genom att elektriskt uppvärma ackumulatorn till samma nivå som vid oljevärmeuppladdningen kan mycket noggrant beräknas ackumulators verkliga värmekapacitet inklusive kapaciteten hos plåttank, isolering, anslutna ledningsdetaljer m.m., vilka data sedan kan användas för beräkning av verkningsgraden vid oljeeldningsuppvärmning.

Korrektion måste slutligen enligt motsvarande principer utföras för värmeinnehållet i värmepannan efter avslutad heating cycle, men här gäller det relativt små värmekvantiteter. Slutligen har på basis av gjorda isoleringsförlustmätningar från ackumulatorn korrigerat skett för vissa olikheter i tid för vissa mätningssavläsningar.

En mera detaljerad redovisning för nu nämnda mätningar kom-

mer att lämnas av Erik Lundström i hans specialrapport från verkningsgradsmätningarna. Enligt de härövan översiktligt beskrivna principerna har emellertid nyttiga verkningsgraden för den senaste utvecklingsfromen av AKA-systemet under en komplett heating cycle kunnat beräknas till 86 % före "sommaravdraget", vilket sistnämnda enligt ovan utgör ca 1 %. Mätningarna av inverkan på verkningsgraden har givetvis upprepats.

Verkningsgraden enligt ovan anger alltså den totala energimängden i bränslet, som tillförts ackumulatören och som går att tillvarata som nyttig värme, allt uttryckt i procent av bränslets teoretiska totala energiinnehåll.

Den enda rimligen kvarvarande faktor, som kan ändra årsmedelverkningsgraden, är ändringar i oljebrännarens och värmepannans (inkl. skorstenens) effektivitet. Vid konventionella system försämras onekligen verkningsgraden en hel del mellan t.ex. rengöringar av oljebrännaren o.d. Dessa ändringar är emellertid vid AKA-systemet synbarligen små och i varje fall betydligt mindre än vid konventionell oljeeldning, eftersom förbränningen i förra fallet sker i långa perioder och utan de ständiga starter av oljebrännaren, som förekommer vid konventionella brännare på sätt tidigare (sid 17) redan omnämnts.

Mätningarna vid provhusanläggningen har också omfattat undersökningar av røkgastemperaturen i skorstenen. Dessa har givit indikationer hur nyttiga verkningsgraden vid oljeeldning i kombination med en ackumulator enligt AKA-systemet skulle kunna ytterligare förbättras, men för redogörelse härför kan hänvisas till Erik Lundströms speciella rapport.

En annan mätning har vidare genomförts betr. skillnaden i verkningsgrad mellan konventionell oljeeldning med ständiga starter av oljebrännaren och de långvariga eldningsperioder, som är möjliga vid AKA-systemet. Skillnaderna ha hittills beräknats till totalt med vissa tidspåverkningsgrad 4,5 %.

I fortsättningen planeras att på liknande sätt söka mäta också verkningsgraden vid ved- och kanske kokseldning, där osäkerheter i bränslets energiinnehåll dock kan vålla vissa osäkerhetsproblem.

A 13. Detaljredovisning av AKA-systemets verkningsgrad enligt provningar i provhus E.L.

Allmänt.

För att kunna mäta verkningsgraden för i föregående avsnitt beskrivna värmesystem har med stöd av anslag från BFR i rubr. "provhus" utförts en provanläggning. Anläggningen består av en "ackumulator", dvs en välisolerad vattentank, här med drygt 1000 liters volym, och en till denna ansluten konventionell värmepanna för olje- eller fastbränsleeldning. Temperaturmätningar har utförts på panna och ackumulatortank under kontinuerlig drift. Provanläggningen har försett huset med både tappvarmvatten och värme till husuppvärmningen. Huset har under provningarna bebotts av en familj bestående av två vuxna och två barn. Parallellt med provanläggningen är en elvärmepanna installerad för att möjliggöra värmning av huset när provanläggningen måste hållas avstängd bl.a. för bestämning av vissa utgångsvärden.

För att kunna mäta verkningsgraden vid provanläggningen måste fyra funktioner först bestämmas. Dessa äro:

- a) Värmepannans energiinnehåll vid olika temperaturer
- b) Ackumulatorns energiinnehåll vid olika temperaturer
- c) Värmepannans egenförluster som funktion av temperatur och tid
- d) Ackumulatortankens egenförluster som funktion av temperatur och tid.

Vid verkningsgradsberäkningarna fungerar ackumulatortanken som "energimätare". Genom att mäta ackumulatorvattnets temperaturändring och med ovanstående fyra funktioner kända kan verkningsgraden för olika delar av värmesystemet och för systemet i sin helhet bestämmas.

Mätningstrustningen för de olika mätningarna är redan i huvudsak beskriven under avsnitt A 11. Vissa kompletteringar kommer dock i det följande att anges.

a) Värmepannans energiinnehåll vid olika temperaturer

Den i provhuset installerade värmepannan är en s.k. allbränslepanna för olje- eller vedeldning m.m. av fabrikat Euronom V 30 UB (utan varmvattenberedare), nr 10066, tillverkningsår 1975, installerad 1977, se Fig. 4 o 8 . Pannans vattenvolym är 96 liter och eldstaden rymmer en fastbränslevolym av 75 liter. Pannkroppen är isolerad med ca 50 mm mineralullsmatta, och pannvikten utan vatten är 210 kg.

Den vid provningarna använda oljebrännaren är av fabrikat Electro-Oil Inter nr 11 med 0,6 gallons munstycke. Tillverkningsår 1975.

Till pannan är anslutet ett rökrör med en innerdiameter av 100 mm., dragen från pannan till skorstenstoppen. Rökkanalens höjd är 7,4 m räknat från toppen av pannan.

Pannvattnets energiinnehåll. Första steget i beräkningen av värmepannans energiinnehåll är att bestämma pannans vattenvolym. Den bestämdes genom vattenpåfyllning till topputloppet till 96 liter. Eftersom den för temperaturmätningarna använda Philips-skrivaren har möjlighet att registrera sex olika mätpunkter delades den totala vattenvolymen upp i sex horisontella "skivor", var och en med volymen 16 liter. Höjduitsträckningen av de olika "skivorna" kunde enkelt fastställas genom successiv vattenpåfyllning av pannan. I varje "skivas" medelpunkt i höjddled limmades därefter en temperaturgivare av koppar-konstantan fast utanpå pannkroppen under pannans isoleringsskikt. Givaren ger med god noggrannhet den momentana temperaturen av innanförvarande vattenskiva, eftersom temperaturfallet genom den väl värmeledande plåtmanteln innanför pannisoleringen kan betraktas som försvinnande jämfört med motsvarande vattenskivas temperatur.

Då pannans vattenfyllda horisontalsektion varierar utefter höjden blir vertikalavståndet mellan mätpunkterna i de volymmässigt lika stora "vattenskiorna" varierande, se fig. 9.

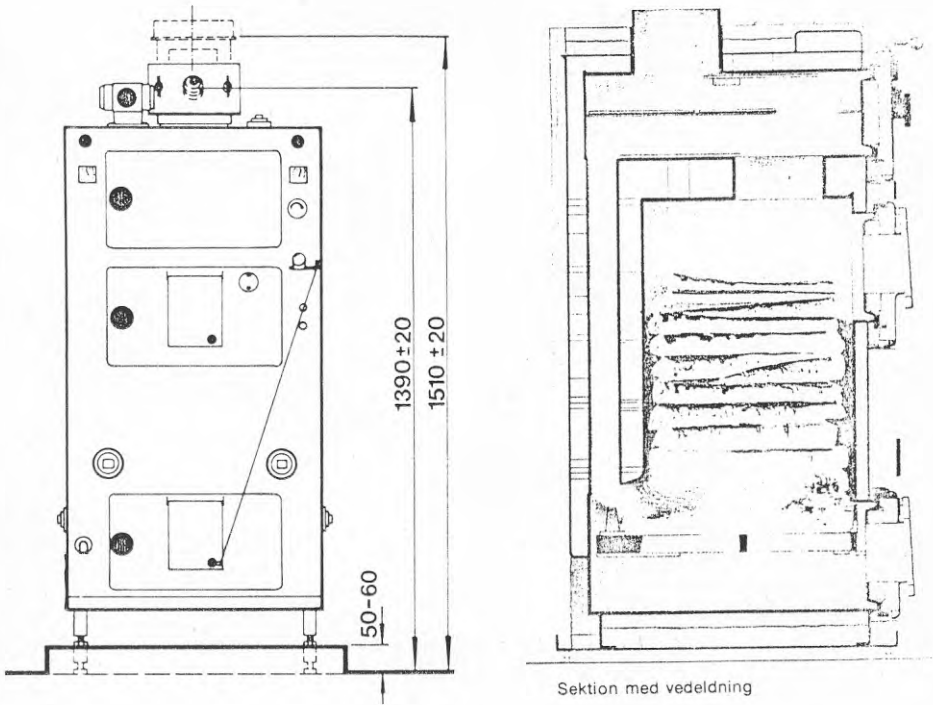


Fig. 8. Huvudmått för vid provningarna använd olje-allbränslepanna

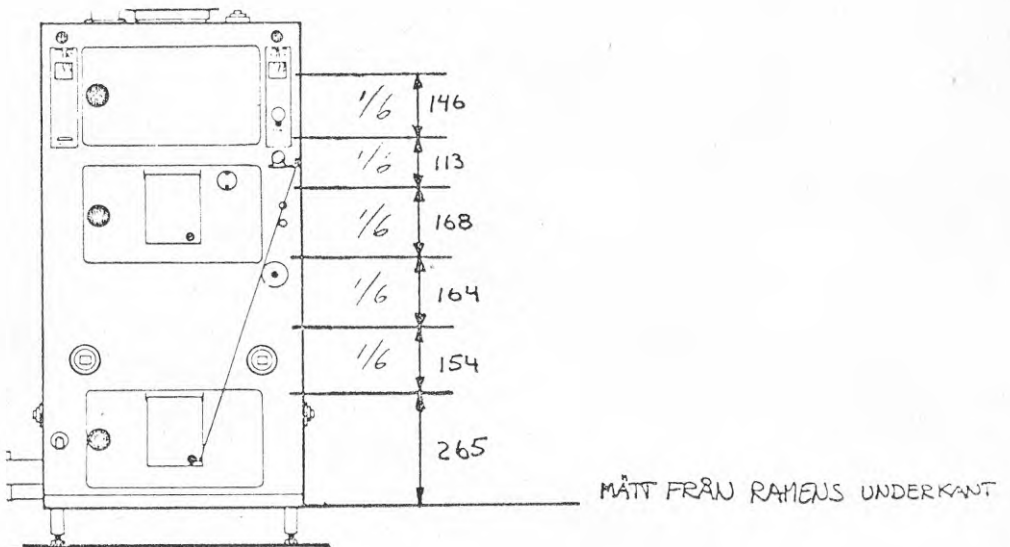


Fig. 9. Uppdelning av värme pannans vattenvolym i "vattenskivor"

När temperaturen är uppmätt och känd i sex olika punkter av värmepannans vattenmassa kan ett representativt medelvärde för pannvattnets temperatur beräknas vid valfri tidpunkt. Beräkningsmetoden förutsätter att vattentemperaturen inte varierar i horisontalled. Vid stationära förhållanden har genom särskilda mätningar verifierats att så med försumbara avvikelser är förhållandet.

Med känd volym och känd temperatur för de olika mätpunkterna kan energiinnehållet i värmepannan i princip beräknas. Härvid måste emellertid vid en noggrannare beräkning observeras, att vattnets densitet varierar med temperaturen - den kan alltså inte införas i beräkningarna med värdet 1,00. Likaså varierar dess specifika värme (dess värmekapacitet) med temperaturen.

För att kunna genomföra beräkningarna av pannvattnets energiinnehåll vid olika temperaturer har därför med utnyttjande av fysikaliska tabellverk upprättats kurvor över både värmekapacitetens och densitetens variation med temperaturen, se resp. fig. 10 och fig. 11.

Dessa värden påverkas ytterligare av om vattnet är "naturligt vatten" eller "avlufat vatten" - vid ett värmesystem bortgår efter upphettning bl.a. vattnets syreinnehåll och vattnet övergår till "avlufat vatten". Det är värden för sådant vatten som angivits i kurvorna i fig. 10 och 11. Man observerar av kurvorna att värmekapaciteten inom temperaturintervallet $0-100^{\circ}$ C varierar mellan 0,998 och 1,007 eller med närmare 1 %, medan densiteten inom samma temperaturintervall varierar mellan ca 0,958 och 1,00 eller med nära 5 %.

För att underlätta beräkningarna har också ett diagram upprättats som anger produkten av densitet ρ och värmekapacitet c_p , se fig. 12 .

Pannkroppens energiinnehåll. Förutom energiinnehållet i pannans vattenvolym lagrar även pannkroppen energi. Pannvattnets värmemagasin skall därför ökas med värmemagasinet

