



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

R98:1985

Frånluftsvärmepumpar i flerbostadshus

Ekonomisk jämförelse mellan olika uppvärmningssystem

Gösta Jansson

R
AND

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

Byggeforskningsrådet

R98:1985

FRÄNLUFTSVÄRMEPUMPAR I FLERBOSTADSHUS

Ekonomisk jämförelse mellan olika
uppvärmningssystem

Gösta Jansson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
830648-5 från Statens råd för byggnadsforskning
till Fläkt Evaporator AB, Jönköping.

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

R98:1985

ISBN 91-540-4448-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	4
1	INLEDNING 5
1.1	Bakgrund 5
1.2	Avsikt 6
2	FÖRUTSÄTTNINGAR 7
2.1	Dimensionering 7
2.2	Eltariffer 7
2.3	Ekonomi 10
3	SYSTEMLÖSNINGAR 13
3.1	Tappvarmvattenberedning 13
3.2	Tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning 14
4	ENERGIFÖRBRUKNING 15
4.1	Tappvarmvattenberedning 15
4.2	Tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning 18
5	INSTALLATIONSKOSTNAD 23
5.1	Akkumulatorinstallation 23
5.2	Övrig värmepumpinstallation 25
5.3	Installation av elpanna 26
6	OPTIMAL ACKUMULERINGSVOLYM 27
6.1	Tappvarmvattenberedning 27
6.1.1	Enkeltariff 27
6.1.2	Dubbeltariff 27
6.1.2.1	Frånluftsvärmepump 28
6.1.2.2	Elpanna 29
6.1.3	Tidstariff 29
6.2	Tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning 30
6.2.1	Enkeltariff 30
6.2.2	Dubbeltariff 30
6.2.2.1	Frånluftsvärmepump 31
6.2.2.2	Elpanna 31
6.2.2.3	Frånluftsvärmepump och oljepanna 35
6.2.3	Tidstariff 35
6.2.4	Tariff för avbrytbar leverans 35
7	LÖNSAMHET 37
7.1	Tappvarmvattenberedning 37
7.2	Tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning 38
8	SLUTSATSER 45
9	REFERENSER 47

SAMMANFATTNING

Avsikten med utredningen är att undersöka, hur tids-differentierade eltariffer påverkar frånluftsvärmepumpars dimensionering och lönsamhet i flerbostadshus. Man måste därvid behandla de två vanligaste applikationerna

- enbart tappvarmvattenberedning
- både tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning

var för sig, eftersom förutsättningarna är olika såväl tekniskt som ekonomiskt.

En stor mängd parametrar varierar från installation till installation. I utredningen har "normalvärden" förutsatts utom för kapitalkostnaden, där annuiteten (amortering + nettoränta + servicekostnad) varierats mellan 6 och 20 %.

De viktigaste slutsatserna av utredningen är, att

- komplettering av befintlig oljepanna med frånluftsvärmepump ger god lönsamhet även vid relativt höga annuiteter. I allmänhet är enkeltariffen gynnsammaste eltariffen
- dygnslagring inte är ekonomiskt motiverad vid frånluftsvärmepumpar, oberoende av eltariff. För elpanna är däremot dygnslagring intressant
- värmepumpen bör om möjligt anslutas till både tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning
- värmepumpen bör prioriteras driftmässigt för att få lång utnyttningstid. Den erforderliga tillsatsvärmekällan ger alltid högre energikostnad.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Värmepumpen är en gammal uppfinning, som rönt ett nyväckt intresse under senare år i och med att energipriserna stigit kraftigt. Speciellt i Sverige har eldrivna värmepumpar också gynnats av att prisrelationen mellan olika energislag ändrats. Elenergin har inte alls följt med i oljans snabba prisutveckling. Det har därmed blivit lönsamt att använda el istället för olja för uppvärmning även utan användning av värmepumpar. Tabellen nedan visar den förändrade prisrelationen mellan olje- och elbaserad värmeenergi. Den största förändringen skedde i samband med den s.k. oljekrisen 1973-74.

	1970		1984	
	kr/m ³	öre/kWh	kr/m ³	öre/kWh
Eldningsolja	175	(2,5)	2600	(37)
Elenergi	(460)	6,6	(1960)	28
Prisrelation olja-el		0,38		1,33

Värdena inom parentes är framräknade under förutsättning att 1 m³ olja motsvarar 7000 kWh elenergi, vilket är ett normalt medelvärde under året för en oljepanna i flerbostadshus.

Man förstår det svaga intresset för eldrivna värmepumpar före "oljekrisen". Även om värmeavgivningen var tre gånger större än elförbrukningen, så blev energikostnaden ändå ungefär densamma som för oljepannor. De värmepumpar som förekom var i allmänhet reversibla och i första hand avsedda för kyl drift sommartid.

För närvarande finns enligt statistik drygt 60 000 värmepumpar i drift i Sverige. I år (1985) kommer sannolikt 25.000 nya värmepumpar att installeras. Av dessa är ungefär 8 000 frånluftsvärmepumpar, huvudparten avsedda för småhus. Antalet installationer i flerbostadshus kan uppskattas till cirka 500.

Den presumtiva marknaden i Sverige för frånluftsvärmepumpar i flerbostadshus är stor. Ungefär 900 000 lägenheter fördelade på 45 000 hus har mekanisk frånluftsventilation (F-system), vilket är en förutsättning för sådana installationer. Ätminstone en tredjedel av husen kan bedömas vara tekniskt och ekonomiskt lämpliga för komplettering med frånluftsvärmepumpar. Detta skulle motsvara en energibesparing i storleksordningen 1,5 TWh/år med ett värde av cirka 0.5 miljarder kr/år. Installationskostnaden kan uppskattas till omkring 3 miljarder kr.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Dimensionering

I utredningen behandlas de två vanligaste applikationerna av frånluftsvärmepumpar i flerbostadshus, nämligen för

- enbart tappvarmvattenberedning
- både tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning.

Förutsättningarna för dessa är olika både tekniskt och ekonomiskt. I det förstnämnda fallet har värmepumpen i allmänhet en överkapacitet och går intermittert. Här finns alltså möjlighet att genom dygnslagring styra driften till tider med lägre elpriser. I det senare fallet har värmepumpen så liten effekt i förhållande till behovet, att driften är kontinuerlig under större delen av uppvärmningssäsongen. Möjligheten till dygnslagring är därmed begränsad till sommartid, då den dessutom är mindre intressant ekonomiskt sett.

En mängd parametrar varierar från installation till installation, speciellt som det oftast är fråga om att komplettera befintliga hus med frånluftsvärmepumpar. För att begränsa arbetsinsatsen måste man låsa en rad av parametrarna till "normalvärden". Dessa förutsätta värden framgår nedan:

- Normenlig ventilation dygnet om, vilket motsvarar frånluftsflödet $120 \text{ m}^3/\text{tim, lgh}$ (inkl. husets biutrymmen)
- Frånluftens temperatur sänks från $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ till $+5 \text{ }^\circ\text{C}$
- Ingen nattsänkning av rumstemperaturen
- Värmepumpen dimensioneras av frånluftsflödet och har en värmefaktor = 3. Detta innebär en avgiven värmeeffekt = $0,90 \text{ kW/lgh}$ och en tillförd eleffekt = $0,30 \text{ kW/lgh}$
- Energibehovet för tappvarmvattenberedning är $3 \text{ 000 kWh/år, lgh}$ inkl. VVC-kretsens förluster. Detta motsvarar medeleffekten $0,34 \text{ kW/lgh}$ och medelenergibehovet $8,22 \text{ kWh/dygn, lgh}$
- För att klara årstids- och veckodagsvariationerna i tappvarmvattenförbrukning erfordras en minsta avgiven effekt = $0,60 \text{ kW/lgh}$ (75 % marginal på medeleffekten)
- För att klara dygnsvariationerna erfordras en grundvolym för ackumulatortank av 50 l/lgh vid värmepump och 30 l/lgh vid elpanna. Denna volym deltagar ej i eventuell styrd dygnslagring

- I ackumulatorerna är temperaturdifferensen mellan utgående och inkommande vatten 30 °C vid värmepump och 50 °C vid elpanna. (Därav olika lagringsvolym vid värmepump respektive elpanna.)
- Tappvarmvattnets temperatur från ackumuleringsstanken är 55 °C och vid tapställena 50 °C
- Maximala effektbehovet för rumsuppvärmning är 4,0 kW/lgh och motsvarande energibehov är 10 400 kWh/år, lgh
- Totalt för både tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning erfordras maximala effekten 4,6 kW/lgh och energibehovet 13 400 kWh/år, lgh

2.2 Eltariffer

Såväl antalet tariffer som utformningen av dessa varierar mellan Sveriges cirka 240 elleverantörer (ref.3). För bostäder är säkringstariffer aktuella, varvid enkeltariff samt en eller flera av övriga tariffer nedan tillämpas:

- Enkeltariff. Konstant energipris.
- Mellantariff. En variant av enkeltariffen med lägre energipris och högre effektpris.
- Dubbeltariff. Ett högre energipris på dagen och ett lägre på natten.
- Tidstariff. Ett högre energipris på dagen (ibland endast vardagar) vintertid och ett lägre övrig tid. Varianter med flera taxor förekommer.

Nyligen har en annorlunda konstruerad tariff införts av de större elleverantörerna, Vattenfall och Sydkraft. Den kallas

- Tariff för avbrytbar leverans

och innebär att energipriset varierar i 3 perioder under året, nämligen vinter, höst/vår och sommar. Energipriset är totalt sett lågt, men i gengäld förbehåller sig leverantören rätt att när som helst under året avbryta leveranserna under ett begränsat antal timmar. Sydkraft anger maximalt 760 tim/år, medan Vattenfall förhandlar individuellt om villkoren. Tariffen är avsedd för större förbrukare och tecknas objektsvis. I bostadssammanhang kan den bli aktuell i flerbostadshus eller gruppcentraler, där man installerar en ny elpanna och har kvar en fungerande oljepanna för perioder med elavbrott.

Beräkningarna koncentreras på nedanstående fyra tariffer. Priserna för de tre första avser Vattenfall, område Väst-, Öst- och Mellansverige (ref. 3). Priserna vid avbrytbar leverans avser också Vattenfall, tariff N4 för Väst-, Öst- och Mellansverige (ref. 5). Här är priset detsamma dygnet om. Sydkraft har däremot i sin motsvarande tariff en viss men obetydlig pris-skillnad mellan dag och natt under 7 av årets månader (ref. 6). I priserna ingår energiskatt 7,2 öre/kWh, gällande från 1984-12-01.

Tabell 2.1 Behandlade eltariffer och energipriser.

Enkeltariff	30,2 öre/kWh	
Dubbeltariff	34,2 öre/kWh	kl 06-22
	21,2 öre/kWh	övrig tid
Tidstariff	47,2 öre/kWh	nov-mars vardagar kl 06-22
	21,2 öre/kWh	övrig tid
Tariff för avbrytbar leverans	23 öre/kWh	okt-apr
	18,7 öre/kWh	maj, juni, sept, aug
	15,5 öre/kWh	juli

För samtliga tariffer tillkommer säkringsavgifter (fasta avgifter och abonnemangavgifter). Vid installation av värmepump eller elpanna tillkommer kostnad för den uppsäkring av husets huvudsäkring, som vanligen krävs. Denna merkostnad kommer att slå olika från fall till fall, men för att få beräkningsmässig hanterbarhet linjäriseras säkringsavgiften enligt Tabell 2.2 (ref. 3).

Merkostnaden för uppsäkring är således densamma för dessa tre tariffer och dessutom i stort sett densamma per Ampère i det aktuella storleksområdet. Som ett medelvärde används 35 kr/år, A eller

$$\frac{1000}{380 \cdot \sqrt{3}} \cdot 35 = 53 \text{ kr/år, kW.}$$

Tabell 2.2 Säkringsavgifter enligt ref. 3.

Säkring	35	50	63	80	100	A
Enkeltariff	1300	1800	2300	2850	3600	kr/år
Differens		500	500	550	750	kr/år
Differens per A		33	38	32	38	kr/år,A
Dubbeltariff	1530	2030	2530	3080	3830	kr/år
Differens		500	500	550	750	kr/år
Differens per A		33	38	32	38	kr/år,A
Tidstariff	1780	2280	2780	3330	4080	kr/år
Differens		500	500	550	750	kr/år
Differens per A		33	38	32	38	kr/år,A

Vid tariff för avbrytbar leverans (ref. 5) är den fasta avgiften 4.300 kr/år och abonnemangavgiften 50 kr/år,kW för abonnerad effekt, som förutsätts vara lika med installerad eleffekt.

För de olika tarifferna erhålles följande fasta och abonnemangavgifter per installerad kW eleffekt (kW_{el}):

Tabell 2.3 Säkringsavgifter vid beräkningarna.

Enkeltariff	53 (kW_{el})	kr/år
Dubbeltariff	230 + 53 (kW_{el})	kr/år
Tidstariff	480 + 53 (kW_{el})	kr/år
Tariff för av- brytbar leverans	4.300 + 50 (kW_{el})	kr/år

Vid tariff för avbrytbar leverans förutsätts elavbrott 750 tim/år, och att detta sker under dyraste energitaxan (vinter, dagtid).

2.3 Ekonomi

Ekonomisk optimering och lönsamhetsbedömning av energibesparande installationer är alltid besvärlig främst på grund av svårigheten att väga samman engångskostnaden för installationen med förväntade årliga energibesparingar. En rad generella mer eller mindre sofistikerade metoder finns utarbetade för lönsamhetsbedömningar, såsom pay-off metoden, nuvärdesmetoden och annuitetsmetoden. Vid energiinstallationer kompliceras problemet ytterligare av att

- statligt stöd i form av bidrag, räntesubvention och skattereduktion utgår enligt komplicerade regler, som dessutom ändrats ofta
- förväntad energiprisutveckling, speciellt relationen mellan el och olika former av värmeenergi, är osäker.

För att reducera arbetsinsatsen måste man även här låsa en rad ekonomiska parametrar till "normalvärdet". Dessa framgår nedan:

- Fastigheten har 40 lägenheter
- Installationskostnaden för befintlig oljepannsätts = 0
- Installationskostnaden för alla kompletterande delar av värmesystemen avser totalt kundpris, inklusive 12,87 % moms
- Värmeenergi från oljepannan kostar 37 öre, kWh, motsvarande oljepriset 2.600 kr/m³ olja
- Kapitalkostnaden beräknas som en konstant annuitet under anläggningens avskrivningstid. I denna ingår amortering, nettoränta och servicekostnader
- Årskostnaden är summan av kapitalkostnad och energikostnad

Vid dimensionering och vissa överslagsbedömningar av lönsamheten används i det följande en förenklad pay-off metod. Kundens installationskostnad divideras med årliga värdet av energibesparingen vid nuvarande energipriser.

Vid noggrannare lönsamhetsbedömningar används annuitetsmetoden. Annuiteten sammansätts av

- konstant avskrivning på den ursprungliga installationskostnaden. Ex. Vid 20 års avskrivningstid blir bidraget till annuiteten $\frac{100}{20} = 5 \%$
- nettoränta efter räntesubvention och skatteeffekter, räknat på den ursprungliga installationskostnaden. Här måste också inverkan av amortering och inflation beaktas. Ett rimligt värde på nettoräntan med dagens förutsättningar torde ligga under 50 % av bruttoräntan
- servicekostnad

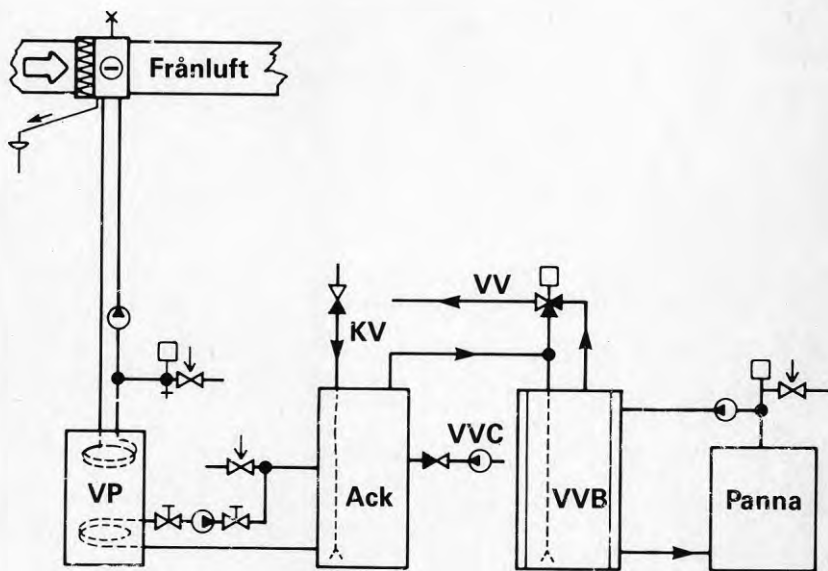
Såsom normalvärde för annuiteten väljs vid överslagsberäkningar 12 % (5+6+1 % enligt ovan). I lönsamhetsdiagrammen är annuiteten inlagd som en variabel.

Lönsamheten anges som förändring av årskostnaden (kapital- och driftkostnad) per lägenhet i förhållande till referensinstallationen, befintlig oljepanna. Observera att i referensfallet räknas panninstallationen såsom avskriven, och årskostnaden utgöres endast av energikostnaden.

3 SYSTEMLÖSNINGAR

Eftersom denna utrednings tyngdpunkt ligger på ekonomi och lönsamhet behandlas systemlösningarna mycket summariskt, och endast såsom underlag för beräkning av installationskostnaden vid frånluftsvärmepumpar. Allmänt kan sägas, att enklast möjliga installation eftersträfvats, såsom direkt värmning istället för via sekundärkrets och värmeväxlare. Vid lagring förutsätts skilda ackumuleringskretsar för värmepump och tillsatsvärmekälla, eftersom temperaturnivåerna är olika. Principskisserna nedan har hämtats ur projekteringsanvisning för Fläkts frånluftsvärmepump AMPLiTERM (ref. 14).

3.1 Tappvarmvattenberedning

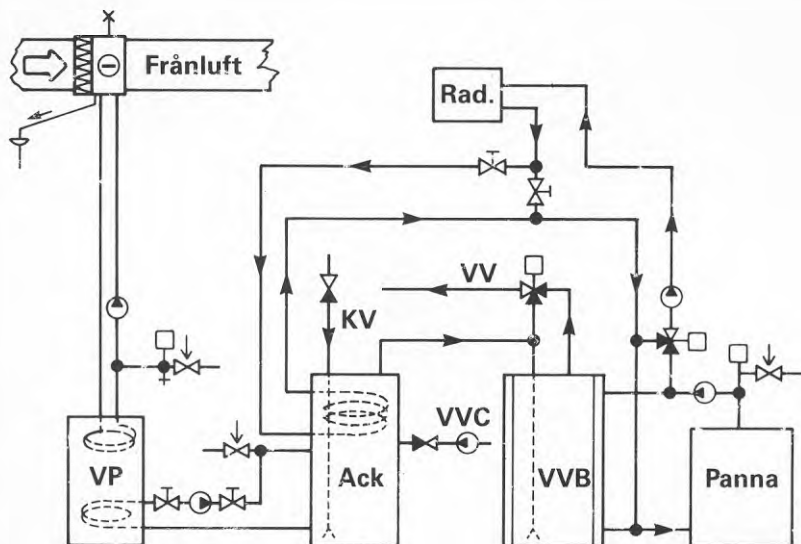


Figur 3.1 Frånluftsvärmepump för tappvarmvattenberedning.

Frånluften kyls till $+5^{\circ}\text{C}$ av kylbatteriet i frånluftskanalen. Den utvunna värmeenergin transporteras via en vätskekopplad sekundärkrets till värmepumpens förångare. I värmepumpen höjs temperaturen på känt sätt, och från dess kondensator erhålles varmvatten vid en temperatur av $+55^{\circ}\text{C}$. Varmvattnet lagras i en eller flera ackumulatorer för att täcka belastningstoppar och eventuellt för dygnslagring från lågpris- till högpristaxa. Vid behov kan tappvarmvattnet eftervärmas

av tillsatsvärmekällan, i figuren en oljepanna.

3.2 Tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning



Figur 3.2 Frånluftsvärmepump för tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning.

Tappvarmvattnet prioriteras och värms direkt i värmepumpens kondensator. I en värmeväxlingslinga i ackumuleringsstanken värms även radiatorkretsen via tappvarmvattnet.

Många alternativa kopplingar är möjliga, t.ex. att använda radiatorvattnet som värmevatten i värmepumpens kondensator och indirekt värma tappvarmvatten i en separat värmeväxlare.

4 ENERGIFÖRBRUKNING

4.1 Tappvarmvattenberedning

Energibehovet för tappvarmvattenberedning varierar avsevärt mellan olika flerbostadshus beroende på ett flertal faktorer såsom de boendes sammansättning, köks- och badrumsutrustning samt debiteringssätt. Förbrukningen varierar också för det enskilda huset med årstid och veckodag. Vidare finns en stark dygnsvariation med markanta toppar morgon och kväll.

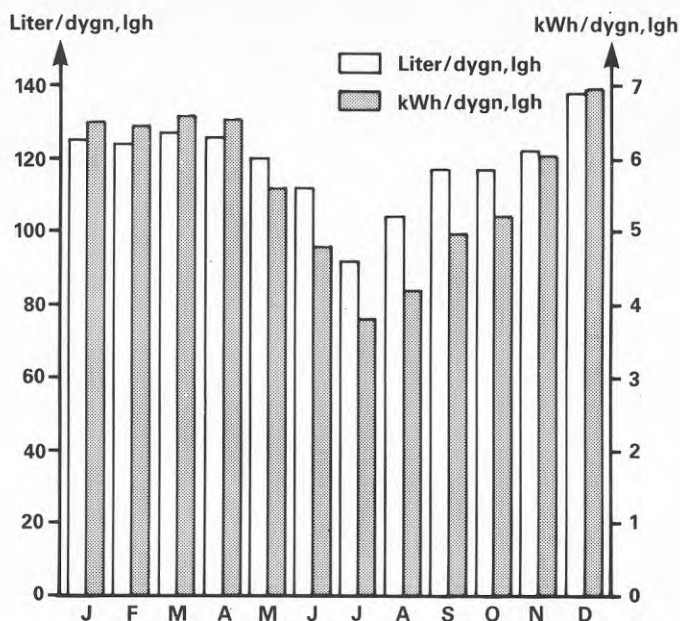
Varmvattenförbrukningen har minskat betydligt under senare år i och med att energipriserna ökat. Några exempel på tidigare mätningar är

Tabell 4.1 Energibehov för tappvarmvattenberedning enligt mätningar.

Råslätt	år 1968-70	5000-5600 kWh/år, lgh
Tensta	1971-72	~4100 kWh/år, lgh
Bollnäs	1971-72	~3700 kWh/år, lgh
och på senare		
Jönköping	år 1979-80	2200 kWh/år, lgh
Nynäshamn	1981	2300 kWh/år, lgh
Göteborg	1983	2300 kWh/år, lgh
Söderköping	1984	2500 kWh/år, lgh

Eftersom de senare mätningarna gjorts i hus där energibesparande installationer utförts eller varit aktuella kan man förmoda, att de boende varit speciellt energimedvetna. Såsom normalvärde antages därför energibehovet inklusive VVC-kretsens tillsatsvärmning vara 3000 kWh/år, lgh.