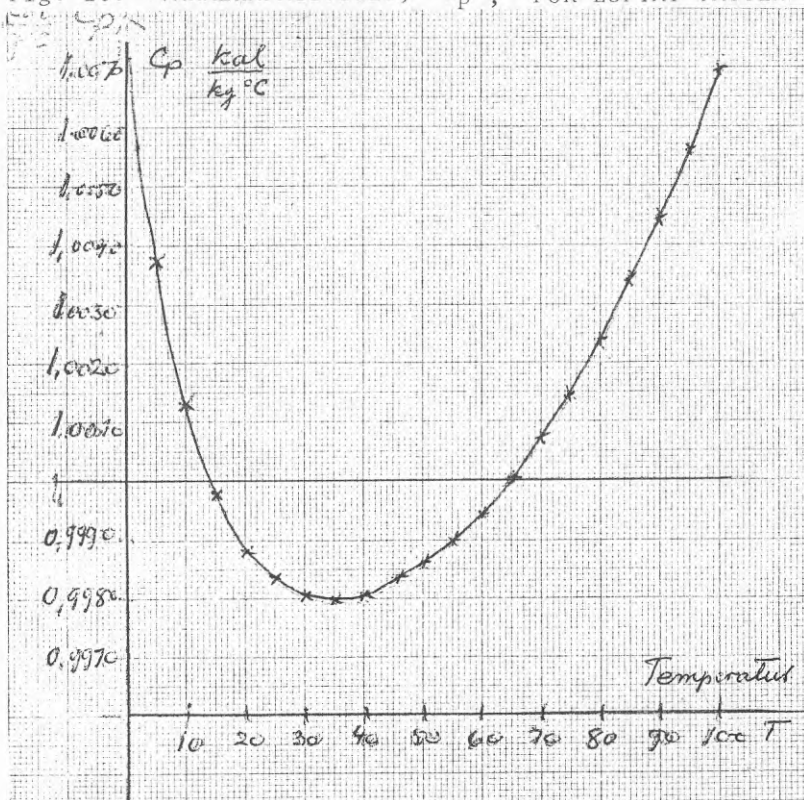
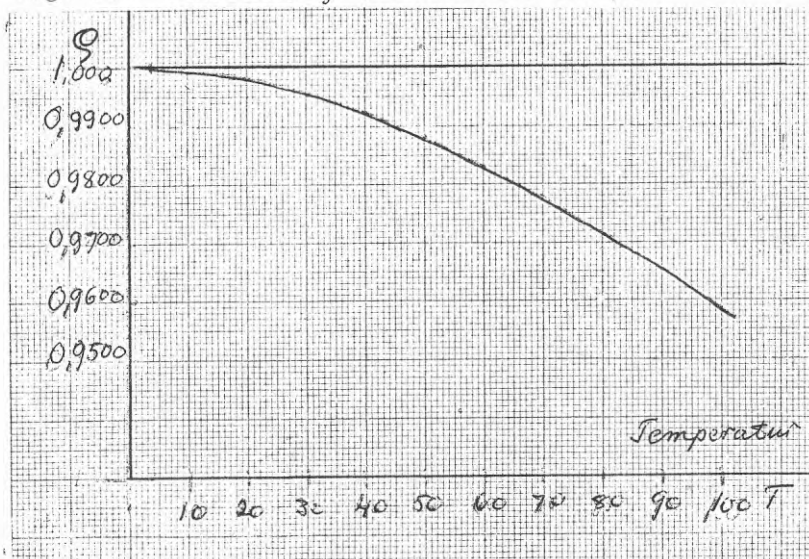
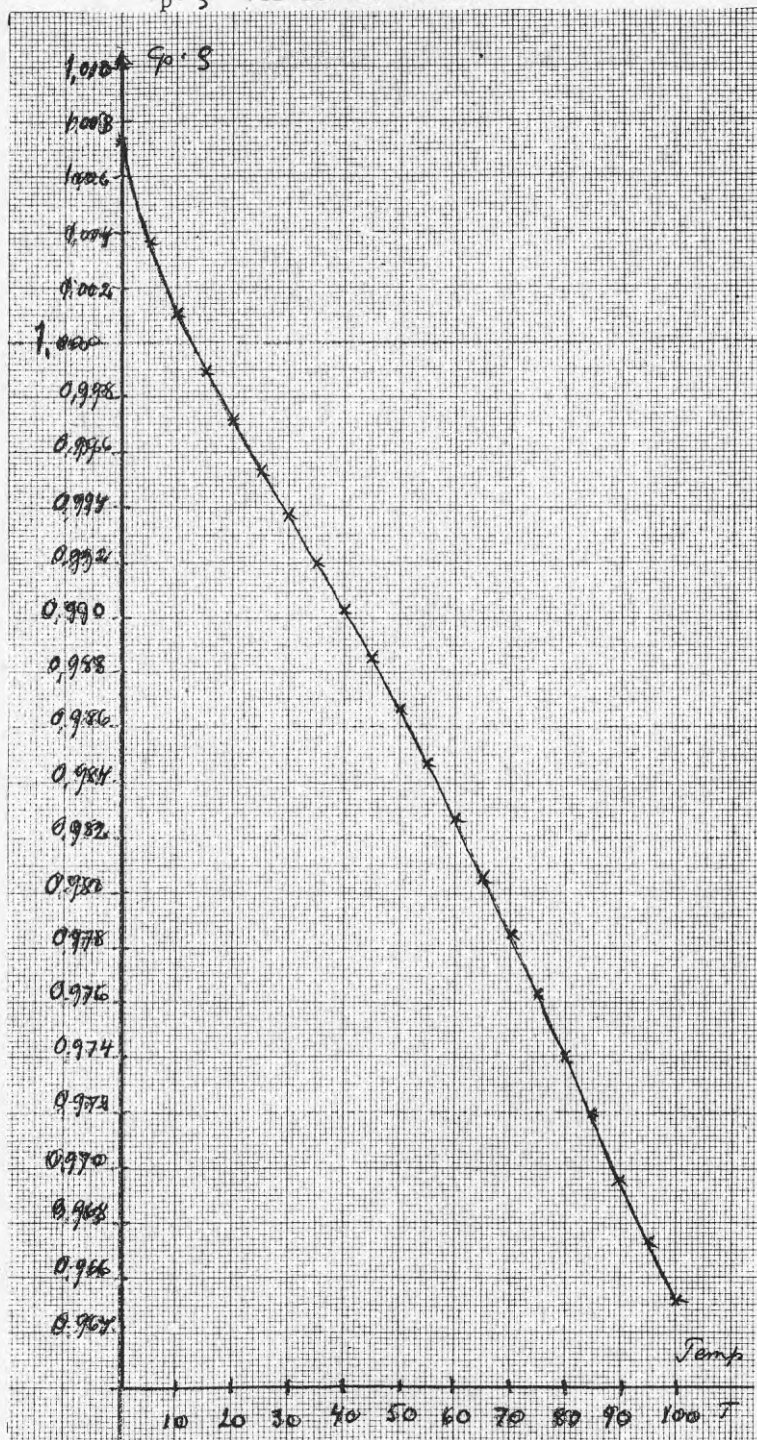
Fig. 10. VÄRMEKAPACIVITET, C_p , FÖR LUFTAT VATTENFig. 11. DENSITET, ρ , FÖR LUFTAT VATTEN

Fig. 12. $\rho \cdot c_p \cdot \rho$
 PRODUKTEN AV VÄRMEKAPACIVITET OCH DENSITET
 VID LUFTAT VATTEN



i den del av pannans järnmaterial, som omsluter det uppvärmda vattnet och följer dettas temperaturförändringar. Att exakt beräkna denna del av järnmaterialiet vid provanläggningen har inte varit möjligt, utan härvidlag har beräkningen måst baseras på en rimlig uppskattning. Ett mindre fel i uppskattningen av denna del av järnmaterialiet har dock rätt liten inverkan på resultatet, eftersom järnmaterialiets värmekapacitet (ca 0,11) är liten relativt vattnets (ca 1,00).

I efterföljande beräkning har antagits att av pannans totalvikt, 210 kg (tillverkarens uppgift), 150 kg utgör vikten av den järnmantel ("stålmantel"), som omsluter pannvattnet. Denna järnmassa motsvarar appr. $150 \times 0,11 = 16$ liter vatten ($m \cdot c_p \text{ järn} = m \cdot c_p \text{ vatten}$).

Summan av vattnets värmekapacitet och nyssnämnda del av pannan motsvarar totalt den materialmängd, som vid upphettning lagrar och vid avsvälning avger värme, och den har här omräknats till kvantitet vatten, här benämnd "ekvivalenta vattenvolymer" eller "ekvivalenta vattenvärdet". För den aktuella värmepannan är detta värde alltså för en helt vattenfylld panna = $96 + 16 = 112$ liter.

Värmepannans energiinnehåll vid viss medeltemperatur $T_{p\text{-med}}$ kan därför fortsättningsvis beräknas ur formeln

$$E_p = V_p \cdot T_{p\text{-med}} \cdot \rho \cdot c_p \cdot T_{p\text{-med}} \cdot 1,163 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$$

där E_p = pannans energiinnehåll vid medeltemperatur $T_{p\text{-med}}$

$$V_p = \text{pannans ekvivalenta vattenvolym (112 liter)}$$

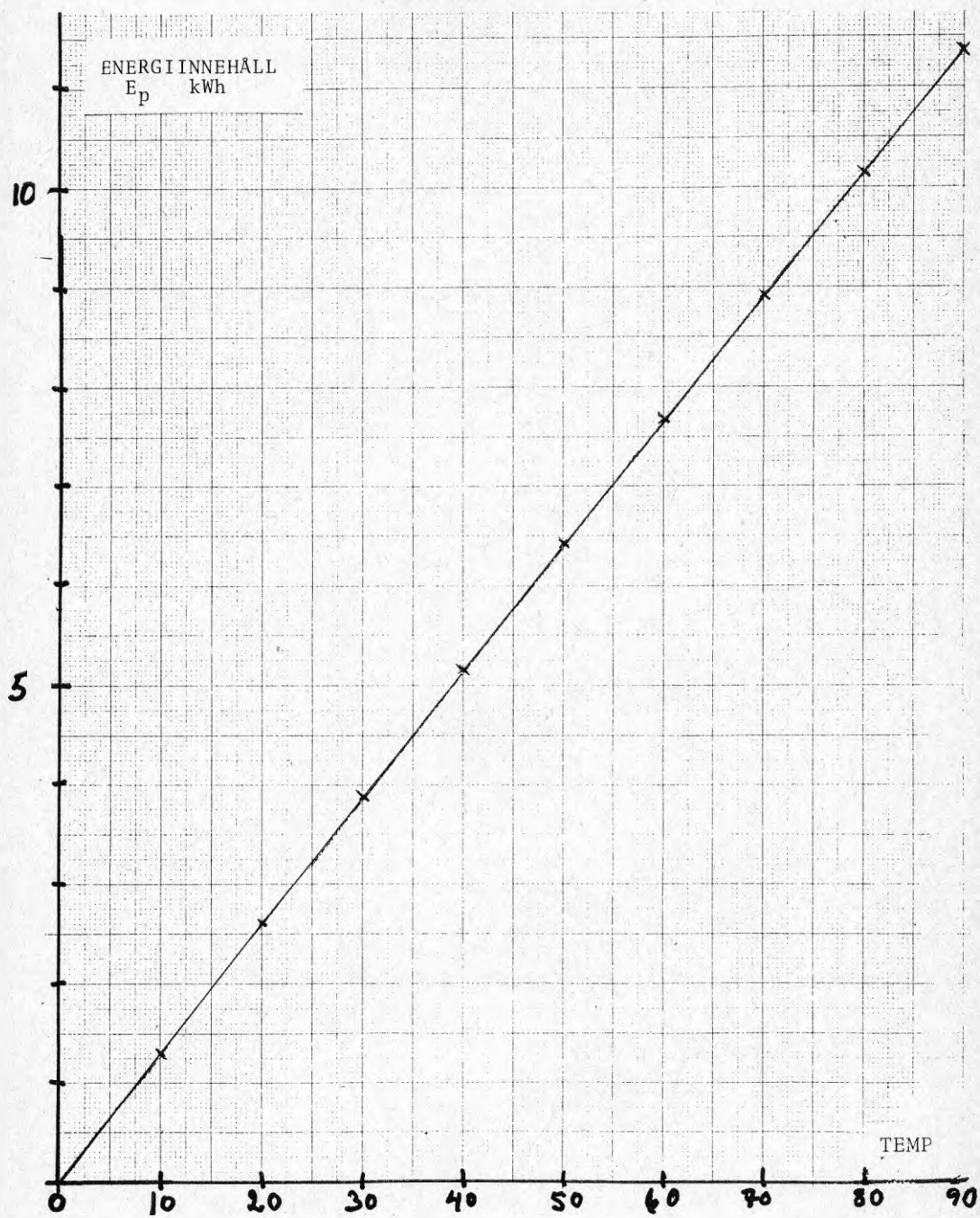
$$T_{p\text{-med}} = \text{pannvattnets medeltemperatur}$$

$$\rho \cdot c_p = \text{produkten av vattnets densitet och värmekapacitet vid temperaturen } T_{p\text{-med}}$$

$$1,163 \cdot 10^{-3} = \text{omräkningsfaktor från kcal till kWh.}$$

Ett diagram över värmepannans energiinnehåll i enlighet med den här angivna formeln som funktion av dess medeltemperatur har upprättats enligt fig. 13.

Fig. 13. VÄRMEPANNANS ENERGIINNEHÅLL SOM FUNKTION AV TEMPERATUREN T_p -med



Egentligen borde man också ta hänsyn till den volymändring, som pannan genomgår vid temperaturändringar. Man finner emellertid att denna volymändring, som kan beräknas till $36 \cdot 10^{-6}$ volymsenheter per grads temperaturändring, endast motsvarar ca 3 promille av pannvolymen. Detta är en term av andra storleksordningen och har i föreliggande fall ansetts försumbar.

I ovanstående formel har pannans energiinnehåll beräknats med 0°C som referenspunkt eller m.a.o. energinivån antagits = 0 vid 0°C .

b) Ackumulatorns energiinnehåll vid olika temperaturer

Den i provhuset installerade ackumulatortanken, Fig. 14, är av svetsad 3 mm stålplåt i form av en cylinder med 800 mm diameter och 2086 mm höjd (utvändiga mått). Tanken är försedd med en demonterbar manlucka med 500 mm diameter, till vilken en varmvattenberedare av genomströmningstyp är ansluten. Ackumulatortanken har inklusive utbuktningen invid manluckan en teoretisk volym av 1030 liter. Cylinderns omslutningsyta är $6,24 \text{ m}^2$ och tankens plåtmaterial har en volym av 19 liter, vilket motsvarar en vikt av 148 kg, röranslutningar och inre förstävningar oräknade. Isolering av tank och tillhörande rörledning har utförts på platsen. Isoleringen av tankens omslutningsytor är utförd med 120 mm mineralull utan utvändig beklädnad. Teoretiskt k-värde för denna isolering är $0,37 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. I toppen av ackumulatortanken är inmonterad en batteriberedare för tappvarmvatten, och i botten två elpatroner med en effekt av 6,3 kW vardera.

Akkumulatortanken har utöver sin funktion som ackumulator i värmesystemet också utnyttjats som "energimätare." Genom att följa temperaturändringar i ackumulatorns vattenmassa kan man beräkna av ackumulatortanken upptagen resp. angiven energimängd. Detta förutsätter att energiinnehållet är känt som funktion av temperaturen.

För beräkning av vattenmassans medeltemperatur har ackumulatortanken på liknande sätt som vid värme pannan indelats i, här 12 stycken, horisontella "skivor", som var

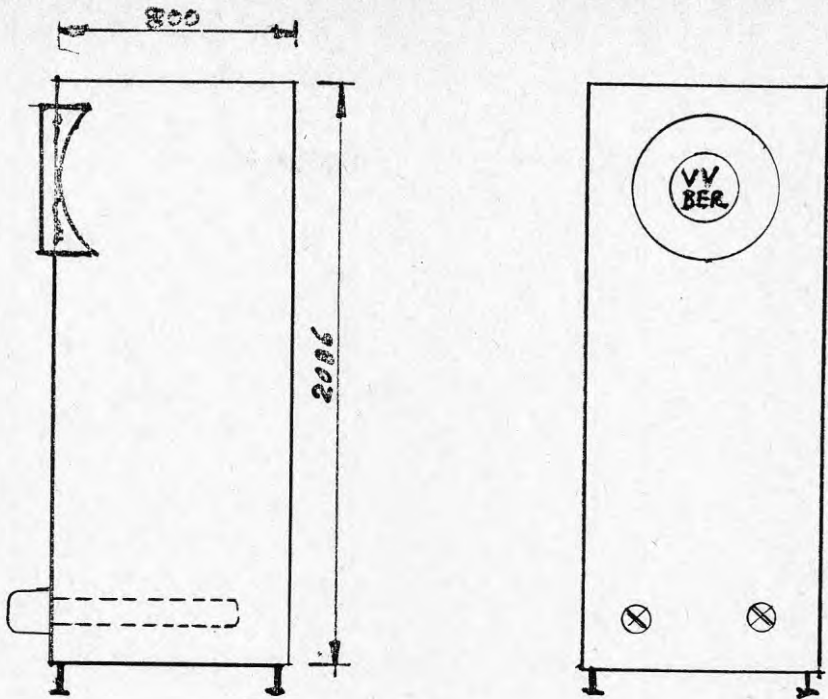


Fig. 14. Huvudmått för vid provningarna använd akkumulator

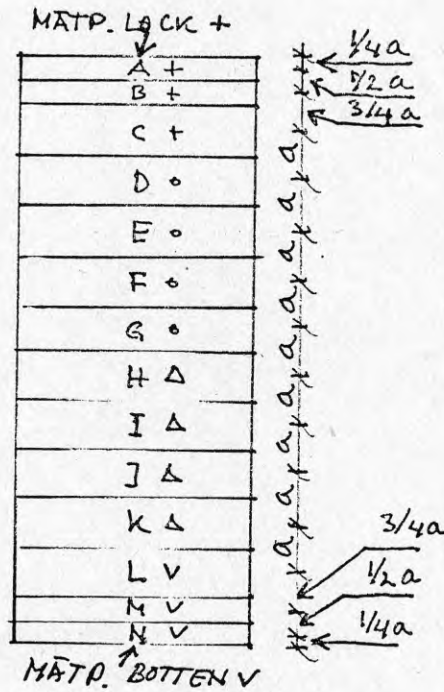


Fig. 15. Uppdelning av akkumulatorns vattenvolym i "vattenskivor"

och en motsvarar $1/12$ av totala tankvolymen. I varje skivas medelpunkt i höjddled fastlimmas en temperaturgivare av koppar-constantan utanpå tankplåten. För att få en bättre uppfattning om temperaturen i toppen resp. botten av ackumulatorn delades skiva 1 och skiva 12 på mitten (i höjddled) i två "halvskivor". Även samtliga fyra "halvskivor" försågs med en pålimmad temperaturgivare i resp. medelpunkter. De totalt 14 skivorna ha betecknats med bokstäverna A-N räknat uppifrån. Dessutom limmades en givare fast i centrum av tankens lock och en givare i centrum av tankbotten för att ge upplysning om tanktemperaturernas randvärden.