Ett typiskt exempel på variationen under året framgår av Figur 4.1 (ref. 13). I diagrammet anger de ofyllda stolparna månadsmedelvärden för varmvattenförbrukningen, och de fyllda motsvarande energibehov för varmvattenberedning. Som synes sjunker varmvattenförbrukningen betydligt sommartid och energibehovet ännu mera, eftersom inkommande kallvatten från nätet då har en högre temperatur. Medan energiförbrukningen är ungefär 7 kWh/dygn, lgh på vintern, sjunker den sommartid till ungefär 4 kWh/dygn, lgh. Denna årstidsvariation innebär, att även om inte värmepumpen är dimensionerad för 100 % täckning av tappvarmvattenförbrukningen året om, så kan man ändå stänga av oljepannan under icke uppvärmningssäsong, när den annars går med dålig verkningsgrad.



Figur 4.1 Månadsmedelvärden för varmvattenförbrukning och energi till tappvarmvattenberedning, kv. Björnen, Nynäshamn 1981.

Vid de fortsatta beräkningarna bortses från skillnader i månads- och veckodagsförbrukning, och energiförbrukningen för tappvarmvattenberedning förutsätts vara konstant under året. Detta har liten inverkan vid enkel- och dubbeltariff, men är något för gynnsamt för dygnslagring vid tidstariff. Däremot dimensioneras värmekällan med 75 % marginal på medeleffekten för att täcka dessa variationer. Optimeringen vid de fortsatta beräkningarna avser dygnslagring från lågtaxetid (natt) till högtaxetid (dag). Förbrukningens variation under dygnet är helt avgörande för resultatet. För att förenkla beräkningen väljs en procentuell uppdelning, som följer de vanligaste tidsintervallen i tarifferna, nämligen "dagtid" mellan kl. 06-22 och "nattid" resten av dygnet.

I referens 8 anges en fördelning enligt FERA baserad på energiuttaget från elnätet i syd- och mellansverige. Den avser dock småhus och inkluderar förmodligen en viss dygnslagring eller styrning av förbrukningen för att utnyttja lågpristaxan. Man måste också observera i referensens fördelning, att "nattid" inkluderar förbrukning hela dygnet under lördag och söndag. För detta har korrigerats i Tabell 4.2, som också anger resultaten av en del andra mätningar i olika bostadsområden.

Tabell 4.2 Fördelning av energibehovet för tappvarm-
tappvarmvattenberedning enligt mätningar

<u>Mätning</u>	<u>År</u>	<u>"Dagtid" 06->22</u>	<u>"Nattid" 22->06</u>
FERA	1983	84 %	16 %
Göteborg	1973	85	15
Göteborg	1984	94	6
Årsta	1982	86	14

Baserat på ovanstående värden förutsätts energiförbrukningen för tappvarmvattenberedning fördelas med

85 % under "dagtid" kl 06->22

15 % under "nattid" kl 22->06

Vid säsongsdifferentierade tariffer erfordras också en uppdelning på årets månader. Här ger ref. 8 och 13

Tabell 4.3 Fördelning av energibehovet för tappvarm-
vatten per månad.

<u>Månad</u>	<u>"FERA"</u>	<u>"Nynäshamn"</u>	<u>Säg</u>
1 (jan)	9,2 %	9,1 %	9,1 %
2	8,8	8,4	8,6
3	9,2	10,2	9,6
4	9,2	10,0	9,5
5	8,3	8,7	8,5
6	7,0	7,1	7,1
7	5,0	6,5	5,7
8	7,0	6,5	6,8
9	8,3	7,2	7,7
10	9,2	7,9	8,6
11	9,2	8,2	8,8
12 (dec)	9,6	9,8	9,8

vilket innebär

46 % under "vintertid" nov -> mars

54 % under "sommartid" april -> okt

eller vid tre tidsperioder

46 % under "vintertid" nov -> mars

26 % under "höst/vår" april, sept, okt

28 % under "sommartid" maj -> aug

4.2 Tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning.

Energibehovet för tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning varierar avsevärt mellan olika flerbostadshus. Referens 1 anger nettoenergiförbrukningen år 1975 för hus byggda åren 1961-75 till 13 500 kWh/år, lgh och högre värden för äldre hus. Sedan dess har besparingsåtgärder blivit vanligare, men lägenhetsytan har samtidigt ökat något. Referens 2 anger bruttoenergiförbrukningen för landets 2,0 milj. lägenheter år 1982 till 30 TWh/år, d.v.s. 15 000 kWh/år, lgh. Enligt samma källa värmdes ungefär 45 % med egen oljecentral, varför en rimlig nettoförbrukning även enligt denna referens är $0,90 \cdot 15\ 000 = 13\ 500$ kWh/år, lgh.

Statistik från Fläkt AB över angiven oljeförbrukning för ett antal flerbostadshus, där installation av frånluftsvärmepumpar senare blivit aktuellt, ger ett medelvärde av 1,54 m³olja/år, lgh, motsvarande ungefär 11 000 kWh/år, lgh. Som redan nämnts kan man dock förmoda, att det här är fråga om särskilt energimedvetna lägenhetsinnehavare, speciellt som bostadsrättsföreningar dominerar statistiken.

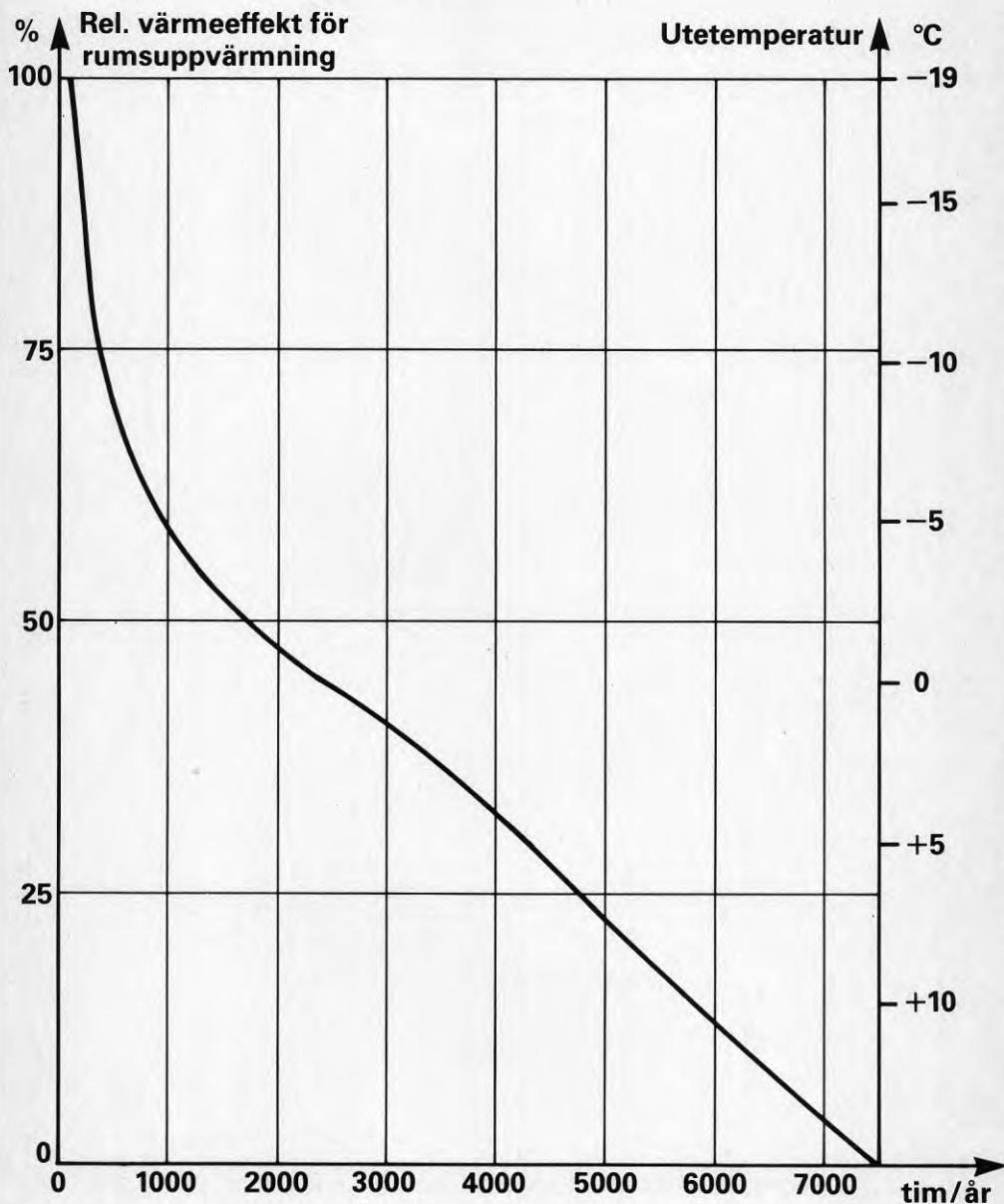
Såsom "normalvärde" väljs följande data:

Energibehov för rumsuppvärmning	10 400 kWh/år, lgh
Energibehov för tappvarmvattenberedning	3 000 kWh/år, lgh
Energibehov, totalt	13 400 kWh/år, lgh
Max. effekt för rumsuppvärmning	4,0 kW/år, lgh
Max. effekt för tappvarmvattenberedning	0,6 kW/lgh
Max. effekt, totalt	4,6 kW/lgh

Sambandet mellan energibehov och max. effekt kan erhållas ur ett varaktighetsdiagram för den aktuella orten. Här används av Förlags AB VVS utgivna diagram (ref. 10) för temperaturzon 6. Denna zon täcker ett band över Sverige i höjd med Mälaren och Väneren. Figur 4.2 visar det aktuella diagrammet. Genom att planimetrera ytan (eller räkna rutor) kan man bestämma den ena storheten av energibehov och max. effekt, om den andra är känd. I detta diagram kommer 100 % relativ effekt att motsvara max. effekten 4,0 kW/lgh för rumsuppvärmning.

En uppdelning av energibehovet för enbart rumsuppvärmning i "dagtid" och "nattid" enligt dubbeltariffens tidsperioder och dessutom månad för månad framgår av Tabell 4.4. Uppdelningen har gjorts med hjälp av Fläkts dataprogram AC170 med klimatdata för Stockholm som ingångsvärden och avställning av uppvärmningen 15 maj-15 sept. Som jämförelse finns inom parentes fördelningen enligt FERAs leveransstatistik för uppvärmning av småhus (ref. 8). Som synes är avvikelserna mellan fördelningarna månad för månad obetydliga. Leveransstatistiken visar dock påtagligt mindre

energiuttag på natten. Sannolikt beror detta på att ett antal abonnenter använt nattsänkning av temperaturen, vilket ekonomiskt sett är en olämplig åtgärd vid dubbeltariff. Som underlag för den fortsatta beräkningen väljs därför fördelningen enligt Fläkts dataprogram.



Figur 4.2 Varaktighetsdiagram för temperaturzon 6.

Tabell 4.4 Fördelning av energibehovet för enbart rumsuppvärmning i "dagtid" och "nattid".

Månad	"Dagtid" kl. 06->22	"Nattid" kl. 22->06
1 (jan)	10,4 (11,6) %	5,9 (5,7) %
2	10,3 (10,5)	5,9 (5,3)
3	9,5 (10,2)	5,7 (5,0)
4	6,9 (6,7)	4,6 (3,3)
5	1,7 (3,2)	1,9 (1,5)
6	0 (0)	0 (0)
7	0 (0)	0 (0)
8	0 (0)	0 (0)
9	1,1 (2,5)	1,1 (1,1)
10	4,8 (5,0)	2,9 (2,6)
11	7,7 (7,6)	4,3 (3,8)
12 (dec)	9,8 (9,7)	5,5 (4,7)
Året	62,2 (67) %	37,8 (33) %

Med tanke på tidstariffens konstruktion finns även behov av en något annorlunda uppdelning, nämligen i "Vardagar, kl. 06->22" och "Övrig tid". I Tabell 4.5 har den första kolumnen beräknats såsom 5/7 av "Dagtid 06->22" och resterande energiförbrukning såsom "Övrig tid".

Tabell 4.5 Fördelning av energibehovet för enbart rumsuppvärmning i "Vardagar, dagtid" och "Övrig tid".

Månad	"Vardagar" kl. 06->22	"Övrig tid"
1 (jan)	7,4 %	8,9 %
2	7,4	8,8
3	6,8	8,4
4	4,9	6,6
5	1,2	2,4
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0,8	1,4
10	3,4	4,3
11	5,5	6,5
12 (dec)	7,0	8,3
Året	44,4 %	55,6 %

Värmepumpar installeras antingen för både tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning eller för enbart tappvarmvattenberedning. Däremot är det ovanligt att installera en värmepump för enbart rumsuppvärmning, eftersom man då inte kan utnyttja den alls sommartid. Vi bortser därför helt från detta fall i de fortsatta beräkningarna, men utnyttjar Tabell 4.4 och Tabell 4.5 för att beräkna energifördelningen för kombinationsfallet tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning. Enligt ovan förutsätts energibehovet för tappvarmvattenberedning vara fördelat med 85 % under "dagtid" och 15 % under "nattid", varför omräkningen ges av följande uttryck:

$$\text{Dagtid kl 06-}\rightarrow\text{22: } X_{\text{nya}} = \frac{10\,400}{13\,400} \cdot X_{\text{gamla}} + \frac{85 \cdot 3\,000}{12\,13\,400}$$

$$\text{Nattid kl 22-}\rightarrow\text{06: } X_{\text{nya}} = \frac{10\,400}{13\,400} \cdot X_{\text{gamla}} + \frac{15 \cdot 3\,000}{12\,13\,400}$$

$$\text{Vardagar kl 06-}\rightarrow\text{22: } X_{\text{nya}} = \frac{10\,400}{13\,400} \cdot X_{\text{gamla}} + \frac{61 \cdot 3\,000}{12\,13\,400}$$

$$\text{Övrig tid: } X_{\text{nya}} = \frac{10\,400}{13\,400} \cdot X_{\text{gamla}} + \frac{39 \cdot 3\,000}{12\,13\,400}$$

där X står för aktuellt procenttal. Resultatet framgår av följande tabeller:

Tabell 4.6 Fördelning av energibehovet för både tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning på "dagtid" och "nattid" under årets månader.

<u>Månad</u>	<u>"Dagtid" kl 06-}\rightarrow\text{22}</u>	<u>"Nattid" kl 22-}\rightarrow\text{06}</u>
1 (jan)	9,7 %	4,9 %
2	9,6	4,9
3	8,9	4,7
4	6,9	3,7
5	2,9	1,8
6	1,6	0,3
7	1,6	0,3
8	1,6	0,3
9	2,4	1,1
10	5,3	2,5
11	7,6	3,6
12 (dec)	9,2	4,6
Året	67,3 %	32,7 %

Tabell 4.7 Fördelning av energibehovet för både tapp-
varmvattenberedning och rumsuppvärmning i "vardagar,
dagtid" och "övrig tid".

<u>Månad</u>	<u>"Vardagar" kl. 06->22</u>	<u>"Övrig tid"</u>
1 (jan)	6,9	7,6
2	6,9	7,5
3	6,4	7,3
4	4,95	5,9
5	2,1	2,6
6	1,1	0,7
7	1,1	0,7
8	1,1	0,7
9	1,8	1,8
10	3,8	4,1
11	5,4	5,8
12 (dec)	6,6	7,2
Året	48,1 %	51,9 %

5 INSTALLATIONSKOSTNAD

Problemet vid generella kostnadsberäkningar för denna typ av installationer är, att förutsättningarna varierar så avsevärt från fall till fall. Frånluftens tillgänglighet, disponibla utrymmen för tillkommande apparater och rörsystem, status på befintlig värme- och elinstallation är några exempel på faktorer, som i hög grad påverkar installationskostnaden. Enklarest att beräkna är kostnaden för standardkomponenterna värmepump, kylbatteri och ackumulatorer, men dessa svarar normalt för mindre än hälften av kundens totala installationskostnad. Resten utgöres huvudsakligen av material och arbete på rör-, el- och regler-sidan.

Vid den fortsatta beräkningen förutsätts en "normal-installation", och kostnaderna beräknas enligt en metod som utarbetats med hjälp av Sundsvalls Rör AB. I denna förutsätts ett hus med 3 våningar och totalt 20 m horisontell rördragning mellan kylbatterier och värmepump. Kostnaderna inkluderar byggmoms 12,87 %.

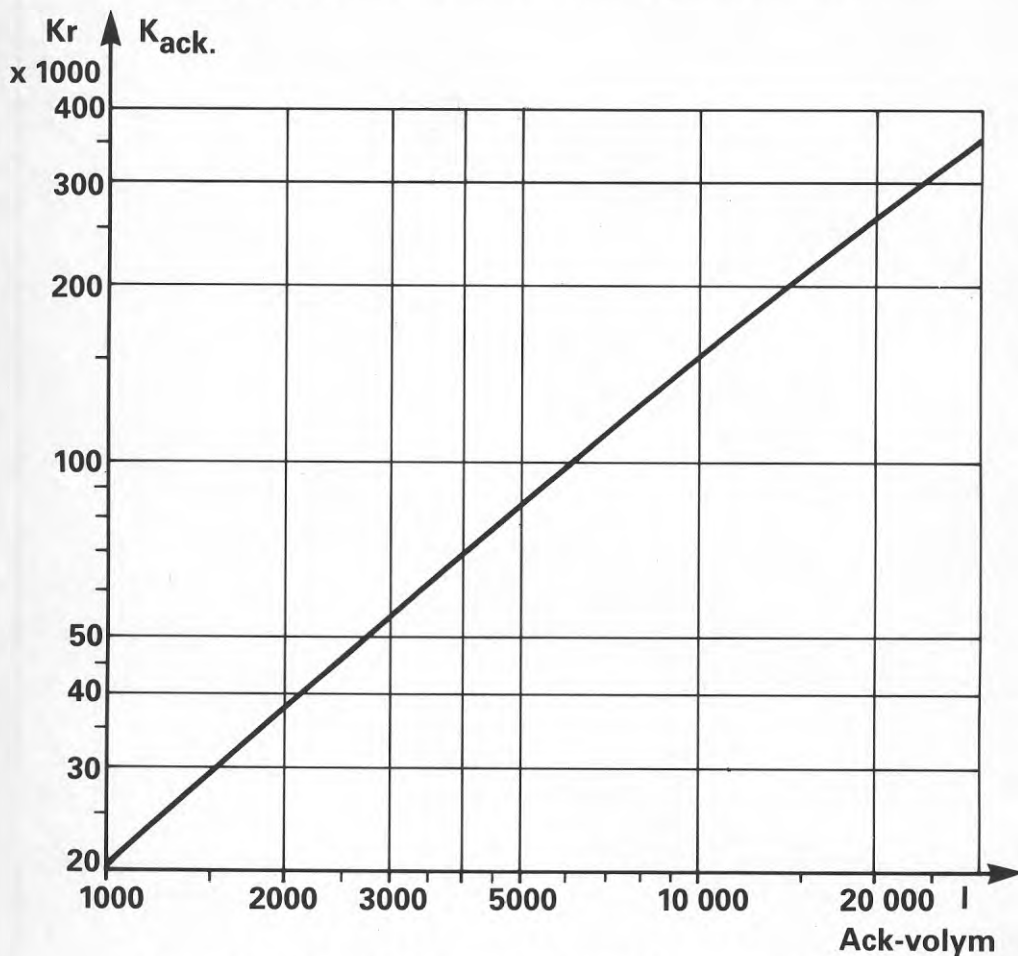
Den totala kostnaden för värmepumpinstallationen uppdelas i två delar:

- ackumulatorkostnaden K_{ack} . I denna ingår ackumulator, cirkulationspump, säkerhetsutrustning, rör- och rördetaljer samt arbetskostnaden för all inkoppling på värmepumpens kondensorsida. Dock ingår ej anslutning av husets tappvarmvatten- och radiatorsystem. Ej heller ingår värmeväxlare för värmning av radiatorvätnet. Annorlunda uttryckt utgör K_{ack} merkostnaden för en installation med värmelagring jämfört med en installation utan sådan lagring.
- kostnaden för all övrig installation K_{vp} . I denna ingår främst värmepumpar, kylbatterier, reglerutrustning samt arbetskostnad fram till fullt färdig anläggning. K_{vp} kan också uttryckas som kostnaden för en värmepumpinstallation helt utan lagringsmöjlighet.

5.1 Ackumulatorinstallation

Kostnadsberäkningarna gäller för systemlösningar enligt Figur 3.1 respektive Figur 3.2 ovan. Vidare förutsätts, att den totala ackumuleringsvolymen sammansätts av ett antal tankar med volymen 500 l. Kostnaden stiger nämligen sprängvis vid just 500 l, eftersom större tankar följer strängare säkerhets- och inspektionsnormer. Ett annat skäl är, att 500 l tankar får sådana dimensioner, att de kan transporteras in genom befintliga dörrar.

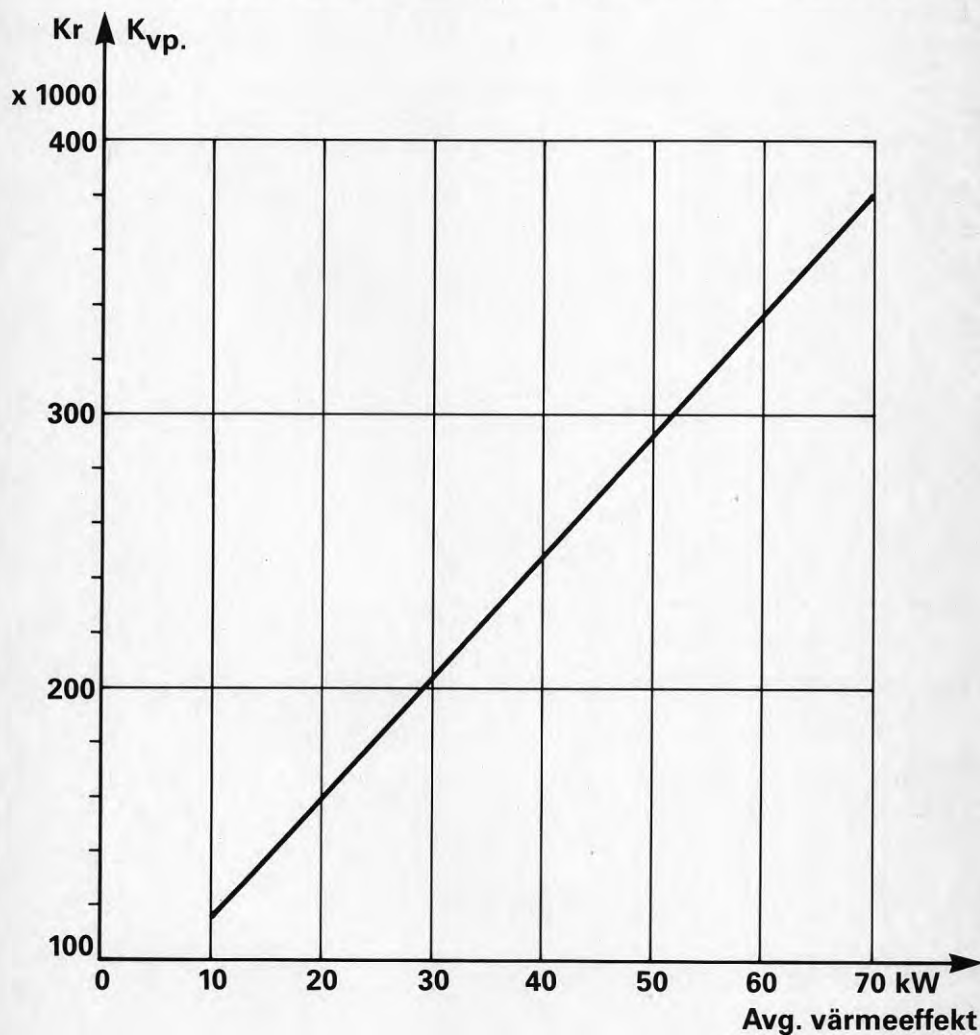
Med kostnaden för ackumulatorinstallationen för ett antal olika totalvolymmer som underlag konstrueras diagrammet i Figur 6.1, som visar sig bli mycket nära en rät linje. Observera, att kostnaden inkluderar tillbehör och arbete enligt definitionen ovan och därför blir betydligt högre än den rena apparatkostnaden.