Placeringen av de 16 mätpunkterna på ackumulatorn, mätpunktssymboler vid den skrivare som registrerar ackumulatorskivornas temperaturer samt beteckningar på de olika "skivorna" framgår av Fig. 15. Beräkningen förutsätter liksom vid värmepannan att vattentemperaturen inte nämnvärt varierar i horisontalled (sidled).

För att kontrollera sistnämnda förhållande har "termoelementfickor" i form av i ena änden avtätade rör av olika längd insvetsats på en och samma nivå i ackumulatorn. Fyra olika långa och därmed olika långt in i vattenmassan inträngande "termoelementfickor" ha anbragts, varigenom temperaturen kunnat uppmätas i vattenmassan på samma höjdnivå men på olika avstånd från tankens centrum. Dessa mätningar ha visat den sålunda undersökta "vattenskivan" även under pågående ackumulatoruppladdning med ett undantag haft samma temperatur i samtliga mätta punkter på samma höjdnivå.

Undantaget var den yttersta mätpunkten, alltså den som representerades av den på tankplåten pålimmade givaren. Denna givare visade ca $0,3^{\circ}\text{C}$ lägre temperatur än de inuti vattenmassan befintliga mätpunkterna. Den obetydliga avvikningen var emellertid fullt naturlig med tanke på temperaturfallet mellan in- och utsida av ackumulatorplåten samt värmeförlusterna genom ackumulatorns isoleringshölje.

Exempel på temperaturmätningar med Honeywell-skrivaren ansluten till ackumulatorns 16 mätpunkter visas i fig. 16. De sexton kurvorna har i originalet fyra olika färger, lila, röd, svart och blå och för varje färg fyra olika symboltecken, +, 0, ∇ och V. Totalt registreras därigenom 16 olika värden för sig identifierbara temperaturvärden. Fig. 16 visar karakteristiskt temperaturförlopp under en uppladdning av ackumulatortanken.

De olika "vattensnivåernas" medeltemperaturer kan med utgående från skrivarens registreringar nu bestämmas, dels före och dels efter en ackumulatoruppladdning och därmed också hela ackumulatorns medeltemperatur resp. totala energiinnehåll före och efter en uppladdning. Liksom för värmepannan har energiinnehållet hos ackumulatortanken beräknats med 0°C som referenspunkt. Energinivån i ackumulatortanken är alltså 0 vid 0°C .

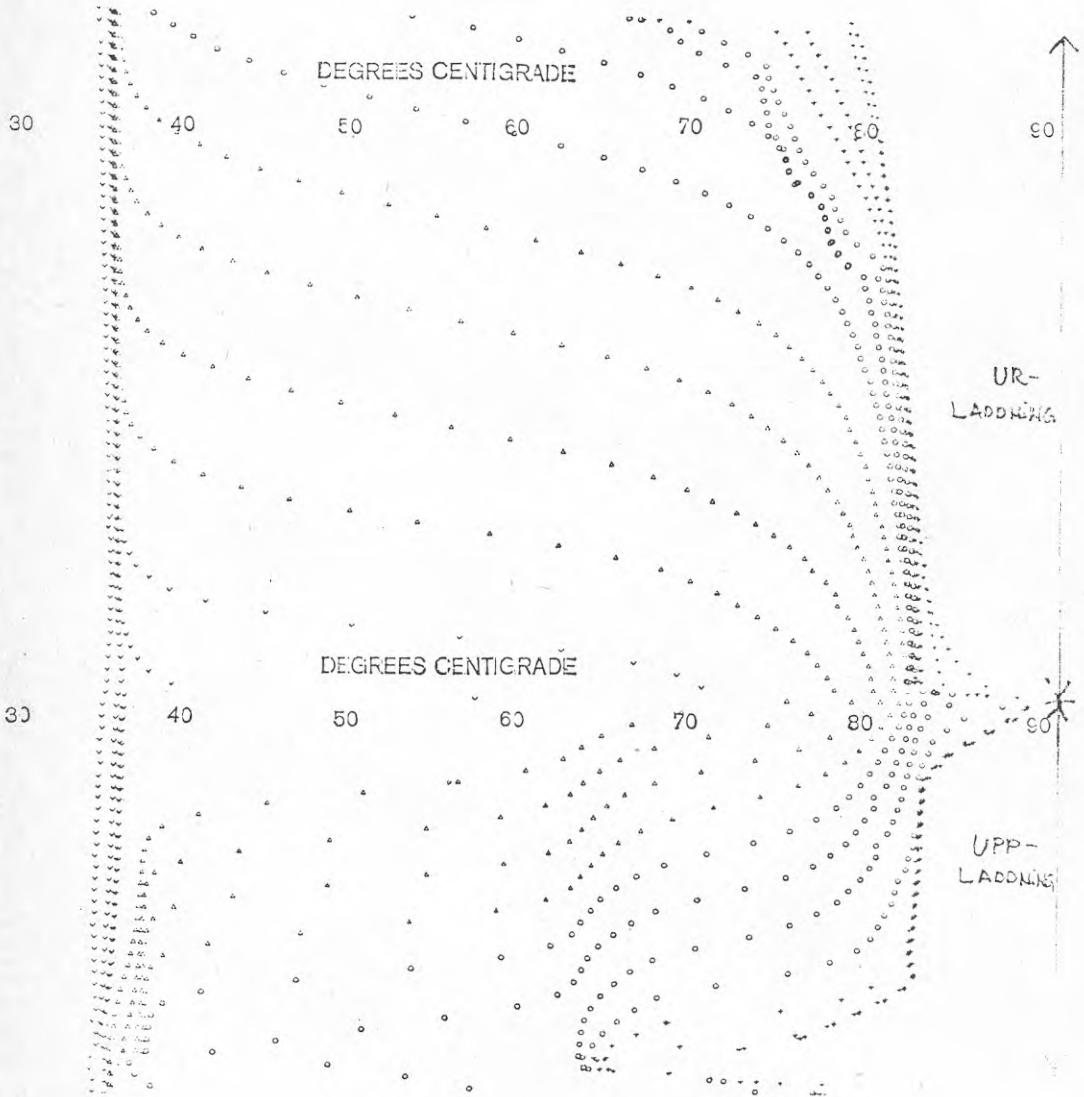
Skillnaden mellan ackumulatorns energiinnehåll före och efter uppladdningen skall därefter jämföras med den till värmepannan tillförda bruttoenergin, t.ex. viss kvantitet eldningsolja, för att erhålla systemets verkningsgrad.

Vid beräkningen av ackumulatorns medeltemperatur har de olika mätpunkternas individuella temperaturer sammanställts i en tabell enligt följande exempel:

Mät- punkt	A +	B +	C +	D 0	E 0	F 0	G 0	H Δ	I Δ	J Δ	K Δ	L V	M V	N V	Medel
Temp.															
Temp.															

I denna tabell innehåller rubrikhuvudet beteckningarna för de olika vattensnivåerna, och därefter den översta horisontella raden värdena för ackumulatorns uppladdning och den undre raden värdena efter en uppladdning.

FIG. 16. EXEMPEL PÅ TEMPERATURMÄTNINGAR MED HONEYWELL-SKRIVAREN ANSLUTEN TILL ACKUMULATORNS 16 MÄTPUNKTER. DE SEXTON KURVORNA HAR I ORIGINALAET OLIKA FÄRGER, LILA, RÖD, SVART OCH BLÅ SAMT FYRA SYMBOLER +, 0, ▽ OCH V. FIGUREN VISAR ETT KARAKTERISTISKT TEMPERATURFÖRLOPP UNDER EN UPPLADDNING AV ACKUMULATORTANKEN



Vertikalkolumnen A (+) innehåller temperaturerna före och efter uppladdningen för den översta "halvskivan" utgörande 1/24 av totala volymen. Sedan följer mätpunkt för mätpunkt i ordning uppifrån och ned, där N är nedersta "halvskivan". I sista vertikalkolumnen, "Medel", införes de båda erhållna medeltemperaturerna enligt

$$T_{a-\text{med}} = \frac{\left(\frac{A+B}{2} + C + D + E + F + G + H + I + J + K + L + \frac{M+N}{2} \right)}{12}$$

De sålunda beräknade båda medeltemperaturerna utgör medeltemperaturen i ackumulatorns vattenmassa före resp. efter en uppladdning.

Akkumulatorns energiinnehåll vid en given temperatur kan sedan i princip beräknas på samma sätt som för värmepannan. En speciell svårighet när det gäller ackumulatören har dock varit att uppskatta såväl den riktiga volymen av ackumulatorns vattenmassa som "vattenvärdet" av omgivande plåthölje och isolering. Ackumulatören vid provanläggningen har nämligen - för att möjliggöra vissa ändringsarbeten som följd av successivt erhållna provningsresultat - en från en "normalackumulator" ganska kraftigt avvikande utformning. Bl.a. förekommer borttagbar gavel för varmvattenberedaren, och vidare har av särskilda skäl anslutits mycket grovdimensionerade anslutningsledning, som inte kommer att förekomma normalt. Riktig storlek av alla dessa oregelbundna "utsprång" från ackumulatortanken av olika slag kan inte geometriskt preciseras.

För att erhålla riktiga värden på hur nu nämnda oregelbundenheter inverkar på storleken av ackumulatorns ekvivalenta vattenvärde" har utnyttjats ackumulatorns normalt anordnade elektriska uppvärmningsanordning. Den vid provhuset använda ackumulatören är vid sin botten försedd med två elvärmepatroner med en total effekt av 12,6 kW. Energiinströmmen från dessa kan noggrant mätas med en elektrisk kWh-mätare. Genom att uppvärma ackumulatören jämte tillhörande anordningar elektriskt och i samband därmed avläsa temperaturstegringen i de olika "vattensnivåerna" och jämföra temperaturstegringen i medeltal för hela tanken med

förbrukad mängd elenergi, har ackumulatorns totala ackumuleringskapacitet, dess "vattenvärde", kunnat mätas utan någon volym- eller viktbestämning.

Denna "ekvivalenta ackumulatorvolym" eller "ekvivalenta vattenvärde" har bestäms till 1.102 liter genom två olika el-uppladdningar. Beräkningarna härav, som i och för sig kräver beaktande av ett flertal speciella faktorer, är emellertid relativt omständlig och har därför här beräknats i en särskild bilaga.

Sedan sålunda ackumulatorns ekvivalenta vattenvärde och dess medeltemperatur för visst fall beräknats, kan ackumulatorns energiinnehåll beräknas enligt samma principer som för värmepannan, i detta fall enligt formeln

$$E_a = V_a \cdot T_{a-med} \cdot \varrho \cdot c_p \cdot 1,163 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$$

där

$$E_a = \text{ackumulatorns energiinnehåll vid medeltemperaturen } T_{a-med}$$

$$V_a = \text{ackumulatorns ekvivalenta vattenvolym (1.102 liter)}$$

$$T_{a-med} = \text{ackumulatorvattnets medeltemperatur}$$

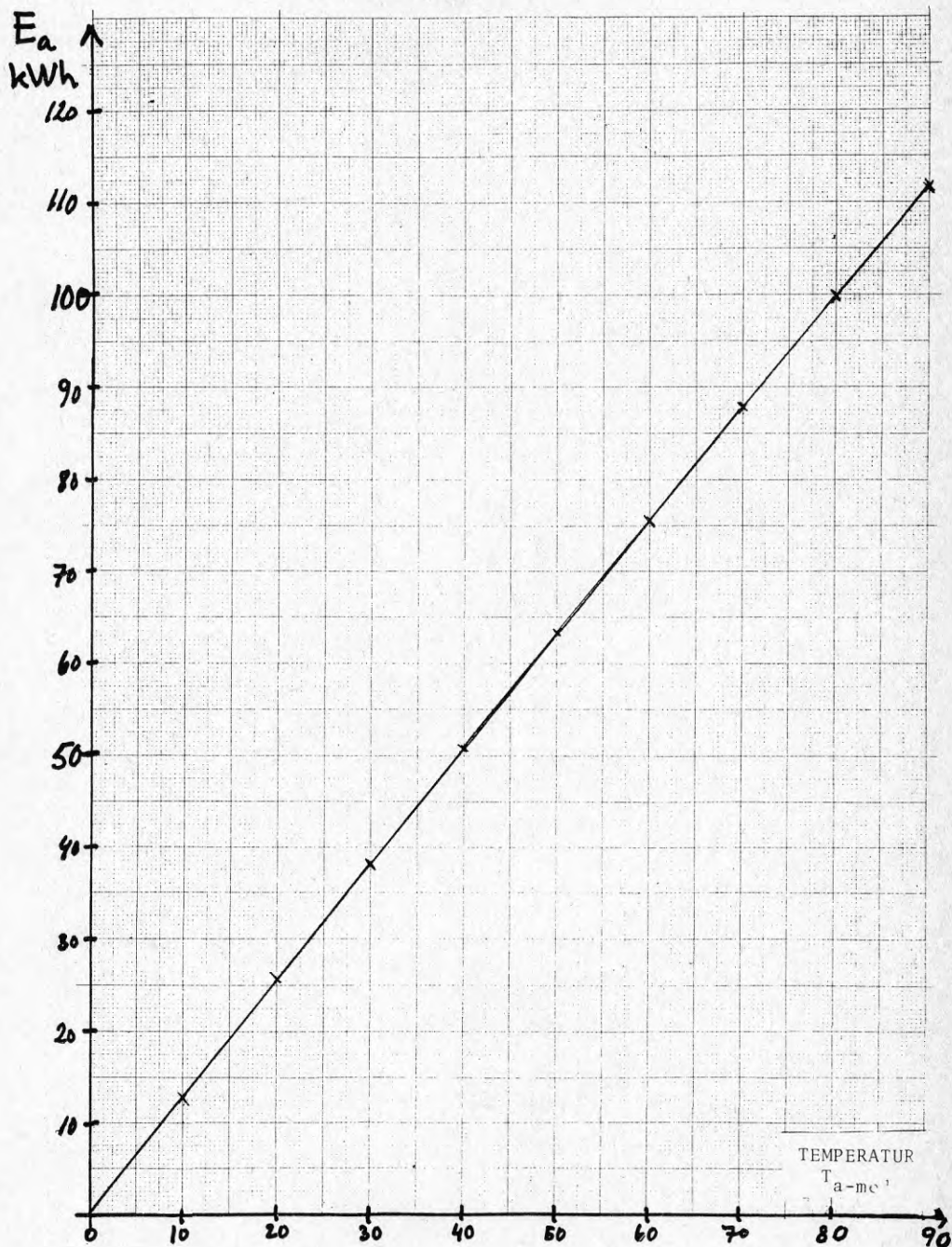
$$\varrho \cdot c_p = \text{produkten av vattnets densitet och värmekapacitet vid temperaturen } T_{a-med}, \text{ se fig. 12}$$

$$1,163 \cdot 10^{-3} = \text{onräkningsfaktor från kcal till kWh}$$

Med utgångspunkt från ovan redovisade beräkningar har ett diagram uppritats enligt fig. 17, där energiinnehållet i ackumulatort direkt kan avläsas som funktion av medeltemperaturen i ackumulatorns vattenmassa. Som förut nämnts är därvid energiinnehållet ("energinivån") beräknad med 0°C som referenspunkt, där ackumulatorns energinivå sålunda är = 0.

c) Värmepannans egenförluster som funktion av temperatur och tid.