Figur 5.1 Installationskostnad för ackumulatorer, K_{ack} .

5.2 Övrig värmepumpinstallation

Värmepumpen förutsätts vara av typ vatten/vatten (Fläkts AMPLITERM) och kopplad till kylbatteri(er) i frånluftskanalen via en vätskekopplad sekundärkrets. Den är fabriksstillverkad och inkluderar el- och reglerutrustning (ref. 14). Värmepumpen finns i tre storlekar mellan 16 och 32 kW avgiven värmeeffekt, men flera enheter kan samköras i samma anläggning i ett modulsystem.

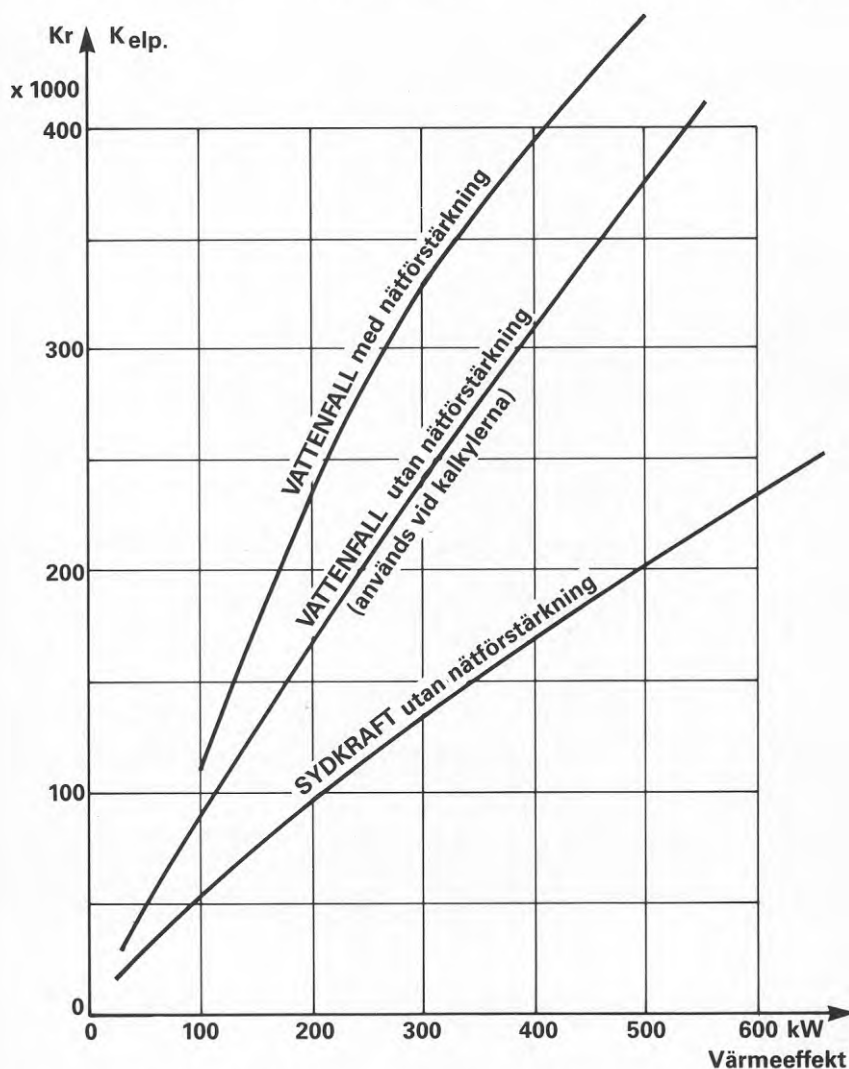


Figur 5.2 Installationskostnad för övrig värmepumpinstallation, K_{vp}

5.3 Installation av elpanna

Installationskostnaden varierar avsevärt från fall till fall även vid installation av elpanna. Eftersom anslutningseffekten i allmänhet är betydligt större än för tidigare elförbrukare i fastigheten, kommer i första hand elnätets status att bli utslagsgivande. Man finner också stor spridning vid uppföljning av kostnaden för utförda installationer liksom av uppskattade kostnader i olika publikationer.

Figur 5.3 visar beräknad installationskostnad enligt Vattenfalls och Sydkrafts broschyrer (ref. 5 och 6). Såsom "normalvärde" och underlag för de fortsatta beräkningarna väljs Vattenfalls kurva utan nätförstärkning.



Figur 5.3 Installationskostnad för elpanna, K_{elp}

6 OPTIMAL ACKUMULERINGSVOLYM

6.1 Tappvarmvattenberedning

Bortsett från eventuell dygnsackumulering krävs en viss ackumuleringsvolym för att täcka belastningstoppar under dygnet. Hur stor denna är beror av förbrukningsmönster och installerad värmeeffekt. Vid värmepumpinstallationer i nybyggda hus måste ackumuleringsvolymen baseras på erfarenhetsvärden. Även i befintliga hus är i allmänhet förbrukningsmönstret dåligt känt, och man saknar oftast möjlighet att göra mätningar före projekteringen. Dessutom ändras förbrukningen med tiden, genom att de boendes sammansättning ändras.

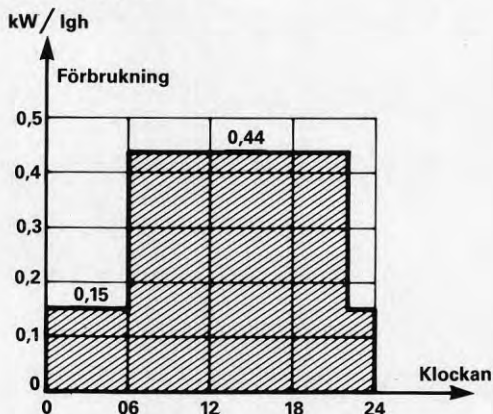
Vid den fortsatta beräkningen förutsätts den erforderliga ackumuleringsvolymen för att täcka dygnsvariationen vara 50 l/lgh vid värmepumpar och 30 l/lgh vid elpannor (högre lagringstemperatur). Denna volym deltar således ej i eventuell dygnslagring från lågpris- till högpristaxa. Från normkrav på tappningsflöden bortses här, då dessa förutsätts uppfyllas i den redan befintliga installationen eller av tillsatsvärmekällan.

6.1.1 Enkeltariff

Eftersom energipriset är konstant begränsas ackumuleringsbehovet till grundvolymen för att täcka belastningstoppar under dygnet.

6.1.2 Dubbeltariff

För att kunna optimera ackumuleringsvolymen med hänsyn till eltariffen måste man känna energiförbrukningens fördelning på hög- och lågpristaxa. Om man enligt ovan förutsätter energibehovet 3 000 kWh/år, lgh, fördelat med 85 % dagtid och 15 % nattid, samt konstant förbrukning under respektive period (belastningstopparna täcks av grundackumuleringen) blir förbrukningsmönstret under dygnet



och energiförbrukningen per dygn

dagtid, kl 06->22 = 7,0 kWh/lgh

nattid, kl 22->06 = 1,2 kWh/lgh

6.1.2.1 Frånluftsvärmepump

Såsom referensinstallation väljs den minsta och billigaste värmepumpinstallation, som klarar tappvarmvattenuppvärmningen utan dygnslagring. Enligt förutsättningarna i avsnitt 2 innebär detta avgiven värmeeffekt = 0,60 kW/lgh inkl. marginal för veckodags- och årstidsvariationer samt ackumuleringsvolymen 50 l/lgh för dygnsvariationer.

Vid dubbeltariff och dygnslagring förutsätts, att maximalt möjlig värmepumpeffekt installeras, d.v.s. 0,90 kW/lgh avgiven värmeeffekt, såvida överskottet i energiproduktion "nattetid" ryms i den aktuella volymen för dygnslagring, i annat fall bestäms effekten av lagringskapaciteten.

Optimal lagringsvolym bestäms av återbetalningstiden för den ökade installationskostnaden, då denna skall betalas med besparingen i energikostnad (rak pay-off tid).

Som framgår av Tabell 6.1 är både dubbeltariff och dygnslagring ointressant vid frånluftsvärmepumpar enbart för tappvarmvattenberedning. Enkeltariff utan dygnslagring ger den lägsta årskostnaden.

Tabell 6.1 Pay-off tod för dygnslagring vid värmepumpinstallation för tappvarmvattenberedning.

Tariff	Enkel	Dubbel	Dubbel	Dubbel	Dubbel	Dubbel	
Ack-volym	50	50	100	150	200	222	l/lgh
Dygnslagring	0	0	50	100	150	172	l/lgh
Avg. vp-effekt	0,60	0,60	0,60	0,60	0,80	0,90	kW/lgh
Inst.kostn. K_{vp}	4.400	4.400	4.400	4.400	5.300	5.750	kr/lgh
Inst.kostn. K_{ack}	950	950	1.750	2.450	3.150	3.425	kr/lgh
Inst.kostn. K_{tot}	5.350	5.350	6.150	6.850	6.450	9.175	kr/lgh
Över ref.inst. ΔK_{tot}	-	0	810	1.500	3.100	3.825	kr/lgh
Energilagring	0	0	635	1.275	1.910	2.190	kWh/år, lgh
Elförbr., dag	850	850	638	425	213	120	kWh/år, lgh
Elförbr., natt	150	150	362	575	787	880	kWh/år, lgh
Energiavgift, dag	257	291	218	145	73	41	kr/år, lgh
Energiavgift, natt	45	32	77	122	167	187	kr/år, lgh
fast avgift	11	17	17	17	20	22	kr/år, lgh
Energikostn., tot.	313	340	312	284	260	250	kr/år, lgh
Besparing	Ref.	-27	1	29	53	63	kr/år, lgh
Pay-off tid	-	-	809	52	58	61	år

6.1.2.2 Elpanna

I motsats till föregående fall med frånluftsvärmepump kan man här välja såväl elpannans effekt som ackumulatorvolymen så, att all varmvattenproduktion kan ske vid den lägre eltaxan. Som referensfall väljs enkeltariff utan dygnslagring.

Tabell 6.2 Pay-off tid för dygnslagring vid elpanna för tappvarmvattenberedning.

Tariff	Enkel	Dubbel	Dubbel	Dubbel	
Ack-volym	30	30	100	170	l/lgh
Dygnslagring	0	0	70	120	l/lgh
Panneffekt	0,60	0,60	0,66	1,02	kW/lgh
Inst.kostn. $K_{elp.}$	625	625	700	1.075	kr/lgh
Inst.kostn. $K_{ack.}$	600	600	1.750	2.750	kr/lgh
Inst.kostn. $K_{tot.}$	1.225	1.225	2.450	3.825	kr/lgh
Över ref.inst. ΔK_{tot}	-	0	1.225	2.600	kr/lgh
Energilagring	0	0	1.485	2.550	kWh/år, lgh
Elförbrukning, dag	2.550	2.550	1.064	0	kWh/år, lgh
Elförbrukning, natt	450	450	1.936	3.000	kWh/år, lgh
Energiavgift, dag	770	872	364	0	kr/år, lgh
Energiavgift, natt	136	95	410	636	kr/år, lgh
Fast avgift	32	38	41	54	kr/år, lgh
Energikostn., tot	938	1.005	815	690	kr/år, lgh
Besparing	Ref.	-67	123	248	kr/år, lgh
Pay-off tid	-	-	10,0	10,5	år

Som synes är lönsamheten tveksam för dygnslagring vid elpannor, om man enbart lagrar tappvarmvatten. Annuiteten för merinvesteringen får inte överstiga 10 %, om dygnslagring skall vara ekonomiskt intressant.

6.1.3 Tidstariff

Eftersom dygnsackumulering av tappvarmvatten är olönsam vid dubbeltariff, blir detta fallet även vid tidstariff. Lönsamheten blir t o m ännu sämre, eftersom den differentierade taxan endast gäller vardagar under fem månader per år. Detta framgår tydligt om man räknar ut ett medelvärde av förhållandet mellan hög- och lågpris under årets dygn:

$$\text{Dubbeltariff} \frac{34,2}{21,2} = \underline{1,61}$$

$$\text{Tidstariff} \frac{47,2}{21,2} \cdot \frac{5}{12} \cdot \frac{5}{7} + 1 \cdot \frac{5}{12} \cdot \frac{2}{7} + 1 \cdot \frac{7}{12} = \underline{1,37}$$

6.2 Tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning

6.2.1 Enkeltariff

Liksom vid installationer för enbart tappvarmvatten begränsas ackumuleringsbehovet till att täcka förbrukningstoppar för tappvarmvatten, d.v.s. erfarenhetsmässigt 50 l/h vid värmepumpar och 30 l/lgh vid elpannor.

6.2.2 Dubbeltariff

Det förutsatta årliga energibehovet 13 400 kWh/år, lgh uppdelas på "dagtid" respektive "nattid" under årets månader enligt fördelningen i Tabell 4.6 ovan.

Tabell 6.2 Totala energibehovet 13 400 kWh/år, lgh för både tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning fördelat på "dagtid" och "nattid" under årets månader.

Månad	"Dagtid" kl. 06->22	"Nattid" kl. 22->06
1 (jan)	1 300 kWh/lgh	657 kWh/lgh
2	1 286	657
3	1 193	630
4	925	496
5	389	241
6	214	40
7	214	40
8	214	40
9	322	148
10	710	335
11	1 018	482
12	1 233	616
Året	9 018 kWh/lgh	4382 kWh/lgh

6.2.2.1 Frånluftsvärmepump

Med maximalt avgiven värmepumpeffekt = 0,90 kW/lgh och kontinuerlig drift under "nattid" erhålles medelenergin $0,90 \cdot 8 \cdot 30,5 = 220$ kWh/mån, lgh producerad under lågpristaxa. Vid jämförelse med Tabell 6.2 ovan finner man, att endast under fyra av årets månader har värmepumpen överkapacitet på natten enligt Tabell 6.3.

Tabell 6.3 Möjlig dygnsackumulering under året vid frånluftsvärmepump.

Månad	Energiförbrukning, nattid	Överkapacitet, nattid
6	40 kWh/lgh	180 kWh/lgh
7	40	180
8	40	180
9	148	72
Året		612 kWh/lgh

Eftersom värmepumpen "dagtid" under samma månader har tillräcklig kapacitet att ensam klara energiförbrukningen, blir värdet av lagringen skillnaden mellan dag- och nattaxa för elenergin, eller

$612 \cdot \frac{1}{3} \cdot (0,342 - 0,212) = 27$ kr/år, lgh. För dygnslagring-

en krävs volymen $\frac{180}{30,5} \cdot \frac{860}{30} = 169$ l/lgh med merkostnaden

2.700 kr/lgh, således helt olönsamt.

Vid tidstariff är energipriset konstant under dygnet de månader då dygnslagring är möjlig, varför kostnadsbesparingen är obefintlig.

Slutsatsen av beräkningarna ovan är, att dygnslagring inte är ekonomiskt intressant vid värmepumpinstallationer oberoende av installationsfall och eltariff. Vid jämförelse med andra installationalternativ bör man således endast räkna med enkeltariff och den ackumuleringsvolym som erfordras för att klara "störttappningar" av varmvatten.

6.2.2.2 Elpanna

Genom att variera panneffekt och ackumulatorvolym kan man producera större eller mindre del av energibehovet dagtid med billigare nattel. Minsta erforderliga panneffekten är enligt förutsättningarna $4 + 0,6 = 4,6$ kW, och minsta lagringsvolymen för att täcka förbrukningstoppar är 30 l. Energibehovet för både tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning fördelas månadsvis på "dagtid" och "nattid" enligt Tabell 6.2.

Kostnadsbesparingen genom dygnsackumulering beräknas såsom värdet av energibesparingen minus kapitalkostnaden för merinvesteringen, alltså minskningen i årskostnad. Som referensfall utan dygnslagring väljs dubbeltariff, eftersom enkeltariff blir dyrare vid elpanna (se Tabell 6.4 nedan).

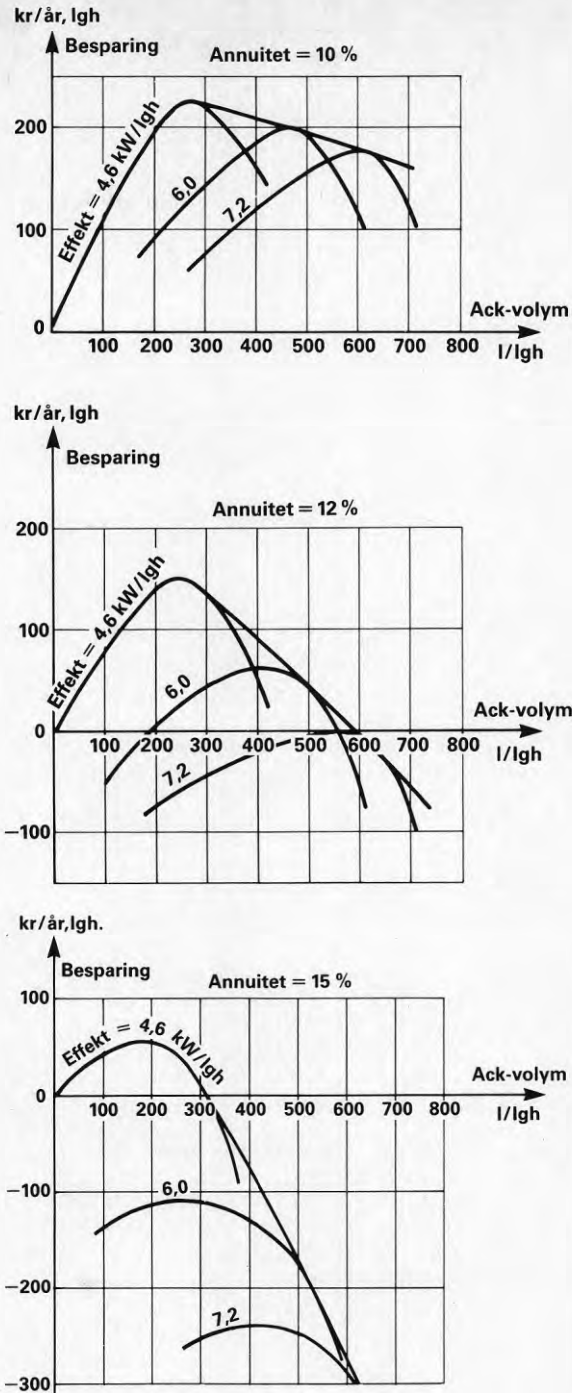
Beräkningarna blir ganska omfattande, eftersom flera parametrar varierar, och redovisas därför inte i detalj. Som exempel visar Tabell 6.4 beräkningen av en av kurvorna i Figur 6.1 med parametrarna panneffekt = 4,6 kW/lgh och annuitet = 12 %. I tabellen varierar lagringsvolym och eltariff.

Tabell 6.4 Årlig besparing med dygnsackumulering vid elpanna med panneffekten 4,6 kW/lgh (min) och annuiteten 12 % för merinvesteringen.

Tariff	Enkel	Dubbel	Dubbel	Dubbel	Dubbel	Dubbel	Dubbel	
Ack-volyml	30	30	130	230	330	380	430	l/lgh
Dygnslagring	0	0	100	200	300	350	400	l/lgh
Panneffekt	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	kW/lgh
Max. energilagring	0	0	177	355	532	621	709	kWh/mån, lgh
Max. pannkapacitet	1122 - nattförbrukningen							kWh/mån, lgh
Energilagring	0	0	2124	3 804	4 877	5 144	5 256	kWh/år, lgh
Energiförbrukn., dag	9 018	9 018	6 894	5 214	4 141	3 874	3 762	kWh/år, lgh
Energiförbrukn., natt	4 382	4 382	6 506	8 186	9 259	9 256	9 638	kWh/år, lgh
Energiavg., dagtid	2.723	3.084	2.358	1.783	1.416	1.325	1.287	kr/år, lgh
Energiavg., nattid	1.323	929	1.379	1.735	1.963	2.020	2.043	kr/år, lgh
Fast avgift	244	250	250	250	250	250	250	kr/år, lgh
Energikostn., tot.	4.290	4.263	3.987	3.768	3.629	3.595	3.580	kr/år, lgh
Besparing	-27	Ref.	276	495	634	668	683	kr/år, lgh
Kostnad, K_{elp}	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	3.900	kr/lgh
Kostnad, K_{ack} .	600	600	2.200	3.525	4.750	5.300	5.800	kr/lgh
Kostnad, K_{tot} .	4.500	4.500	6.100	7.425	8.650	9.200	9.700	kr/lgh
Merinvestering	0	Ref.	1.600	2.925	4.150	4.700	5.200	kr/lgh
Annuitet (12 %)	0	0	192	351	498	564	624	kr/år, lgh
Besparing, årskostn.	-27	Ref.	84	144	136	104	49	kr/år, lgh

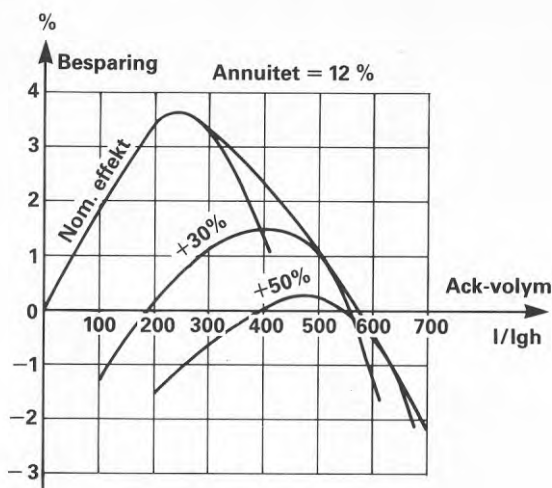
Beräkningarna i tabellen har kompletterats för större panneffekter (6,0 respektive 7,2 kW/lgh) och andra annuiteter (10 respektive 15 %). Resultatet framgår av Figur 6.1, där resultatet i Tabell 6.4 ovan utgör den första kurvan i det mellersta diagrammet.

Envelopen i respektive diagram har markerats. Den utgör sammanbindningskurvan för ekonomiskt optimala kombinationer mellan panneffekt och dygnslagringsvolym. Vi ser också, att med förutsatta installationskostnader och eltariffer får man alltid största besparingen i årskostnad, om man väljer den minsta panneffekten som klarar dimensionerande utetemperatur. Optimal ackumuleringsvolym är ungefär 250 l/lgh, vilket motsvarar husets max. effekt under 3 tim.



Figur 6.1 Årlig besparing vid elpanna och dygnsackumulering som funktion av panneffekt, ackumulatorvolym (utnyttjad för dygnslagring) samt annuitet för merinvesteringen.

Figur 6.2 visar ett något generealiserat diagram med besparingen som funktion av ackumulatorvolym och pannans överkapacitet.



Figur 6.2 Årlig procentuell besparing vid elpanna och dygnsackumulering som funktion av pannans överdimensionering och ackumulatorvolym vid 12 % annuitet för merinvesteringen.