När en värmepanna uppladdar en ackumulator så åtgår den pannan tillförda värmeenergin - t.ex. från en oljebrän-

FIG. 17. ACKKUMULATORNS ENERGIINNEHÅLL SOM FUNKTION AV TEMPERATUREN T_a -med

nare - inte enbart till att höja temperaturen i värmepanna och ackumulator, utan den åtgår också till att täcka pannans och ackumulators värmeförluster utåt under uppladdningsperioden på grund av strålning, transmission och ventilation. I den mån dessa förluster inte kan utnyttjas som nyttig uppvärmningsenergi utgör de onyttiga förluster, men oavsett om de är onyttiga eller kan tillgodogöras för husuppvärmningen måste man känna storleken av dessa förluster för att kunna beräkna både värmepannans och ackumulators eller värmesystemets verkningsgrad.

Värmepannans ifrågavarande egenförluster vid här aktuella temperaturförhållanden kan enklast och säkrast mätas genom att värmepannan först medelst oljebrännaren upphetas till ca 85° temperatur och därefter får avsvälva utan något värmeuttag till vare sig tappvarmvatten, radiatorer eller ackumulator. Temperatursänkningen i värmepannans vattenmassa utgör då ett mått på pannans värmeförluster genom strålning, transmission och drag-förluster genom pannan.

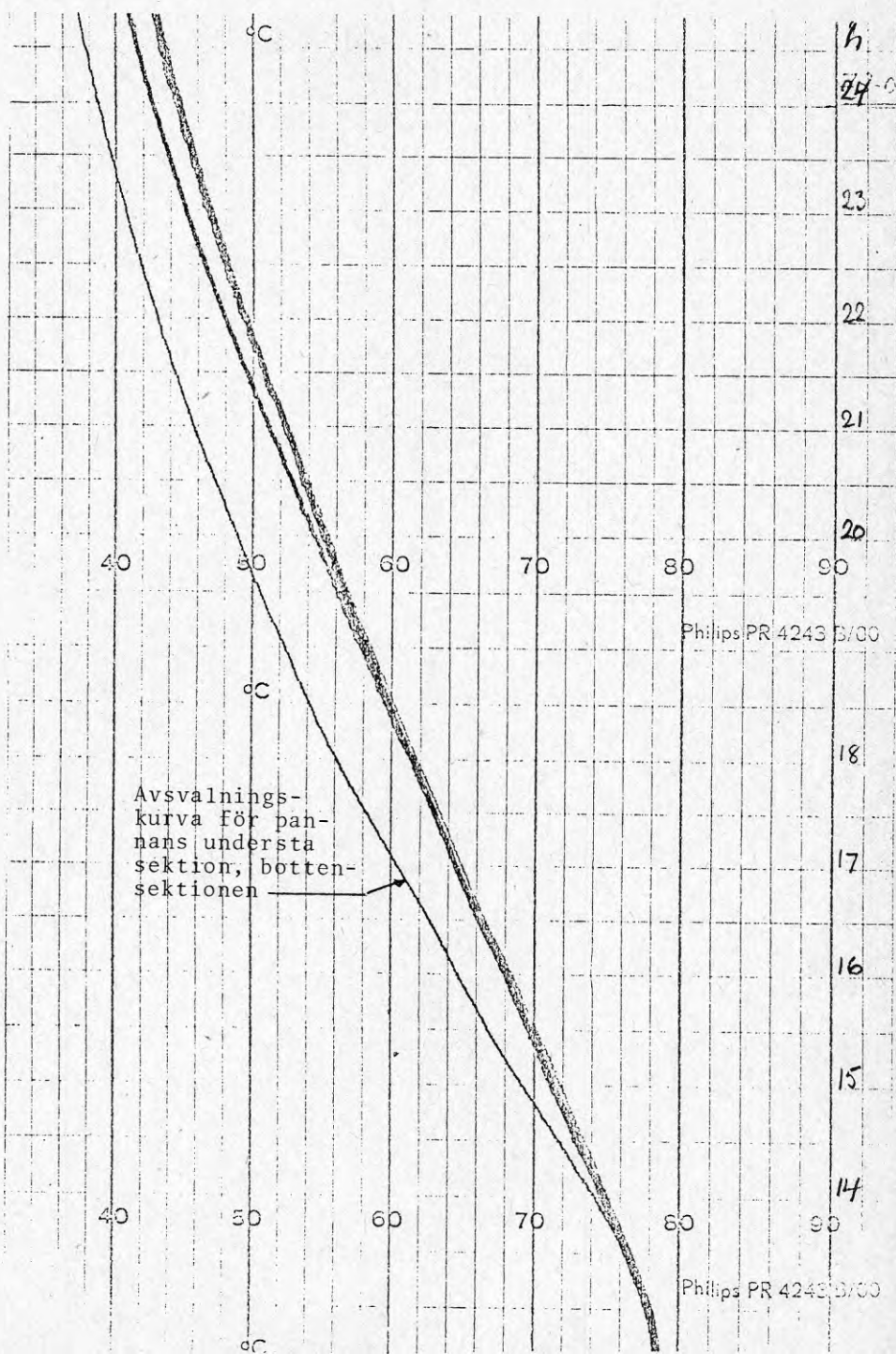
Avsvälvningskurvor har erhållits genom mätning av pannans temperatur i sex punkter med den kontinuerligt (var 12:te sekund per punkt) registrerande Philips-skrivaren under avsvälningstiden. Förfarandet har upprepats ett flertal gånger med likartat resultat. Fig. 18 visar de sex avsvälvningskurvorna från en sådan mätning. Man observerar att en av kurvorna, som avser pannans bottensektion, visar en betydligt snabbare avsvälning än de övriga, och att för fyra av pannsektionerna mätvärdena praktiskt taget sammanfaller.

Den för de vidare beräkningarna använda avsvälvningskurvan utgörs av medelvärdet av de i fig. 18 visade. Den har dock ej separat uppritats i fig. 18.

För de vidare beräkningarna har det befunnits lämpligast att uttrycka avsvälvningskurvan som en matematisk funktion, vilket på grund av kurvans form i och för sig är möjligt med avsevärd noggrannhet.

Den krökta avsvälvningskurvan kan nämligen genom lämp-

FIG. 18. AVSVÄLNINGSKURVOR FRÅN PHILIPS-SKRIVAREN FÖR DE SEX MÄTPUNKTERNA I VÄRMEPANAN



ligt koefficientval väl anpassas till den allmänna funktionen för en enkelkrökt kurva enligt uttrycket

$$T_{p\text{-med}} = k_1 + k_2 \cdot e^{k_3 \cdot t}$$

där

$T_{p\text{-med}}$ = värmepannans medeltemperatur

k_1 = konstant = pannrummets temperatur

k_2 = konstant = maximal temperaturdifferens mellan värmepanna och pannrum i startögonblicket

k_3 = konstant, mått på krökningen av avsvlningskurvan

t = avsvlningstid i timmar från startögonblicket

Bästa anpassning till denna avsvlningskurva har erhållits med funktionen

$$T_{p\text{-med}} = 24,4 + 28,96 \cdot e^{-0,071 t}$$

gällande för panntemperaturer över 25°C.

Sedan avsvlningskurvan på detta sätt med god anpassning till det verkliga förloppet matematiskt formulerats, kan avsvlningshastigheten vid en viss temperatur på värmepannans vattenmassa enkelt erhållas genom derivering av den matematiska kurvan. Derivatans avseende på tiden t ger avsvlningskurvans lutning, d.v.s. avsvlningshastigheten (i °C per timme) och därmed också pannförlusterna per timme vid valfri panntemperatur.

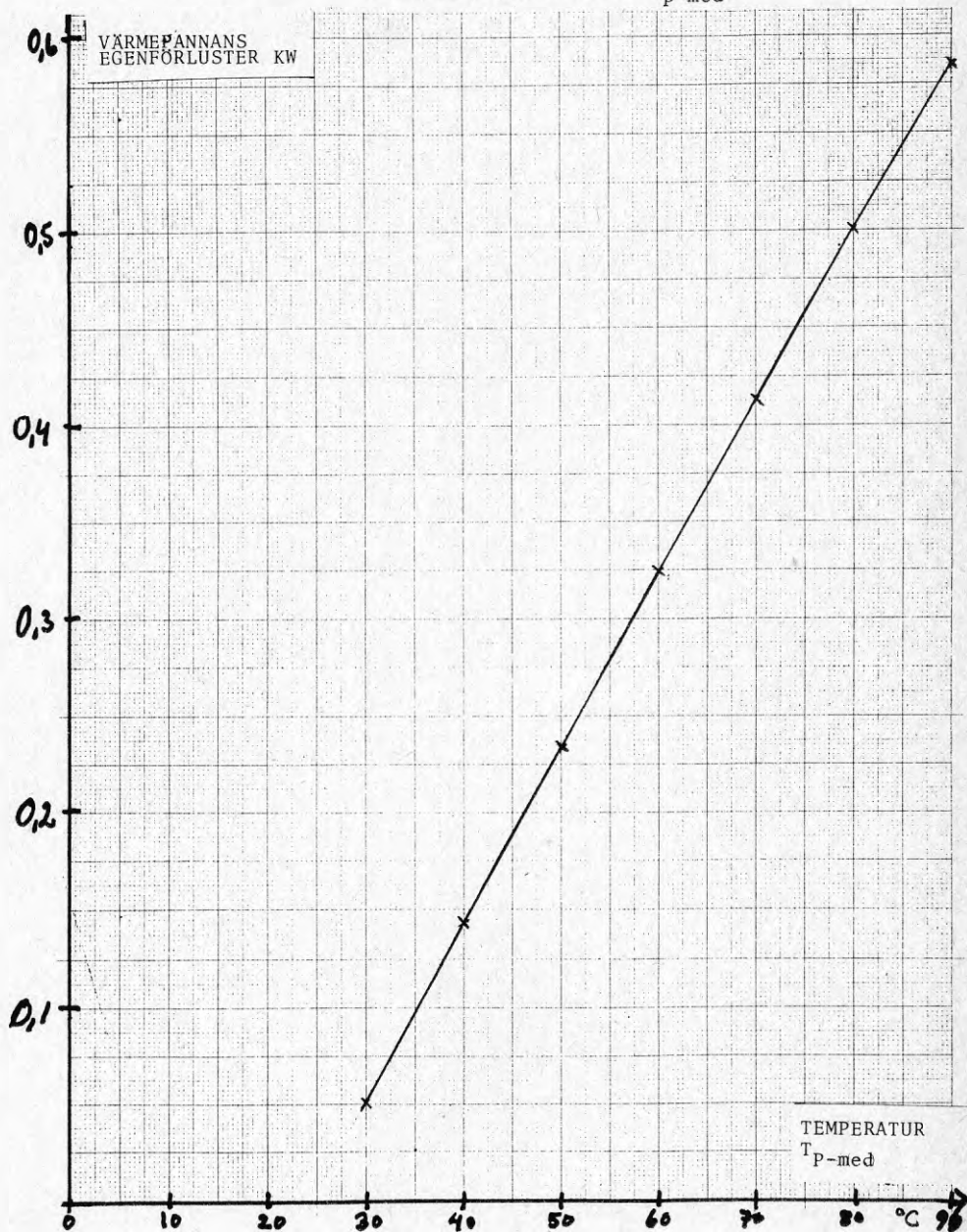
En derivering av ovanstående ekv. ger:

$$\frac{dT_{p\text{-med}}}{dt} = k_3 \cdot (T_{p\text{-med}} - 24,4) = -0,071 \cdot (T_{p\text{-med}} - 24,4)$$

En kurva kan nu upprättas enligt sistnämnda uttryck, som visar egenförlusterna från pannan i kW som funktion av pannans medeltemperatur, se fig. 19 .

d) Ackumulatorns egenförluster som funktion av temperatur och tid.

Ackumulatorns egenförluster har beräknats på samma sätt som för värmepannan. Ackumulatören har alltså upphettats till

FIG. 19. EGENFÖRLUSTER FRÅN VÄRMEPANNA SOM FUNKTION AV PANNMEDELTEMPERATUREN T_{p-med} 

en medeltemperatur av 80-85°C och därefter fått själv svalna utan någon som helst belastning av värmesystem eller tappvarmvatten. Temperatursänkningen i ackumulatorns vattenmassa per tidsenhet är då ett mått på ackumulatorns transmissions- och strålningsförluster (några ventilationsförluster som vid värmepannan är här ej aktuella).

Mätningar av avsvalningsförloppet har upprepats ett antal gånger med likartat resultat. Det exempel som här redovisats och som baserats på de 14 mätpunkternas individuella temperaturer vid varje tidpunkt har baserats på ett avsvalningsförlopp som pågått under inte mindre än 44 dygn för avsvälning av ackumulatortankens vatten från 80°C till sluttemperatur 19°C.

Avsvalningskurvan för ackumulatortankens vatten som beskriver ackumulatorns temperatur som funktion av avsvälningstiden har därefter på motsvarande sätt som vid värmepannan uttryckts som en matematisk funktion för enkelkrökta kurvor enligt formeln

$$T_{a\text{-med}} = k_1 + k_2 \cdot e^{-k_3 t}$$

där $T_{a\text{-med}}$ = ackumulatortankens medeltemperatur

k_1 = konstant = pannrummets temperatur

k_2 = konstant = maximal temperaturdifferens mellan ackumulator och pannrum i startögonblicket

k_3 = konstant, mått på krökningen av avsvalningskurvan

t = avsvälningstid i timmar från startögonblicket

Bästa anpassning till denna funktion erhöles med funktionen

$$T_{a\text{-med}} = 23 + 56,15 e^{-0,0065 t}$$

gällande för ackumulatortemperaturer över 24°C.

Genom att derivera funktionen med avseende på tiden erhålles en ny funktion, som beskriver avsvalningskurvans lutning som funktion av viss temperatur hos ackumulatortankens vatten. Med hjälp av denna derivata kan transmissionsförlusterna etc. bestämmas för valfri ackumulatortemperatur enligt

$$\frac{dT_{a\text{-med}}}{dt} = k_3 \cdot (T_{a\text{-med}} - k_1) = -0,0065 (T_{a\text{-med}} - 23)$$

En kurva har också uppritats enligt sistnämnda uttryck, som alltså visar egenförlusterna från ackumulatorn som funktion av ackumulatorns medeltemperatur, se fig. 20. Det förtjänar påpekas, att denna kurva skenbart ser ut som en rät linje. I verkligheten är dock denna kurva svagt krökt. (Om koefficienten k_3 vore = 0 i stället för - 0,0065 skulle kurvan ha varit en exakt rät linje).

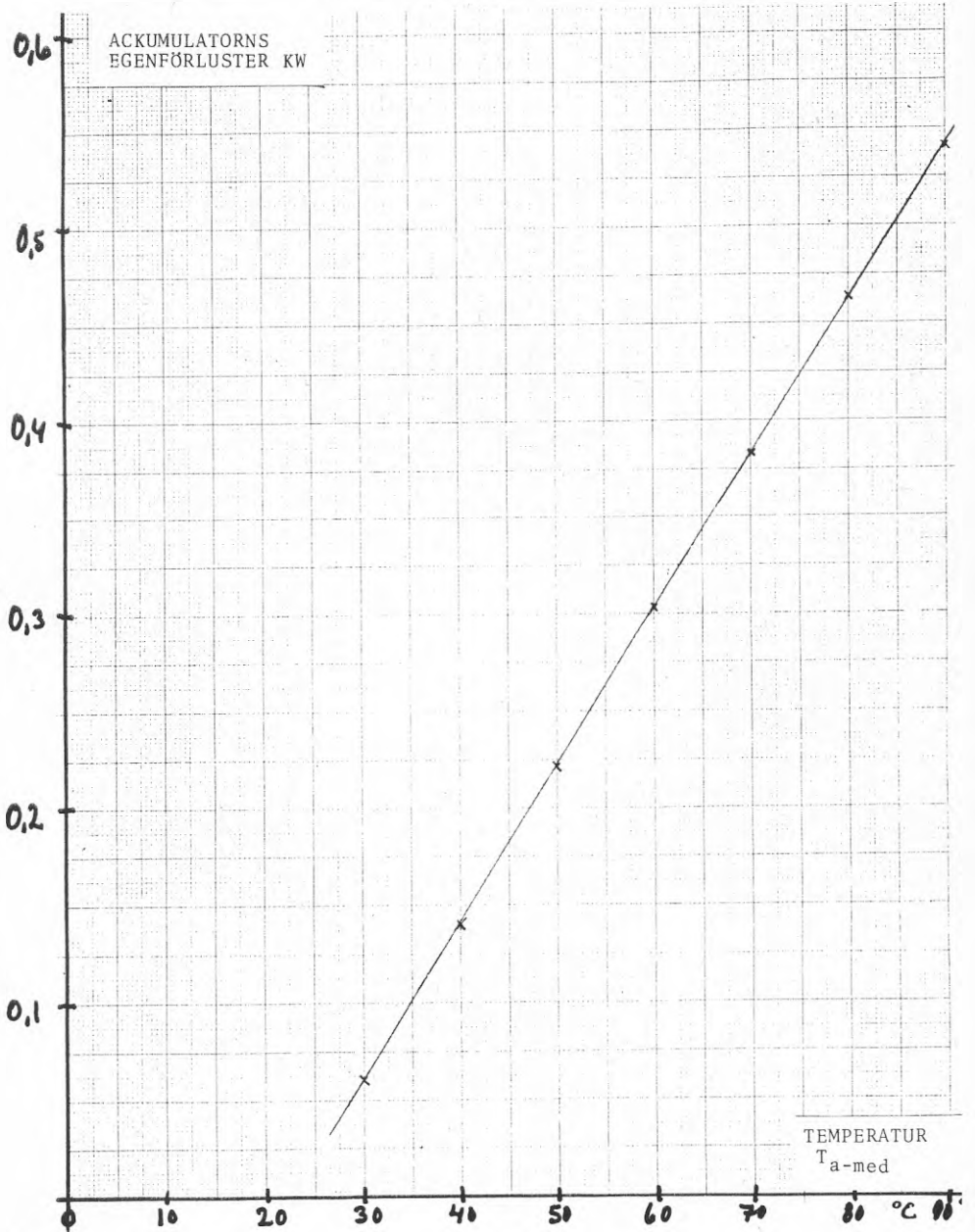
e) OLJEPANNANS RESP. AKA-SYSTEMETS VERKNINGSGRAD.

Sedan ovan under a) - d) redovisade funktioner nu beräknats, nämligen värmepannans och ackumulatorns energiinnehåll som funktion av deras resp. medeltemperaturer samt värmepannans och ackumulatorns egna värmeförluster som funktion av medeltemperatur och uppladdningstid, kan verkningsgraden för både oljepanna ensam (i princip även för fastbränsleeldad panna) och för det kompletta värmesystemet relativt enkelt beräknas.

Det förtjänar redan här påpekas, att man vid föreliggande system haft en ganska unik möjlighet att noggrant mäta resp. verkningsgrader - och som följdverkan även systemets årsmedelverkningsgrad - nämligen genom att den elektriskt uppvärmningsbara ackumulatorn här utnyttjats som "energimätare" med avläsningar på en vanlig elektrisk kWh-mätare som faktisk bas för verkningsgradsbestämningarna. Vid oljeeldning erfordras självfallet dessutom bestämning av förbrukad oljemängd, men den kan vägas med god noggrannhet.

Innan de olika beräkningarna redovisas bör lämpligen redogöras för principen för verkningsgradsbestämningen. Vid oljeeldning tillföres till värmepannan viss brutto-energi-mängd i form av vid oljeförbränningen förbrukad mängd eldningsolja. Denna mängd kan fastställas genom vägning före och efter en uppladdning av den oljedunk, som förser oljebränna-

FIG. 20. EGENFÖRLUSTER FRÅN ACKUMULATOR SOM FUNKTION AV
ACKUMULATORMEDELTEMPERATUREN T_{a-med}



ren med olja. Eftersom uppladdningen av den relativt stora ackumulatören erfordrar förbränning av en tämligen stor oljemängd, kan uppmätningen av tillförd oljeenergi genom vägning utföras med ganska god noggrannhet.

Viss osäkerhetskälla är dock den använda oljans brutto-innehåll av energi per viktsenhet, men den har på basis av uppgifter från bl.a. oljeleverantören beräknats till $10,2 \cdot 10^3$ kcal/kg olja. Denna siffra har ansetts vara beräknad i någon överkant och sålunda i ogynnsam riktning i vad avser beräkning av verkningsgraden.

Utöver förbränning av eldningsolja tillföres värmesystemet viss energimängd via den elektriska cirkulationspump, som ombesörjer vattencirkulationen mellan panna och ackumulator. Enligt pumpfabrikanten överför pumpen mellan 70 och 110 watt till cirkulationsvattnet vid drift. Här har räknats med ett medelvärde av 90 watt som energibidrag från cirkulationspumpen.

Den totalt till värmesystemet under en ackumulatoruppladdning tillförda energin åtgår till fem olika energiförbrukningar: a) Ökning (ev. minskning) av värmepannans energiinnehåll b) Ökning av ackumulatorns energiinnehåll c) Täckande av värmepannans egenförluster (strålning, transmission, skorstensventilation m.m.) under uppladdningstiden d) Täckande av ackumulatorns egenförluster under uppladdningstiden (huvudsakligen transmission) e) Energitillförsel till expansionsvatten, som avgår från ackumulatören till expansionskärlet.

Alla dessa energiförbrukningar (utom e), som beräknas nedan), kan med stöd av i det föregående genomförda generella beräkningar nu fastställas vid en enskild ackumulatoruppladdning. Ett flertal sådana uppladdningar har genomförts med likartade resultat. Den tillförda bruttoenergin multiplicerad med den sökta verkningsgraden skall vara lika med summan av samtliga energiförbrukningar.

Nedan redovisas sifferberäkningarna vid en representa-

tiv uppladdningscykel, som alltså i detta fall gäller oljeeldning av värmepannan. Det principiella förfarandet är dock tillämpligt också vid fastbränsleeldning, ehuru det då är svårare att med någon exakthet bestämma mängden tillförd förbränningsenergi.

Tillförd energimängd:

Förbränd oljemängd 3,805 kg
 Tillförd oljeenergi: $3,805 \cdot 10,2 \cdot 10^3 \cdot 1,163 \cdot 10^{-3} = 45,137 \text{ kWh}$
 Förbränningsperiodens längd 142 minuter = 2,37 timmar
 Från elpumpen tillförd energi $2,37 \cdot 0,090 = 0,213 \text{ kWh}$
 Totalt tillförd energimängd $45,137 + 0,213 = \underline{45,350 \text{ kWh}}$

"Förbrukad" energimängd:

Energiändring i värmepanna: (I detta fall en ökning under hel uppladdningscykel)

Temperaturmedelvärde av 6 mätpunkter: före uppladdn. $35,68^{\circ}\text{C}$
 " " " : efter " $44,50^{\circ}\text{C}$

Energiinnehåll i panna före uppl. (enl. fig. 13): 4,57 kWh
 " " " efter " (" " "): 5,70 kWh

Energiökning i värmepanna: $5,70 - 4,57 = \underline{+1,13 \text{ kWh}}$

Här bör påpekas, att energiändringen i värmepannan efter en uppladdning gäller hela laddningscykeln, alltså inklusive pannans avkylning med kallt bottenvatten från ackumulatortorn enligt den i mom. A 5 beskrivna principen för ackumulatortornsystemet. Värmepannans medeltemperatur kan därvid både ökas och minskas under en komplett laddningscykel, beroende på pannans utgångstemperatur, resp. på temperaturen av radiatorreturvattnet i botten av ackumulatortorn, som sedan tillföres värmepannan. Vid föreliggande mätning har under uppladdningscykeln skett en viss ökning av värmepannans medeltemperatur.

I ovanstående redovisning har vid beräkning av energiinnehållet i pannan vid resp. medeltemperaturer före och efter uppladdningscykeln för att förtydliga beräkningsprincipen utgått från de tidigare härovan framräknade diagrammen. Man ser t.ex. från diagrammet i fig. 13, att mot medeltempe-

raturen i värmepannan $35,68^{\circ}\text{C}$ (eller ca 36°) svarar ett energiinnehåll i pannan av ca 4,6 kWh. Diagrammet medger alltså på sin höjd en noggrannhet av en decimal. Vid föreliggande beräkningar har dock i verkligheten använts de framräknade noggrannare siffervärden, som ligger bakom de uppritade diagrammen. Detta gäller även efterföljande beräkningar.

Energiändring i ackumulatorn:

Temperaturmedelvärde av 14 mätpunkter: före uppladdn. $46,93^{\circ}\text{C}$
 " " " " : efter " $77,14^{\circ}$

Energiinnehåll i ackumulator (enl.fig.17) före " 59,413 kWh
 " " " " " " efter " 96,433 "

Energiökning i ackumulator: $96,433 - 59,413 = +37,020 \text{ kWh}$

Värmepannans egenförluster under uppladdningstiden:

Under pågående ackumulatoruppladdning förlorar värmepannan transmissions- och andra egenförluster, som varierar med pannans medeltemperatur. Om pannan från ackumulatorn underifrån tillföres "matarvatten" med $+60^{\circ}\text{C}$ temperatur och, efter uppvärmning i pannan, avger detta med $+80^{\circ}\text{C}$, så blir pannans medeltemperatur under uppladdningsperioden $= \frac{60 + 80}{2} = +70^{\circ}\text{C}$.

Enligt fig. 19 blir då pannans egenförluster 0,410 kWh per timme (0,410 kW). Under hela uppladdningsperioden, 2,37 timmar, blir alltså värmepannans egenförluster = $2,37 \cdot 0,410 = +0,972 \text{ kWh}$.

Akkumulatorns egenförluster under uppladdningstiden:

Akkumulatorn hade enligt ovan vid starten av den här uppmätta uppladdningen en medeltemperatur av $46,93^{\circ}\text{C}$ och vid avslutad uppladdning medeltemperaturen $77,14^{\circ}\text{C}$. Akkumulatorns medeltemperatur under uppladdningsperioden är sålunda $\frac{46,93 + 77,14}{2} = 62,04^{\circ}\text{C}$.

Akkumulatorns egenförluster per timme blir då enligt fig. 20 0,320 kW. Under hela uppladdningsperioden, 2,37 tim., blir alltså akkumulatorns egenförluster = $2,37 \cdot 0,320 = +0,758 \text{ kWh}$.

Här bör uppmärksammas, att den använda "forsknings-ackumulatorn" enligt fig. 4 har betydligt större transmissionsförluster än en "normal" ackumulator (av typen enligt fig. 5). Detta beror dels på att mineralullsisoleringen inte är inklädd med någon tät beklädnad, dels på att forsknings-ackumulatorn på grund av sina utbytbara anslutningsdelar har en betydligt större transmissionsyta än en normal ackumulator av typen enligt fig. 5. För en normal ackumulator blir transmissionsförlusterna i medeltal av storleksordningen 120-150 watt.

Energitillförsel till avgående expansionsvatten:

Under en uppladdningsperiod avgår viss vattenmängd till befintligt expansionskärl. Expansionsavgången sker från värmepannans topp, vilket innebär att expansionsvattnet lämnar systemet med pannvattnets utloppstemperatur, ca 80°C. Expansionsvattnet skall därvid uppvärmas från ackumulatorns medeltemperatur före uppladdning, 46,93°C, till ca 80°C.

Den utträngda expansionsvolymen motsvaras av ackumulatorvattnets minskade mass-innehåll:

$$\begin{aligned} \text{Massa före uppladdning: } & V_a (1.102 \text{ liter}) \cdot \rho_{(46,93)} \\ \text{" efter " : } & V_a (\quad) \cdot \rho_{(77,14)} \end{aligned}$$

Enligt diagrammet i fig. 11 (och bakomvarande exaktare siffror) erhålles då:

$$\text{Expansionsvolym} = 1.102 \cdot (0,9890 - 0,9735) = 17,08 \text{ dm}^3$$

Vid beräkning av härför erforderlig energimängd måste beaktas skillnaden mellan det utträngda expansionsvattnets densitet ρ och värmekapacitet c_p före resp. efter uppladdningen. Energimängden E_{exp} beräknas därför appr. enligt

$$\begin{aligned} E_{\text{exp}} &= 17,08 \cdot (80 \cdot \rho_{p(80)} - 47 \cdot \rho_{p(47)}) \cdot 1,163 \cdot 10^{-3} \\ &= 17,08 \cdot (80 \cdot 0,9740 - 47 \cdot 0,9878) \cdot 1,163 \cdot 10^{-3} \\ &= \underline{0,626 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

Oljepannans förbränningsverkningsgrad:

Vi har nu för föreliggande mätningssomgång tillgång till samtliga de värmeförbrukningar (utom rökgasförluster o.d.), vartill den vid provningen förbrända eldningsoljan lämnat energi, och vi kan därmed att börja med beräkna oljepannans verkningsgrad:

Summa beräknade värmeförbrukningar för värmepannans energiökning, ackumulatorns energiökning, värmepannans egenförluster, ackumulatorns egenförluster och expansionskärlets värmeförbrukning =

$$= 1,13 + 37,02 + 0,972 + 0,758 + 0,626 = \underline{40,506 \text{ kWh}}$$

$$\text{Tillförd energimängd är enligt ovan:} \quad +\underline{45.350 \text{ kWh}}$$

$$\frac{\text{Oljepannans verkningsgrad}}{\text{(ev. olje-brännarens)}} = \frac{40,506}{45.350} = \underline{0,893 \text{ (89 \%)}}$$

AKA-systemets verkningsgrad:

Med angivna siffror kan nu AKA-systemets nyttiga verkningsgrad enkelt beräknas genom att man från summa energiförbrukningar 40,506 kWh borträknar för uppvärmningsändamål "onyttig" energi. Dessa avgående energiposter beror delvis på hur värmesystemet är anordnat.

Normalt bör förutsättas att ackumulatören är placerad i uppvärmt utrymme (den är själv ljudlös, luktlös, brandfri etc.), så att dess i och för sig normalt små egenförluster (betydligt mindre än "forskningsackumulatorns" enligt fig. 4) kan utnyttjas som basvärme för resp. utrymme. Härvidlag bör dock borträknas basförlusterna under t.ex. 2 sommarmånader, då nämnda basförluster normalt inte kan utnyttjas (men som vid dessa perioder också kan genom enkel omställning av systemet radikalt minskas). Denna korrektion medför en mycket liten ändring av totala verkningsgraden.

Även expansionskärlet bör helst placeras inom uppvärmt utrymme, så att dess energiinnehåll kan nyttiggöras vid expansionsvattnets avsvälning. Vid åtminstone nya anläggningar innebär detta ingen större svårighet.

Det kan däremot diskuteras i vad mån kvarvarande energi i värmepannan kan utnyttjas. Otvivelaktigt kan den utnyttjas för uppvärmning av det utrymme, i vilket pannan är placerad, men om detta leder till onödig övertemperatur i sådant utrymme eller om värme försvinner ut med skorstensdraget är denna energi åtminstone delvis onyttig.

I sämsta fall, om samtliga ovan nämnda värmemängder utom basförlusterna från ackumulatören anses förlorade, så blir AKA-systemets verkningsgrad under en uppladdningscykel =

$$= \frac{40,506 - 1,130 - 0,972 - 0,626}{45,350} = \frac{37,778}{45,350} = \underline{0,833 \text{ (ca 83 \%)}}$$

Vid ett mera normalt fall, där dock endast hälften av värmepannans kvarvarande värme kommer till nytta men där expansionskärlet anordnats i uppvärmt utrymme, blir verkningsgraden

$$= \frac{40,506 - 0,5 \cdot (1,13 + 0,972)}{45,350} = \frac{39,455}{45,350} = \underline{0,87 \text{ (87 \%)}}$$

I gynnsammaste fall, om värmepannans egenförluster helt kan utnyttjas för nyttig uppvärmning av kringvarande utrymme blir AKA-systemets verkningsgrad densamma som pannans verkningsgrad, sålunda 0,893 eller ca 89 %

Av här redovisade siffror följer, att systemets hittills enbart behandlade momentana verkningsgrad under en laddningscykel t.o.m. kan bli högre än angivna 89 %, om för ackumulatoruppladdningen kan komma till användning något pannsystem e.d., som ger högre förbränningsverkningsgrad än den vid föreliggande provhus använda konventionella pannan och oljebrännaren.

Nu är det vid en konventionell oljepanna stor skillnad, mycket stor skillnad, mellan pannans momentana verkningsgrad och värmesystemets årsmedelverkningsgrad, framförallt emedan en konventionell panna undergår stora energiförluster under brännarens långa stilleståndsperioder under lågsäsong, vår, sommar, höst. Det är bl.a. sistnämnda förluster (förutom de som vållas av en konventionell pannas korta brinnperioder vid oljeeldning), som till allra största delen undgås vid AKA-systemet, eftersom värmepannan före stilleståndsperioder-

na avtappas på större delen av sitt värmeinnehåll.

Den totala värmeförbrukningen vid AKA-systemet utgöres vidare i verkligheten av en summa av energiåtgångarna för ett större antal ackumulatoruppladdningar - för ett genomsnittligt småhus kanske av storleksordningen 600 uppladdningar per år. Vid varje sådan uppladdning är verkningsgraden i stort densamma och av den storlek, som härovan redovisats vid en enstaka uppladdning.

Av det sagda följer, att även värmesystemets årsmedelverkningsgrad blir mycket nära densamma som för en enskild uppladdning. Sammanfattningsvis kan därför årsmedelverkningsgraden anges till ett värde mellan ungefärliga gränserna 83 % och 89 % beroende på hur panna m.m. är placerade och hur mycket av deras förluster, som kan komma till användning som "nyttig" värme.

Hög verkningsgrad betyder i sin tur - vid oljeeldning - minskad oljeförbrukning, vilket i dagens läge torde mer än uppväga merinvesteringen för den behövliga ackumulatoranläggningen. (Oavsett att oljan betalas med utländsk men investeringen med inhemsk valuta).

Den höga verkningsgraden för här beskrivet system betyder också, att ett individuellt värmesystem med alla dettas fördelar för den enskilde ur trygghetssynpunkt inte, som ofta påståtts, behöver (i vad avser småhus) förbruka mera energi (olja) än sådana system som t.ex. fjärrvärme. I verkligheten gäller därvidlag det rent motsatta förhållandet.

A 14. AKA-systemets ekonomi. Jämförelse med andra värmesystem.

En ekonomisk analys av AKA-systemet och en kostnadsjämförelse med andra värmesystem för småhus har med skrivelse av den 16 januari 1979 ingivits till BFR i form av en 15-sidig utredning. Energikostnaderna varierar emellertid f.n. snabbt, och en ny kostnadsutredning avses därför att genomföras så snart någon slags stabilisering av de just nu alltför svårbedömbara prisrelationerna ägt rum.

ORIGINAL KOSTNADSSAMMANSTÄLLNING

Qwv 110473-6a

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	m	n
Värmesystem	Abonentens nyinvestering	Samhällelig nyinvestering	10 % av b)	Service	Verknings- grad, %	Energikostnads- beräkning	Energikostn. pr år	Oljeåtgång liter/år	Summa års- kostnad excl. spets- täckning	Summa års- kostnad med spets- täckning	Ann.	
0) Jämförelse-system: Oljeeldningspanna med v.v.-beredare, vattenradiatorsystem. Utbytesmogen, alternativt med några års användbarhet kvar.	—	—	—	300.-	60%	20 000 × 11,63	2 320.-	3 300	2 620.-	2 620.-	0)	
1) Panna och oljebrännare byts mot nya sådana, i övrigt ingen ändring	7 500.-	—	750.-	300.-	70%	20 000 × 9,97	1 990.-	2 820	3 040.-	3 040.-	1)	
2) Hela oljevärmesystemet incl. vattenradiatorer rivs och ersättes med el-radiatorer för direkt elvärme + elektrisk v.v.-beredare	9 000.-	+ 26 400.-	900.-	100.-	100%	15 000 × 15,15 + 5 000 × 9,9	2 770.-	0 5 650	3 770.-	4 150.-	2)	
3) Oljepanna + oljebrännare ersättes av elpanna med 300 liters v.v.-beredare	5 000.-	+ 26 400.-	500.-	100.-	100%	15 000 × 15,15 + 5 000 × 9,9	2 770.-	0 5 650	3 770.-	3 750.-	3)	
4) Ny oljepanna + brännare samt 1000 liter ackumulator men utan "AKA-tillsats"	11 500.-	—	1150.-	300.-	75%	20 000 × 9,21	1 860.-	2 640	3 310.-	3 310.-	4)	
5) Samma som 4) men med AKA-tillsats	13 000.-	—	1300.-	300.-	85%	20 000 × 8,21	1 640.-	2 320	3 240.-	3 240.-	5)	
6) Inget pannbyte tillsvidare men komplettering med 1000 lit. ackumulator med v.v.-beredare och med AKA-tillsats	5 500.-	—	550.-	300.-	80%	20 000 × 8,73	1 745.-	2 470	2 595.-	2 595.-	6)	
7) Lika med 6) men kompletterad med 10 m ² solfångare enl. HB:s nya system som antas ge 5 000 kWh/år med solvärme	9 500.-	—	950.-	300.-	80%	16 000 × 8,73 + 4 000 × 0	1 400.-	1 980	2 650.-	2 650.-	7)	
8) Ny oljepanna + brännare + ack. med AKA-tillsats, + 10 m ² solfångare enl. HB:s nya system, antas ge 4000 kWh/år	17 000.-	—	1700.-	300.-	85%	16 000 × 8,21 + 4 000 × 0	1 315.-	1 860	3 215.-	3 215.-	8)	
9) Ny oljepanna + brännare + ack. med AKA-tillsats, 20 % av energin antas täckt med avfallsved utan kostnad	13 000.-	—	1300.-	300.-	85%	16 000 × 8,21 + 4 000 × 0	1 315.-	1 860	2 915.-	2 915.-	9)	
10) Lika med 9) men med 50 % av energin täckt med vedvärme utan kostnad	13 000.-	—	1300.-	300.-	85%	10 000 × 8,21 + 10 000 × 0	820.-	1 160	2 420.-	2 420.-	10)	
11) Oljepanna + brännare ersatt av elvärmad ack. försedd med v.v.-beredare	5 000.-	+ 26 400.-	500.-	100.-	100%	10 000 × 15,15 + 10 000 × 9,9	2 505.-	0	3 105.-	3 485.-	11)	
12) Elvärmad ack. + 12 m ² solfångare som antas ge 5 000 kWh/år,	9 500.-	+ 18 500.-	950.-	100.-	100%	9 000 × 15,15 + 6 000 × 9,9 + 5 000 × 0	1 960.-	0 4 240	3 010.-	3 390.-	12)	
13) Vedpanna med ack. + AKA-tillsats, 80 % av energin antas täckt med ved med 2/3 av oljepriset, 20 % med el.	10 000.-	+ 5 300.-	1 000.-	200.-	85%	16 000 × 8,21 + 4 000 × 9,9	1 275.-	0 1 130	2 475.-	2 600.-	13)	
14) Vedpanna med ack. + AKA-tillsats, 70 % av energin antas täckt med ved med 2/3 av oljepriset, 3000 kWh med solvärme	15 000.-	—	1 500.-	200.-	85%	15 000 × 8,21 + 5 000 × 0	825.-	0	2 525.-	2 525.-	14)	

KOSTNADSJÄMFÖRELSE "AKA-SYSTEMET" MED ANDRA VÄRMESYSTEM

Beräkningsförutsättningar:

Efterföljande beräkningar har genomförts för "genomsnittshus" av befintlig typ med måttlig isoleringsgrad och en beräknad årsförbrukning av

15.000 kWh för uppvärmning, 5.000 kWh för v.v.-beredning.

BRÄNSLEKOSTNADER:

Oljeeldning:

1 liter eldningsolja 1 innehåller 8.700 kcal = $\frac{8.700}{860} = 10,1$ kWh

1 kWh = 860 kcal

Oljekostnad O_k öre/m³ = 70.500 öre/m³ efter prishöjning 15/11

Netto-verkningsgrad = η

$$\text{Netto bränslekostnad pr kWh vid oljeeldning} = \frac{O_k}{\eta}$$

$$\text{öre/kWh} = \frac{70.500}{10.100 \times \eta} = \frac{6,98}{\eta} \text{ öre/kWh} \quad 10,1 \times 1000 \times \eta$$

Härav beräknas olje-bränsle-kostnaden vid följande verkningsgrader:

$\eta = 0,60$ (60 %)	Oljekostnad	11,63 öre/kWh
0,65	"	10,74 "
0,70	"	9,97 "
0,75	"	9,31 "
0,80	"	8,73 "
0,85	"	8,21 "

Oljeeldad fjärrvärme:

Kalorikostnad för fjärrvärme antas baserad på oljepriset 545:- kr/m³ = oljebolagens listpris för lågsvavlig eldningsolja 4. För fjärrvärmeverk antas rabatt 100:- kr/m³. Nettokostnad sålunda 445:- kr/m³.

Vid en antagen verkningsgrad framme hos konsumenten av 60 % (95 % i fjärrvärmeverket, ~35 % ledningsförluster), erhålles kalorikostnaden $44500/10100 \times 0,60 = 7,34$ öre/kWh

Elvärme:

Elvärmens kWh-kostnader ha baserats på Stockholms priser, som synes vara ungefär desamma som för södra och mellersta Sverige. För Stockholm finns två tillämpliga elvärmeta-

riffer, "dubbeltariff" och "långtidstariff". För elvärme i villor anges "dubbeltariffen" vara den ojämförligt vanligaste, varför denna tillämpats vid beräkningarna.

Dubbeltariff:

Fast kostnad för villa 180:- kr/år
 KWh-kostnad: kl. 07 - 21 18 öre/kWh (varav 3 öre skatt)
 kl. 21 - 07 9 "

Långtidstariff:

Fast kostnad för villa 210:- kr/år
 KWh-kostnad: Hela dygnet 16 öre/kWh

Elvärmens kWh-kostnad i medeltal pr dygn har beräknats enligt "dubbeltariffen" och påverkas av hur stor del av elvärmeenergin, som tas ut nattetid resp. dagtid, vilket i sin tur påverkas av tillgänglig ackumuleringsvolym:

a) Direkt elvärme med 300-liters v.v.-beredare:

Hela v.v.-värmens antas här producerad i v.v.-beredaren nattetid, medan uppvärmningsenergin antas producerad jämnt fördelad över dygnet. Den fasta avgiften, 180:-, antas jämnt fördelad på totalt förbrukade 20.000 kWh, alltså $18000/20000 = 0,9$ öre/kWh.

KWh-kostnad för uppvärmning:	14 tim. á 18,9 öre = 264 öre
	<u>10 tim. á 9,9 " = 99 "</u>
	24 tim = 363 "
	Medelpris $363/24 = 15,15$ öre/kWh

KWh-kostnad för v.v.-beredning: Medelpris 9,9 öre/kWh nattetid

b) Vattenburen elvärme via elvärmepanna + 300 liter v.v.-beredare:

KWh-kostnaderna bli desamma som i fall a), alltså 15,15 öre för uppvärmningsenergi och 9,9 öre/kWh för v.v.-beredning.

c) Vattenburen elvärme via elvärmd ackumulator:

I detta fall produceras hela v.v.-energin, 5000 kWh, nattetid och lagras i ackumulatorn men därutöver också 5000 kWh uppvärmningsenergi nattetid. Resten av uppvärmningsenergin förutsättes dock jämnt fördelad över dygnet, eftersom elledningskapaciteten normalt inte räcker till ytterligare nattackumulering.

KWh-kostnaderna bli för detta fall 9,9 öre/kWh för 10.000 kWh och 15,15 öre/kWh för överskjutande energimängd.

Vid solvärmeackumulering måste dock viss ackumulatorkapacitet reserveras för solvärmelagring varvid kapaciteten för natt-elvärmelagring i motsvarande mån minskas.

INVESTERINGAR:

Vid beräkning av erforderliga investeringar har utgått från att resp. hus redan är försett med ett ordinärt vattenradiatorsystem, som uppvärms med en oljepanna med oljebrännare, och vidare att det blivit eller snart blir aktuellt att byta ut oljepannan, medan radiatorsystemet är intakt. Beräkningen av investeringskostnader gäller då den enskilde konsumentens behov av nyinvesteringar för de olika värmesystem, som studerats. Värmesystemen ifråga ha upptagits i kolumn a) i kostnadssammanställningen, konsumentens erforderliga investeringar i kolumn b). I en ytterligare kolumn c) har upptagits samhällets nyinvesteringar som följd av konsumentens. Det är nämligen uppenbart att om ett större antal husägare, som tidigare använt individuell oljeeldning, därefter övergår till elvärme, så måste elproduktionsapparaten (kraftverk, ledningsnät) kunna leverera ett motsvarande ökat antal kW elkraft. Dess investeringar ha enligt nedan angivna grunder beräknats och upptagits i kol. c).

Elvärmens (vilket också gäller t.ex. fjärrvärmens) investeringar täcks emellertid i princip av ökade kWh-priser för konsumenten, som ingår i de årliga energikostnaderna. De samhälleliga investeringarna enligt kol. c) drabbar därför ej konsumenten i form av investeringskostnader (ränta, amortering), men de ha i kostnadssammanställningen särskilt upptagits för att påvisa den totala investeringen, d.v.s. bindningen av kapital, som de olika värmesystemen erfordrar.

Konsumentens egna investeringar ha för enkelhetens skull generellt beräknats vålla årskostnader = 10 % av investeringen på sätt upptagits i kol. d) i kostnadssammanställningen. Detta är givetvis en stark förenkling, men på just nu föreliggande stadium disponerar förf. inte underlag för en mera preciserad beräkning. En noggrannare beräkning av den enskilde konsumentens investeringar för olika värmesystem är nämligen just huvudämnet för förf:s undersökningar under vintermånaderna 78/79. De investeringsbelopp, som upptagits i sammanställningens kol. b) kan därför f.n. endast betraktas som approximativa uppskattningar. De är förmodligen inte ens dagsaktuella, men strävan har varit att inbördes avväga kostnadsuppgifterna möjligast balanserat, så att den inbördes storleksordningen blir rimlig.

I enlighet med det sagda ha investeringsbeloppen uppskattats sålunda:

Ersättande av oljepanna med brännare med ny sådan	7.500:-
<p>Beloppet avses innefatta panna och brännare av konventionell typ inkl. montering. Kostnads-sammanställningen visar att detta är en mycket tung kostnadspost. I den mån ny panna kombineras med ackumulator kan ifrågasättas om inte pannan skulle kunna utföras betydligt enklare än f.n. marknadsförda "flaggskepp" för pannfabrikerna och pannan i stället utföras som ett slags till-behör för den för alla energiformer användbara ackumulatorkomponenten, som då i stället för-vandlas till värmesystemets centrala komponent?</p>	
Akkumulatortank med v.v.-beredare och isolering men excl. el-patroner och excl. "AKA-tillsats"	4.000:-
<p>"AKA-tillsats". Vid den senaste utformningen av "AKA-systemet", beskriven i den amerikanska p.ans. men ännu ej i den svenska, kan ackumulatormonteras tillsammans med värmepannan helt oberoende av den automatik, som ingår i "AKA-tillsatsen". Man kan därför utnyttja ackumulators magasinerings-effekt (t.ex. för natt-el, vedeldning, solvärmelagring m.m.) utan att "ta risken" att koppla in den energibesparande AKA-automatiken. Den sistnämnda kan därför i ett ev. senare stadium anskaffas som en tillvals-komponent för att spara energi och delvis automatisera ackumulatorsystemets funktion. "AKA-tillsatsen" består av elektrisk styrenhet, två magnetventiler, en mindre cirkulationspump för intern cirkulation inom ackumulatorsystemet och en termisk ventil, och kan levereras som en tillkopplingsbar enhet. Uppskattad kostnad f.n.</p>	
	1.500:-
Akkumulator försedd med AKA-tillsats	5.500:-
<p>Solfångarsystem med 10 m² solfångare enl. system HB-L, värmeväxlare och intern cirkulationspump samt erforderliga plastledningar</p>	
	4.000:-
<p>Både jag och min solvärme-medarbetare Lögdberg tror att detta pris är fullt realistiskt men vill inte före en slutlig provning tidigt i vår lova för mycket. Systemet avviker radikalt från t.ex. TeknoTerms och liknande slutna system.</p>	
Solfångarsystem med 12 m ² solfångare, i övrigt lika	4.500:-
Ersättande av vattenradiatorsystem med elradiatorer och elektrisk v.v.-beredare inkl montering, uppskattat	9.000:-
Ersättande av oljepanna med brännare av el-panna med 300 liters v.v.-beredare inkl. montering	5.000:-
Ersättande av oljepanna med brännare av vedpanna + ackumulator + AKA-tillsats	10.000:-

Ersättande av oljepanna med brännare av elvärmd
ackumulator med v.v.-beredare och 2 st. el-
patroner

5.000:-

Samhälleliga investeringar.

För varje oljeeldningsanläggning för 20.000 kWh/år, som ändras till direkt eller vattenburen elvärme, erfordras uppenbarligen en ökad produktion av elektrisk energi med 20.000 kWh per år. Detta betyder ofrånkomligen, sett i ett allmännare sammanhang, att de samhälleliga investeringarna i kraftverk och el-ledningsnät ökar med den andel, som motsvaras av 20.000 kWh energimängd. I verkligheten ökar de mera, eftersom bostadsuppvärmningen också kräver ökad effekt under högbelastningstid vintertid. För att klara toppbelastningen vintertid krävs alltså insättande av mera elproducerande maskiner än vad som enbart krävs för att vid jämn årsbelastning producera 20.000 kWh. Här bortses dock t.v. från effektens investeringsökningar.

Erforderligt tillskott i elvärmeenergi kan numera endast levereras via kärnkraft eller oljebaserad värmekraft - vattenkraften är för kvalificerad för elvärmeenergi.

Ett kärnkraftverk om 1000 MW = 10^6 kW anses kunna leverera elenergi under ca 6000 timmar pr år, alltså totalt

$$6 \times 10^9 \text{ kWh per år}$$

För småhusuppvärmning med 20.000 kWh pr hus räcker alltså ett kärnkraftverk till

$$\frac{6 \times 10^9}{20.000} = 3 \times 10^5 = 300\ 000 \text{ småhus}$$

Ett nytt kärnkraftverk om 1000 MW anses idag kräva investeringar för 5 miljarder, ett belopp som dock synes alltjämt växa om däri också inräknas framtida avfallsförvaringskostnader o.d. Erforderlig investering pr småhus blir alltså

$$\frac{5 \times 10^9}{300.000} = 1,67 \times 10^4 = 16.700\text{:}- \text{ kr}$$

(Oräknat extra investeringar för att klara den rena elvärmens toppeffekt).

Härtill kommer investeringar för att överföra den ökade energin och effekten från kraftverk till konsument. Enligt uppgift så långt tillbaka som 1970 från dåvarande tekniske direktören i Sydkraft kan denna investering då beräknas till i medeltal 720 kr pr överförd effekt i kW (på storkraftnät och för lokaldistribution). Användes denna siffra fortfarande (1978) motsvarar den $10 \times 720 = 7.200\text{:}-$ kr/hus, om sammanlagrat effektbehov beräknas till 10 kW pr hus. (Kanske något högt)

Ytterligare tillkommer sedvanligt tillägg till kraftverkskostnaderna av 15 % för aggregathaverier och andra fel =

$$0,15 \times 16.700 = 2.500\text{:}- \text{ kr.}$$

Totala samhälleliga investeringar för varje småhus som överföres från oljevärme till elvärme blir med nämnda siffror:

$$16.700 + 7.200 + 2.500 = 26.400:- \text{ kr/småhus}$$

Kostnaden ifråga synes mycket hög men torde ändå vara beräknad i underkant, eftersom den inte tar hänsyn till de extra investeringar, som erfordras för att täcka elvärmda småhusens ökade effektbehov under högvintern. Investeringsbeloppet ifråga förklarar emellertid också de höga energiutgifterna för elvärme (kol. h i sammanställningen).

Kraftverksinvesteringarna bli dock avsevärt mindre om elenergin i stället alstras i oljebaserade kraftverk, men då blir i stället oljeåtgången mycket hög på grund av särskilt kondenskraftverkens låga nyttiga verkningsgrad (33-35 % framme hos detaljkonsumenten).

Alltfortfarande produceras en avsevärd del av totala elproduktionen i oljekondensverk. Förf. har i en artikel i tidskriften ERA (nr 1, 1975) visat, att "så länge elproduktion i sådana kondensverk måste tillhandahållas för att täcka efterfrågan på el... så länge måste energikostnaderna (och även oljeåtgången) för den tillkommande elvärmens vid jämförelse med energikostnaderna för oljeuppvärmning beräknas på basis av energikostnaderna vid oljeeldade kondenskraftverk med dessas låga termiska verkningsgrad". Detta påstående är, som visas i samma artikel, i sin tur baserat på att av olika användningar av elenergi så är det endast elvärmeenergin, som i någon större skala kan utbytas mot annan energiform (t.ex. oljeeldningsenergi). Påståendet har verifierats av flera författare i tidn. VVS.

Trots utbyggnaden av kärnkraften gäller fortfarande att en avsevärd elkraftproduktion sker vid oljeeldade kondenskraftverk. Inklusivt överföringsförluster är verkningsgraden för sådan elproduktion högst ca 35 %, mera troligt ca 33 %. Det betyder att elvärmens under nyssnämnda förutsättningar fortfarande kräver en mycket betydande förbrukning av eldningsolja, vid kraftverken dock av typen tjockolja i st. för tunn eldningsolja vid individuella oljepannor.

I kostnadssammanställningen har i en särskild kolumn, kol. i, angivits oljeåtgången pr jämförelsehus räknat vid de olika jämförda värmesystemen. För olika värmesystem som förbrukar elvärme har på grund av det nyss anförda angivits oljeåtgången (oavsett om den utgöres av tunnolja eller tjockolja) för två olika alternativ, nämligen dels om elvärmeenergin produceras i kärnkraftverk (då oljeförbrukningen blir = 0) och dels om den produceras i oljekondenskraftverk. I det sistnämnda fallet blir, som framgår av kol. i, totala oljeförbrukningen per hus räknat betydligt större vid elvärme än vid individuell oljevärme. Detta förbises gärna i den vanliga debatten. Dock bör därvid observeras att kondenskraftverkens tjockoljor är rätt avsevärt billigare än tunnoljorna, men trots detta blir även kostnaderna för den förbrukade oljan lägre vid direktförbränning i individuella oljepannor än än vid elvärme via kondenskraftverk.

I kostnadssammanställningen har de enligt ovanberäknade samhälleliga investeringarna för elkraftverk och ledningsnät angivits i kol. c. Vid värmesystem, som endast delvis använder elenergi, blir dessa kostnader givetvis mindre och har i kol. c proportionerats i relation till andelen använd elenergi.

Av kostnadssammanställningen framgår att de totala investeringarna (enligt summan av värdena i kol. b) och c)) är avsevärt större än vid individuella olje-system, vilket lätt glöms bort när investeringarna för den enskilde är så små - för dem innefattar de nästan endast elradiatorer och deras lokala ledningar. De samhälleliga investeringarna för elvärmens drabbar den enskilde i form av högre årskostnader, men för den enskilde är vanligen höga investeringskostnader mera kännbara (om de ej kan täckas av gynnsamma lån).

De samhälleliga investeringarna för oljevärme m.m. har i kostnadssammanställningen satts = 0. I princip ökas även dessa investeringar när oljeförbrukningen ökar (för distributionskedjan, lagerhållning m.m.), men i föreliggande fall handlar det vid oljevärmesystem om utbyte av ett system med sämre verkningsgrad mot ett oljevärmesystem med högre sådan. De samhälleliga investeringarna kommer då snarare att minskas än ökas men har i kol. c) satts = 0.

SUMMA ÅRSKOSTNADER.

I kolumnerna k) och m) i kostnadssammanställningen har angivits två ibland olika totala årskostnader.

Kol. k) anger summan av kostnaderna i kol. d), e) och h). Av dessa delkostnader har de årliga kostnaderna på grund av den enskilde konsumentens investeringar t.v. schematiskt beräknats som 10 % av resp. investering (excl. de samhälleliga investeringarna!) enligt kol. d). Kostnaderna för service har likaledes schematiskt angivits till 100:- kr/år för elvärme och till 300:- kr/år för system i vilka oljevärme utnyttjas. Ett mellannvärde har tillämpats för system 13), kr. 200:-, där vedvärme använts i st. för oljevärme. Helt naturligt är de angivna servicekostnaderna högst schematiska och behöver preciseras bättre.

I kolumn m) har de i kol. k) angivna totalkostnaderna i vissa fall ökats med vissa tillägg. Dessa ha samband med att vid elvärme energikostnaderna med säkerhet är större än för årsgenomsnittet vid effekttopparna under högvintern. Kol. k) är dock beräknad enbart på basis av genomsnittseffekten. Vid individuella oljevärmesystem, vid vedeldning o.d. gäller inte motsvarande - kapaciteten hos anläggningarna är normalt tillräcklig och det ökade effektuttaget sker enbart genom ökad bränsletillförsel, som ingår i de totalt antagna 20.000 kWh.

För att med hänsyn till effekttopparna erhålla någorlunda rättvisande jämförelse har vid de system, vari elvärme ingår, ett kostnadstillägg skett för beräknade merkostnader för bl.a. ökade investeringar utöver genomsnittsvärdena för att elvärmerna skall kunna täcka effekttopparna.

KOMMENTARER TILL KOSTNADSSAMMANSTÄLLNINGEN:

Som redan framhållits under avsnittet "Investeringar" är den bifogade bilagan "Kostnadssammanställning" tillsvidare endast att betrakta som en "ram" för de fortsatta kostnadsundersökningarna, varför den inte gör anspråk på att än så länge vara rättvisande. Särskilt kostnaderna i kol. b), "Abonentens nyinvestering" måste ytterligare undersökas, men strävan har varit att de olika värmesystemnes inbördes relationer likväl skall någorlunda stämma. Som visst underlag för beräkningarna har främst utnyttjats artikeln "Vad göra när oljepannan tar slut" i ERA nr 8, 1974. Denna är alltså inte aktuell men viss pris-korrektion har skett relativt artikeln. I övrigt bör dess uppläggning väga rätt tungt, eftersom den är utarbetad på uppdrag av Sydkraft och FERA av en expertgrupp från Bergman & Co, Hugo Theorells Ingenjörbyrå och Sven Tyrén AB.

Bränslekostnaderna är däremot baserade på dagsaktuella noteringar, och eftersom dessa kostnader i allmänhet dominerar relativt investeringskostnaderna (sådana de beräknats i sammanställningen) synes kostnadssammanställningen böra ge åtminstone viss överblick över de olika värmesystemens relativa kostnadsläge. Som i annat sammanhang nämnts avser emellertid förf. att använda de kommande månaderna att bättre beräkna de olika kostnaderna.

För egen del har förf. gjort följande reflexioner:

Den närmast tillhands liggande åtgärden när oljepannan vid ett oljeeldat hus börjar ta slut är att byta panna och oljebrännare mot nya sådana, system 1) i kostnadssammanställningen, för vilket kostnaden här upptagits till 7.500:- kr. Denna utbyteskostnad väger tungt i samtliga tillämpningsfall. En naturlig reflexion är därför att det vore önskvärt vid sådana kombinationer, där oljepanna ingår, att få fram en enkel panna, som möjliggör oljeeldning och eldning med fasta bränslen, men som är betydligt enklare än de eleganta pannor, med vilka pannfabrikanterna söker konkurrera utseendemässigt. Vid kombination med en ackumulator bör i stället denna bli den dominerande komponenten, främst genom dess stora flexibilitet.

Icke desto mindre resulterar direkt utbyte av oljepanna +

brännare (system 1)) i ett av de betr. årskostnaderna billigaste systemen, enligt kol. m) med beräknad årskostnad 3.040:- kr. Därvid har förutsatts att oljepannans verkningsgrad genom utbytet ökas från förutvarande 60 % till nya 70 % (års)verkningsgrad.

System 1) har dock framförallt den nackdelen, att systemet är beroende av framtida någorlunda gynnsamma oljepriser och fortsatt tillgång till olja. Dessutom är oljeåtgången, trots förbättrad verkningsgrad, fortfarande relativt hög, enligt kol. i) 2.820 liter per år. Vidare möjliggör detta utförande inte magasinering av solvärme från solfångare och inte heller av billigare natt-el; en konventionell oljepanna lämpar sig dessutom inte alls för någorlunda ekonomisk eluppvärmning.

De båda följande värmesystemen i kostnadssamanfattningen, 2) och 3), avse båda övergång till elvärme, därav system 2) övergång till "direkt elvärme" med elektriska radiatorer och system 3) övergång till vattenburen elvärme, producerad i elpanna.

En övergång till elradiatorer förutsätter normalt att hela det befintliga värmesystemet inkl. vattenradiatorer med ledningar borttages och ersättes med elradiatorer och elektriska ledningar samt med elvärmd v.v.-beredare. I den nyssnämnda artikeln "Vad göra när oljepannan tar slut?" har ett sådant systembyte ansetts kosta 5500-6500 kronor. Incl. v.v.-beredare tror jag att detta var en alltför låg kostnad redan 1974. Här har jag antagit kostnaden till 9.000:- men tror själv att även detta pris är för lågt relativt de uppskattade investeringarna för de andra värmesystemen. Kostnaden har emellertid avsiktligt valts i beräknad "underkant".

Intressant är att trots detta totalkostnaden för detta system pr år, 4.150:- kr, ligger högst bland alla de jämförda systemen, givetvis beroende av de höga elpriserna. I totalkostnaden har emellertid inlagts en på visst sätt beräknad tilläggs-kostnad vid all elvärme, här beräknad till 380:- kr/år, som avses att nöjaktigt täcka merkostnaderna på kraftverks- och distributionssidan av att toppeffekten vid elvärme vida överstiger den medeleffekt under året, som bestämmer el-taxorna. Även utan detta tillägg ligger dock totalkostnaden för system 2) högst bland de jämförda systemen.

Betydligt lägre investering torde erfordras vid byte till vattenburen elvärme, system 3). Då kan hela radiatorsystemet behållas medan oljepannan bytes mot elpanna försedd med v.v.-beredare. Investeringen härför har uppskattats till 5.000:- Däremot blir energikostnaderna i princip ungefär desamma som för system "direkt elvärme" och slutliga årskostnaden stannar vid 3.750:- Denna årskostnad är dock också större än för samtliga övriga värmesystem utom system 2).

Trots elvärmens ringa grad av flexibilitet skulle sålunda enligt sammanställningen såväl "direkt el" som "vattenburen el" ställa sig dyrare än både oljevärme och övriga studerade system.

I samtliga de följande värmesystemen, 4) - 14), har förutsatts en vattenackumulator om 1000 liter som tilläggskomponent. Härigenom ökas investeringskostnaderna; i sammanställningen har antagits + 4000:- för enbart en ackumulator med v.v.-beredare, 5.000:- för en ackumulator med elektriska värmepatroner och ytterligare + 1.500:- för s.k. "AKA-tillsats" enligt tidigare i denna skrift definierat utförande. Genom tillkomst av en ackumulator ökas verkningsgraden vid oljeeldning, erhålles möjlighet att lagra viss kvantitet el från den billiga natttaxan till dagtid, vidare möjlighet till så pass förenklad vedeldning (där ved står till lämpligt förfogande) att vedeldning blir ett tämligen bekvämt och därför realistiskt alternativ. Dessutom möjliggör ackumulatorn "billig" solvärme.

Systemen 4)-14) med eller utan "AKA-tillsats" behandlar olika kombinationer mellan oljevärme, elvärme, vedvärme och solvärme i avsikt att söka belysa vad som ev. kan vinnas genom de olika kombinationerna.

Vad som omedelbart faller i ögonen är att de ojämförligt lägsta årskostnaderna uppnås för kombinationer, där oljepannan ännu inte utbytt men där andra åtgärder företagits, t.ex. som förberedelse för blivande systembyte, (systemen 6) och 7)). En extra billig olje/fast-bränsle panna efterlyses alltså! Den är av särskild betydelse för att utan större investeringar för väre sig aboment eller samhälle klara effekttopparna.

En jämförelse mellan systemen 4) och 5) (ny oljepanna + ackumulator utan och med AKA-tillsats) dels inbördes och dels med övriga värmesystem visar ungefär samma totalkostnad för bägge systemen 4) och 5), nämligen 3.310:- resp. 3.240:- kr/år. Systemet 5) med "AKA-tillsats" har alltså endast obetydligt lägre årskostnad än system 4) utan sådan tillsats. Den högre verkningsgraden genom AKA-tillsatsen (85 %) motverkas nämligen till viss del av den högre investeringen (+1.500:-).

Nu har i detta fall tillkomsten av "AKA-systemet" ursprungligen initierats mindre av kostnadsskäl än för att uppnå minimerad oljeförbrukning. Av kostnadssammanställningen framgår att system 5) med AKA-tillsats har nära 1000 liter mindre oljeförbrukning per år än nu vanliga oljepannor (system 0)). I den allmänna energidebatten har det länge betonats, att individuella pannor saknar framtid och - även vid småhus - bör ersättas av fjärrvärme (eller elvärme), betr. fjärrvärme främst därför att fjärrvärme ansågs ge lägre oljeförbrukning än individuella oljepannor.

Med AKA-systemets höga verkningsgrad (och fjärrvärmens re- aliter låga verkningsgrad vid rena småhusområden) gäller detta ej. Kvantitativt (mätt i antalet förbrukade liter olja) är tvärtom oljeförbrukningen lägre vid individuella oljepannor med AKA-tillsats ($\eta = 85\%$), 2.320 liter/år, än vid oljeeldade fjärrvärmeverk (slutlig verkningsgrad vid småhusområden ca 60 %), ca 3.300 liter/år. Även kostnadsmässigt hävdar sig än så länge oljekostnaden vid individuella oljepannor med AKA-tillsats ganska väl gentemot fjärrvärme (se Beräkningsförutsättningar, sid. 1, kostnad pr kWh 8,21 öre för tunnoljor vid AKA-systemet, 7,34 öre pr kWh vid fjärrvärmeverkens tjockoljor).

Nu är totala årskostnaden för system 5), oljepanna + ackumulator och AKA-tillsats, enligt kol. m) = 3.240:- kr/år och sålunda fortfarande högre än för system 1), oljepanna utan ackumulator, kr 3.040. Detta skulle kunna synas tala emot AKA-systemet. Här bör dock observeras att system 5) med AKA-systemet och ackumulator genom sin större flexibilitet möjliggör dels framtida besparingar (utnyttjande av billig natt-el, solvärmelagring, bekväm vedeldning m.m.), dels lägre oljeförbrukning än system 1) med enbart direktbyte av oljepannan etc. Flexibilitete-

ten vid AKA-systemet innebär dessutom en långt högre grad av trygghet gentemot framtida ändringar av energitillgång och energipriser. Besparingarna behöver inte heller begränsas till "framtida" på sätt några av de efterföljande exemplen i kostnads-sammanställningen antyder.

Detta gäller alldeles särskilt om abonnenten har tillgång till avfallsved utan egentlig kostnad - vilket rätt ofta är fallet. Med ackumulator och AKA-tillsats kan eldning av sådan ved ske så pass bekvämt och så koncentrerat till enbart lämpliga tider, att ved-eldningen blir realistiskt användbar även för husägare som annars är vana vid automatiska system. (Enbart ved-eldning har under tre vintermånader provats vid Erik Lundströms "provhus").

Systemen 9) och 10) anger kostnaderna för två sådana alternativ med resp. 20 % och 50 % av energibehovet täckt genom ved-eldning, medan resten tillgodoses av automatisk oljeeldning. Totala årskostnaden minskas i dessa fall till resp. 2.915:- och 2.420:- kr. Härvidlag bör bl.a. det framtida trygghetsvärdet att kunna för uppvärmningsändamål utnyttja s.k. "Energiskogar" beaktas.

För en majoritet av småhusägare måste man emellertid förutsätta, att ved har viss kostnad. Vid en av förf. 1973 genomförd utredning med antagande att gällande massavedspriser också kunde anses tillämpliga som brännvedspriser, visade det sig att ved-energin då skulle kosta något mindre än 2/3 av dåvarande pris på eldningsolja energi. I system 14), vartill skall återkommas, har i analogi härmed beräknats årskostnaderna för ett alternativ med 70 % ved-energi och 30 % solenergi, där den förstnämnda antagits ha kostnaden 2/3 av oljeenergin och den sistnämnda ha driftkostnaderna 0. Totala årskostnaderna blir i detta alternativ 2.525:- kr., vilket är det lägsta av samtliga alternativ bortsett från alt. 10) med 50 % "gratis" ved.

Solenergi. De höga energikostnaderna för i första hand el-energi men i andra hand också för olje-energi orsakar att system, där solenergi utnyttjas för del av värmebehovet, har teoretisk möjlighet att avsevärt sänka bränslekostnaderna. Å andra sidan har därvidlag i stället investeringskostnaderna

ökat totala årskostnaderna så pass, att solvärmen ännu inte varit konkurrenskraftig relativt el- eller oljeenergi. Om de i "Beräkningsförutsättningarna" omnämnda preliminära provningarna av förf:s och en medarbetares solfångare bekräftas (senast i mars 1979), så kan emellertid av tre skäl dessa solfångare resultera i anmärkningsvärt billig solvärme:

- 1) Verkningsgraden kan bli påtagligt hög, inemot 70 %.
- 2) Solfångarna bli synnerligen prisbilliga med utförande enligt helt annan princip än f.n. kommersiellt gängse solfångare.
- 3) Magasineringsystemet jämte reglerings- och cirkulationssystem, ackumulatören med AKA-tillsats, ingår redan i systemet och behöver inte separat belasta solvärmekostnaden.

Av nu nämnda skäl har en kostnadsuppskattning av det nya solfångar- och solvärmesystemet till 4.000:- kr för 10 m² solkollektor och 4.500:- kr för 12 m² inte ansetts helt orealistisk (i kostnadsuppskattningen ingår rimliga affärspålägg). Producerad nyttig solvärmeenergi har antagits till ca 400 kWh pr m² solfångare och år.

Med dessa förutsättningar har beräknats årskostnaderna för olika kombinationer av oljevärme, vedvärme, elvärme och solvärme enligt värmesystemen 7), 8), 12) och 14). De angivna kombinationerna ha valts relativt slumpmässigt för att något belysa hur årskostnaderna påverkas genom kombination av AKA-reglerat ackumulatorsystem och viss rimlig mängd solvärme.

Man ser av kostnadssammanställningen, att trots de relativt lågt antagna investeringskostnaderna vid solvärmesystemet enligt system HB, så ökar ändå i allmänhet årskostnaderna f.n. genom införande av solvärme. Exempelvis är system 8) med oljevärme + solvärme (kr. 3.315:-) dyrare än motsvarande system 5) utan solvärme (kr. 3.240:-). Däremot är system 12) med elvärme ackumulator och solvärme något litet billigare (kr. 3.390:-) än system 11) utan solvärme (kr. 3.485:-). Detta beror på att här den mycket dyra el-energin minskats genom delvis utnyttjande av solvärme. Besparingen genom solvärme av energikostnader är alltså enligt system 12) något större än den av solvärmen ökade investeringen.

Trots att utnyttjande av solvärmeenergi än så länge vanligen ökar totala årskostnaderna tror jag att relativt få människor i dagens debattsituation vill vid nyinstallationer avhända sig framtida möjligheter att utnyttja solvärme enbart på grund av mindre ökningar i investeringarna. Solvärmen är redan så etablerad som framtida nödvändighet, att små kostnadsskillnader mellan system som bekvämt möjliggör solvärme och sådana som inte gör det knappast kommer att fälla avgörandet till de förras nackdel. Övriga energipriser kan ju dessutom f.n. snabbt ändras.

Man ser vidare att de billigaste elvärmesystemen 11) och 12) (3.485:- resp. 3.390:- kr) fortfarande är dyrare än oljevärmesystem enligt t.ex. systemen 4) och 5) (3.310:- resp. 3.240:- kr). Då har ändå inte beaktats att oljevärmesystemet 5) möjliggör både oljevärmning, vedeldning etc., medan elvärmesystemen endast möjliggör elvärme (ev. + solvärme). Tryggheten via de flexiblare oljevärmesystemen med tanke på en osäker energiframtid är alltså större än de billigaste elvärmesystemens. Man ser också att samtliga de på kostnadssammanställningen upptagna elvärmesystemen (nr 2), 3), 11) och 12)) har högre total årskostnad än de mera flexibla olje-ved-solvärmesystemen.

Allt detta synes vara fakta, som inte är så allmänt kända av husägarna och som därför borde föras ut i energidebatten.

Till vad nu anförts om kostnader kommer som en väsentlig faktor också oljeförbrukningen vid de olika systemen. Den ojämförligt lägsta oljeåtgången (1160, 1860 och 1980 liter/år) visar de ackumulatorförsedda system (7-10), som möjliggör delvis uppvärmning både med olja och med andra energiformer. Därefter kommer ett par ackumulatorförsedda system (4-5) med enbart oljeeldning (2.320 och 2.640 liter). Högsta oljeförbrukningen enligt sammanställningen (3.300 liter) äger rum vid de befintliga enbart oljeeldade pannorna.

Teoretiska oljeförbrukningen 0 förekommer vid de huvudsakligen elektriskt värmda systemen (2-3 och 11-14), men även vid dessa kan delvis mycket stor oljeförbrukning äga rum (1130 - 5.650 liter/år), nämligen om den erforderliga el-energin, som f.n. ofta är fallet under långa tider, produceras via oljekondenskraftverk (se kol. i) i sammanställningen).

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750491-6 från
Statens råd för byggnadsforskning till institutionen för byggnads-
ekonomi och byggnadsorganisation, KTH, Stockholm.**

R119: 1979

ISBN 91-540-3110-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700019

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 35 kr exkl moms