6.2.2.3 Frånluftsvärmepump och oljepanna

Tack vare sin värmefaktor ger värmepumpen en avsevärt lägre energikostnad än oljepannan oberoende av eltariff, åtminstone med dagens elpriser. Målsättningen bör därför vara att prioritera värmepumpen, så att den får så lång drifttid som möjligt. Av tidigare beräkningar (6.2.2.1) framgår dock, att möjligheten att öka drifttiden genom dygnsackumulering är praktiskt taget obefintlig. Frånluftsvärmepumpen har endast överkapacitet nattetid, men under den tiden klarar den dagtid hela energibehovet utan inkoppling av oljepannan. Besparingen i energikostnad blir som framgår av tabell 6.1 obetydlig i förhållande till ökningen i installationskostnad. Några ekonomiska motiv för dygnslagring finns alltså inte i detta fall.

6.2.3 Tidstariff

Som framgår av avsnitt 6.1.3 har dygnsackumulering sämre lönsamhet vid tidstariff än vid dubbeltariff. Över huvud taget är dubbeltariff ett något gynnsammare alternativ för elpanna, både med och utan dygnslagring. Detta framgår, om man beräknar vägda medelpriser med hänsyn till energiförbrukningen vid de båda tarifferna:

$$\text{Dubbeltariff } 0,622 \cdot 34,2 + 0,378 \cdot 21,2 = 29,3 \text{ öre/kWh}$$

$$\text{Tidstariff } 0,341 \cdot 47,2 + 0,659 \cdot 21,2 = 30,1 \text{ öre/kWh.}$$

6.2.4 Tariff för avbrytbar leverans

Denna tariff förutsätter en oljepanna, som går in under de tider då elleveransen bryts. Någon anledning till dygnslagring finns inte, eftersom energitaxan är konstant under dygnet men varierar med årstiden.

7 LÖNSAMHET

7.1 Tappvarmvattenberedning

Som referensinstallation förutsätts befintlig oljepanna. Följande kompletterings- eller ersättningsinstallationer för tappvarmvattenberedning jämföres med referensinstallationen med avseende på kundens årskostnad för energi och investering:

Tabell 7.1 Installationsfall för tappvarmvattenberedning, som jämföres med referensinstallationen befintlig oljepanna.

1. Frånluftsvärmepump vid enkeltariff utan dygnslagring.
2. Frånluftsvärmepump vid dubbeltariff utan dygnslagring.
3. Elpanna vid enkeltariff utan dygnslagring.
4. Elpanna vid dubbeltariff utan dygnslagring.
5. Elpanna vid dubbeltariff och optimal dygnslagring.

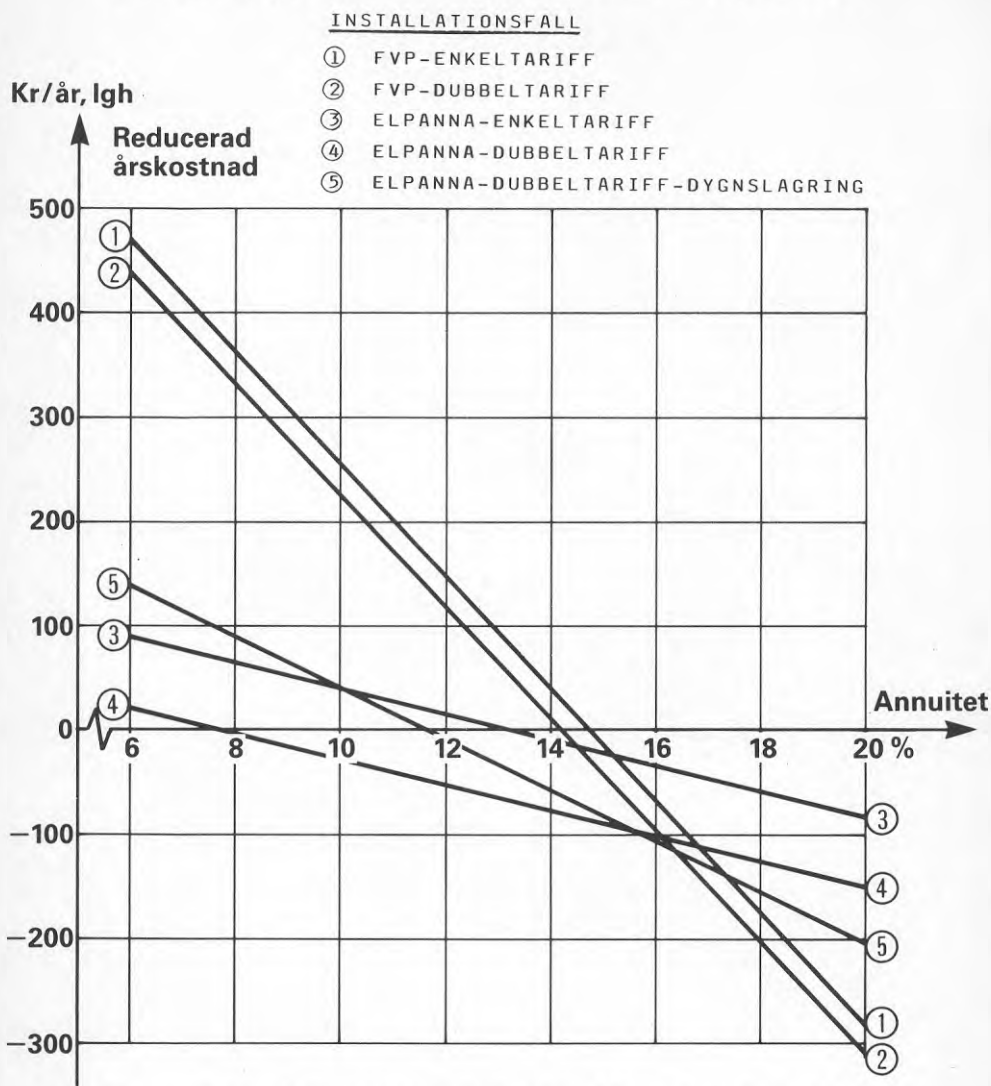
Installationskostnaden beräknas för annuiteter mellan 6 och 20 %. Ett rimligt normalvärde med dagens finansieringsmöjligheter är 12 %, fördelat på 5 % avskrivning och 7 % nettoränta efter justering för räntesubvention och skattereduktion.

Energibehovet för tappvarmvattenberedning förutsättes enligt ovan vara 3 000 kWh/år, lgh.

Tabell 7.2 Årskostnad för tappvarmvattenberedning vid installationsfall enligt Tabell 7.1.

Inst.-fall	Ref.	1	2	3	4	5	
Värmekälla	Oljepanna	FVP	FVP	Elpanna	Elpanna	Elpanna	
Tariff	-	Enkel	Dubbel	Enkel	Dubbel	Dubbel	
Dygnslagring	0	0	0	0	0	70	l/lgh
Avg. effekt	≥0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,66	kW/lgh
Tillf. effekt	-	0,20	0,20	0,60	0,60	0,66	kW/lgh
Energikostnad	1.100	313	340	938	1.005	815	kr/år, lgh
Inst.kostn., FVP/Elpanna	-	4.400	4.400	625	625	700	kr/lgh
Ack.	-	950	950	600	600	1.750	kr/lgh
Tot.	-	5.350	5.350	1.225	1.225	2.450	kr/lgh
Årskostn., a= 6 %	1.100	634	661	1.012	1.079	962	kr/år, lgh
12 %	1.100	955	982	1.085	1.152	1.109	kr/år, lgh
20 %	1.100	1.383	1.410	1.183	1.250	1.305	kr/år, lgh

Om man istället anger årskostnaden i relation till referensfallet befintlig oljepanna, erhålles årliga kostnadsbesparingen enligt diagrammet i Figur 7.1.



Figur 7.1 Reducerad årskostnad för tappvarmvattenberedning vid olika installationsfall jämfört med referensinstallationen, befintlig oljepanna.

7.2 Tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning

Som referensinstallation förutsätts även här befintlig oljepanna. Följande kompletterings- eller ersättningsinstallationer jämföres med referensinstallationen med avseende på kundens årskostnad för energi och investering:

Tabell 7.3 Installationsfall för tappvarmvattenberedning och rumsuppvärmning, som jämföres med referensinstallationen befintlig oljepanna.

1. Frånluftsvärmepump + befintlig oljepanna vid enkeltariff utan dygnslagring.
2. Frånluftsvärmepump + elpanna vid enkeltariff utan dygnslagring.
3. Frånluftsvärmepump + elpanna vid dubbeltariff utan dygnslagring.
4. Frånluftsvärmepump + elpanna vid dubbeltariff med optimal dygnslagring för elpannan.
5. Frånluftsvärmepump + elpanna + befintlig oljepanna vid tariff för avbrytbar leverans utan dygnslagring.
6. Elpanna vid dubbeltariff utan dygnslagring.
7. Elpanna vid dubbeltariff och optimal dygnslagring.
8. Elpanna + befintlig oljepanna vid tariff för avbrytbar leverans utan dygnslagring.
9. Frånluftsvärmepump + befintlig oljepanna vid tidstariff utan dygnslagring.
10. Elpanna vid tidstariff utan dygnslagring.

För att kunna beräkna energikostnaden vid tidsdifferentierade eltariffer krävs en uppdelning av totala energibehovet på "dagtid" och "nattid" under årets månader (Tabell 6.2). Tabellen nedan visar även frånluftsvärmepumpens avgivna energi fördelad på detta sätt (utan dygnslagring).

Tabell 7.4 Frånluftsvärmepumpens andel av totala energibehovet på "dagtid" och "nattid" under årets månader.

Månad	<u>Dagtid, kl. 06->22</u>		<u>Nattid, kl. 22->06</u>	
	<u>Behov</u>	<u>Avgivet av FVP</u>	<u>Behov</u>	<u>Avgivet av FVP</u>
1 (jan)	1 300 kWh/lgh	439 kWh/lgh	657 kWh/lgh	220 kWh/lgh
2	1 286	439	657	220
3	1 193	439	630	220
4	925	439	496	220
5	389	389	241	220
6	214	214	40	40
7	214	214	40	40
8	214	214	40	40
9	322	322	148	148
10	710	439	335	220
11	1 018	439	482	220
12	1 233	439	616	220
Året	<u>9 018 kWh/lgh</u>	<u>4 426 kWh/lgh</u>	<u>4 382 kWh/lgh</u>	<u>2 028 kWh/lgh</u>

Med tanke på installationsfallen 5 och 8 vid tariff för avbrytbar leverans erfordras också en uppdelning av energibehov och energiproduktion i den tariffens tre perioder. I tabellen nedan förutsätts, att elleveransen till elpanna och frånluftsvärmepump bryts sammanlagt 750 tim/år under perioden oktober-april. Effektbehovet under denna tid förutsätts i medeltal vara 70 % av den maximala (jämför varaktighetskurvan Figur 4.2.1), varför den energimängd som måste ersättas av oljepannan blir $0,70 \cdot 4,34 \cdot 750 = 2\,279$ kWh/år, lgh.

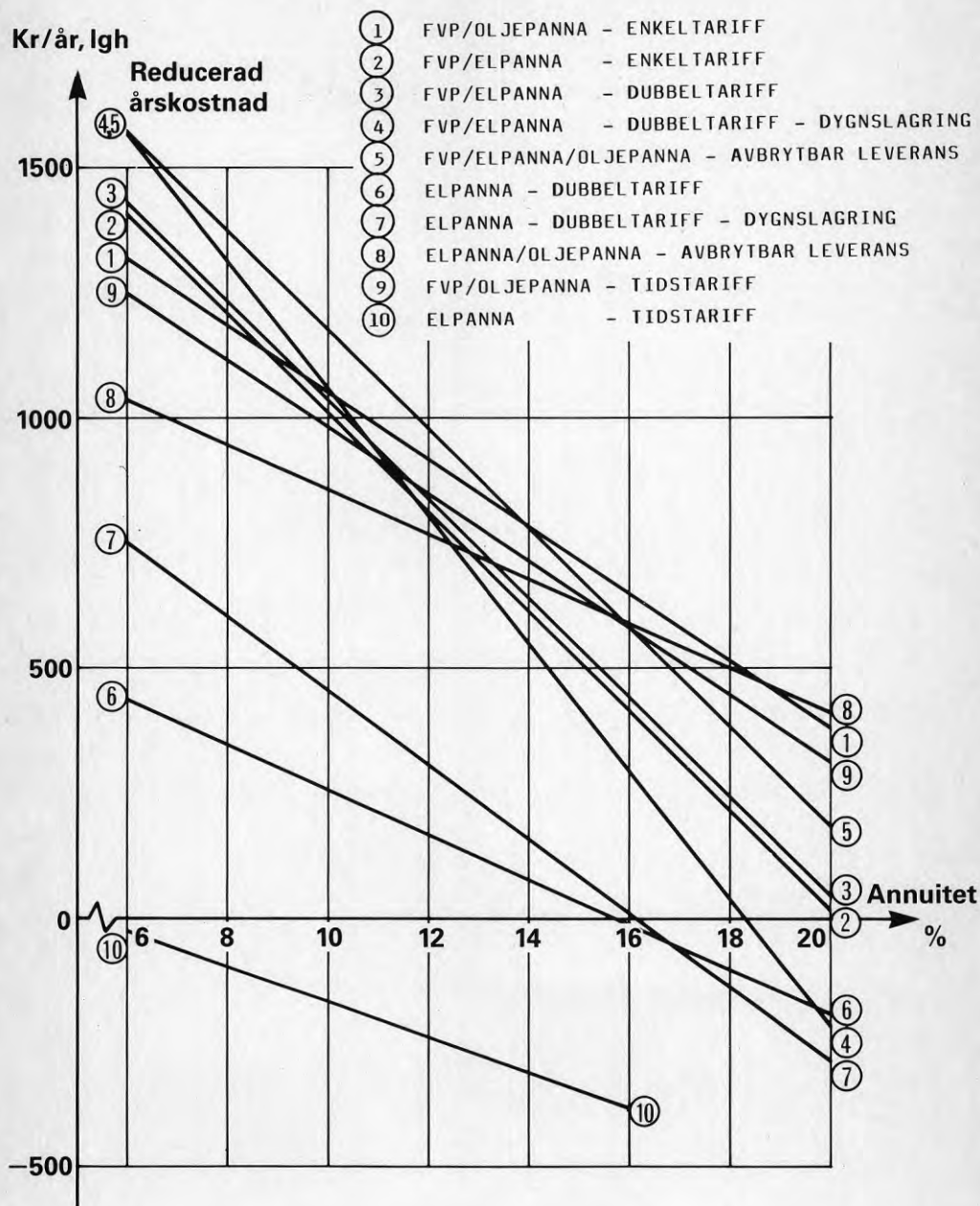
Tabell 7.6 Fördelning av energibehovet på tariffens för avbrytbar elleverans tre tidsperioder.

	<u>Okt-april</u>	<u>Maj, jun, aug, sep</u>	<u>Juli</u>	
Energibehov	11 540	1 605	255	kWh/år, lgh
Från oljepanna	2 280	0	0	kWh/år, lgh
<u>Installationsfall 8</u>				
Från elpanna	9 260	1 605	255	kWh/år, lgh
<u>Installationsfall 5</u>				
Från FVP	3 940	1 585	255	kWh/år, lgh
Från elpanna	5 320	20	0	kWh/år, lgh
Elförbrukning	6 630	550	85	kWh/år, lgh

Inst.-fall Värmekälla 1 Tariff	Ref. Oljepanna	1 FVP Enkel	2 FVP Enkel	3 FVP Dubbel	4 FVP Dubbel	5 FVP Avbrytbar	6 Elpanna Dubbel	7 Elpanna Dubbel	8 Elpanna Avbrytbar	9 FVP Tids	10 Elpanna Tids	
Avg. effekt	≥4,6	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	4,6	4,6	4,6	0,90	4,6	kW/gh
Tillf. effekt	≥4,6	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	4,6	4,6	4,6	0,30	4,6	kW/gh
Avs. energi	13 400	6450	6450	6450	6450	5780	13 400	13 400	9260	6450	13400	kWh/år, lgh
Tillf. energi	(olja)	2150	2150	2150	2150	1315	13 400	13 400	9260	2150	13400	kWh/år, lgh
Värmekälla 2	—	Oljepanna	Elpanna	Elpanna	Elpanna	El-/Oljepanna	—	—	Oljepanna	Oljepanna	—	—
Dygnslagring	0	0	0	0	200	0	0	200	0	0	0	l/gh
Avg. effekt	—	≥3,7	3,7	3,7	3,7	3,7/≥4,6	—	—	≥4,6	≥3,7	—	kW/gh
Avs. energi	—	6950	6950	6950	6950	5340/2280	—	—	2280	6950	—	kWh/år, lgh
Tot. elenergiförbr.	—	2150	9100	6070+3030	3670+5430	6630+550+85	9020+4380	5220+8180	9260+1605+255	970+1180	6030+7370	kWh/år, lgh
Energiavgift 1	—	649	2749	2076	1255	1525	3084	1785	2130	458	2846	kr/år, lgh
Energiavgift 2	—	—	—	642	1151	103	929	1734	300	250	1562	kr/år, lgh
Energiavgift 3	—	—	—	—	—	13	—	—	40	—	—	kr/år, lgh
Fast avgift	—	16	212	218	218	308	244	244	338	28	256	kr/år, lgh
Olja	4960	2572	—	—	—	844	—	—	844	2572	—	kr/år, lgh
Energiakostn. tot.	4960	3237	2961	2936	2624	2793	4257	3763	3652	3308	4664	kr/år, lgh
Inst. kostn., FVP	—	5750	5750	5750	5750	5750	—	—	—	5750	—	kr/gh
Inst. kostn., elp.	—	—	320	3200	3200	3200	3875	3875	3875	—	3875	kr/gh
Inst. kostn., ack.	—	950	950	950	3800	950	600	3550	600	950	600	kr/gh
Inst. kostn., tot.	0	6700	9900	9900	12750	9900	4475	7425	4475	6700	4475	kr/gh
Årskostnad, a = 6%	4960	3639	3555	3530	3389	3387	4526	4209	3921	3710	4933	kr/gh
Årskostnad, a = 12%	4960	4041	4149	4124	4154	3981	4794	4654	4189	4112	5201	kr/gh
Årskostnad, a = 20%	4960	4577	4941	4916	5174	4773	5152	5248	4547	4648	5559	kr/gh

Tabell 7.7 Årskostnad för tappvarmvattenberedning och
rumsuppvärmning vid installationsfall enligt
Tabell 7.3.

Med årskostnaden i relation till referensfallet be-
fintlig oljepanna erhålles årliga kostnadsbesparingar
enligt diagrammet i Figur 7.2.



Figur 7.2 Reducerad årskostnad för tappvarmvattenbe-
redning och rumsuppvärmning jämfört med referensin-
stallation, befintlig oljepanna.

Komplettering av befintlig oljepanna med frånlufts-
värmepump ger god lönsamhet även vid höga kapitalkost-
nader. Det är i de flesta fall ett bättre alternativ
än installation av enbart elpanna, om man har tillgång
till frånluft. I vissa fall kan en kombination av från-
luftsvärmepump och elpanna ge den bästa lönsamheten.

En frånluftsvärmepump kan aldrig fungera som enda
värmekälla i ett bostadshus. Den vanligaste tillsats-
värmekällan är befintlig oljepanna, men även elpanna
och fjärrvärme förekommer. Värmepumpen skall priori-
teras drift- och temperaturmässigt, så att den får
lång drifttid och låg kondenseringstemperatur. Sär-
skilt viktigt är, att den dimensioneras för att klara
hela varmvattenbehovet sommartid, så att oljepannan
inte behöver starta under icke uppvärmningssäsong,
då den har låg verkningsgrad.

Dygnslagring är ej ekonomiskt intressant vid frånlufts-
värmepumpar. Detta beror främst på, att kostnadsdiffe-
rensen mellan hög- och lågpristaxa reduceras kraftigt
genom värmefaktorn, samt att värmepumpens effekt är
begränsad. Vidare kräver den relativt låga lagrings-
temperaturen stora och dyra ackumulatorer. En viss
ackumuleringsvolym för att klara toppbelastningar av
varmvatten under dagen erfordras dock, erfarenhetsmässigt
ungefär 50 l/lgh.

Den lämpligaste eltariffen för frånluftsvärmepump är
enkeltariff. Vid kombination med elpanna kan dubbel-
tariff med eller utan dygnslagring vara ett något gyn-
nsammare alternativ. Finns en befintlig oljepanna bör
även alternativet "avbrytbar leverans" undersökas.
I sistnämnda fall utan dygnslagring.

Frånluftsvärmepumpen (och elpannan) bör, där så är
möjligt, anslutas både för tappvarmvattenberedning
och rumsuppvärmning, annars blir utnyttjningstiden
kort. Detta blir också fallet med förutsatta data i
denna utredning. Erforderliga energin 3 000 kWh/år, lgh
för tappvarmvattenberedning och avgivna effekten 0,9
kW/lgh ger drifttiden 3 300 tim/år.

Vid installation av elpanna och dygnslagring bör pan-
nan dimensioneras för maximala effektbehovet vid DUT
(dimensionerande utetemperatur), men ej överdimensio-
neras för att öka energiuttaget nattetid. Lagringska-
paciteten bör motsvara maximala effektbehovet under
ca 3 tim. Dygnslagring är mera gynnsam vid dubbel-
tariff än vid tidstariff (med utredningens energipriser).

Vid val mellan installationer anpassade för tariff
för avbrytbar leverans och andra alternativ bör man
observera, att avtal om avbrytbar leverans för närvar-
ande endast tecknas för leverans t o m år 1988, d.v.s.
för 4 år framåt. Sådana installationer bör därför be-
lastas med en kortare avskrivningstid än energibespar-
ande installationer såsom frånluftsvärmepumpar.

9 REFERENSER

1. Statens Planverk: Energihushållning i befintlig bebyggelse. Rapport nr 41, 1977.
2. Energi 85. Energianvändning i bebyggelse. BFR-publikation G26:1984.
3. Svenska Elverksföreningen: Tariffboken 1984. Tariffer för detaljdistribution av elektrisk energi.
4. Svenska Elverksföreningen: Avbrytbar elleverans - en väg till minskad värmekostnad. Broschyr.
5. Vattenfalls effekttariffer för avbrytbara elleveranser. Prisblad 1984.
6. Sydkrafts effekttariffer för avbrytbara elleveranser. Prisblad 1984.
7. Svenska Värmeverksföreningen: Fjärrvärmeanslutning. Instruktion för större anläggningar. Omarbetad upplaga juni 1983.
8. FERA: Småhusuppvärmning. Faktabok om konvertering.
9. VVS-Forums årsbok 1983/84.
10. Förlags AB VVS: Varaktighetsdiagram för temperaturzon 1-10. Blankettblock.
11. Gösta Svensson: Dygnsbehovet av tappvarmvatten BFR-rapport R57:1973.
12. Göteborgs stads Bostadsbolag: Tappvarmvattenmätningar. Privat korrespondens.
13. Kårdén et al: Frånluftsvärmepump för tappvarmvattenvärmning i flerbostadshus - en experimentanläggning i Nynäshamn. BFR-rapport hänförd till forskningsanslag 781498-3, ej publicerad.
14. Fläkt Evaporator AB: AMPLITERM Värmepump. Projekteringsanvisningar. Broschyr nr 1932B.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830648-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Fläkt Evaporator
AB, Jönköping.**

R98: 1985

ISBN 91-540-4448-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705098

Ingår ej i abonnemang

Distribution:

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms