



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

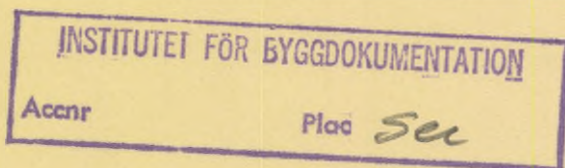
R66:1984

**Frånluftvärmepumpar för tapp-
varmvatten och värme i tolv
befintliga flerbostadshus
i Kalmar**

Förstudie

**Jan Sandqvist
Tomas Åbyhammar**

*K
Åby*



Byggforskningsrådet

R66:1984

FRÅNLUFTVÄRMEPUMPAR FÖR TAPPVARMVATTEN OCH
VÄRME I TOLV BEFINTLIGA FLERBOSTADSHUS I
KALMAR

Förstudie

Jan Sandqvist
Tomas Åbyhammar

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
811836-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till AIB - Allmänna Ingenjörbyrå AB, Stockholm

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

R66:1984

ISBN 91-540-4133-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5	
1	INLEDNING	7
1.1	Förutsättningar	7
1.2	Nuvarande systemuppbyggnad, värme	8
1.3	Nuvarande systemuppbyggnad, ventilation	8
1.4	Energi- och effektförbrukning	9
1.5	Framtida redan planerade förändringar	14
1.6	Andra energisparmöjligheter oberoende av frånluftvärmepumpar (FVP)	15
2	SYSTEMLÖSNING	16
2.1	Frånluftvärmepumparnas placering i systemet	16
2.2	Tillgänglig frånluftsmängd	20
2.3	Sänkning av tappvarmvattentemperaturen	21
2.4	Dimensionering av effekter och volymer	22
2.5	Ingrepp och arrangemang i ventilations-systemet	28
2.6	Rördragning och framkomlighet i berörda hus	29
2.7	Värmepumpens utrymmesbehov m h t befintliga utrymmen	29
2.8	Driftsäkerhet och tillsyn	30
2.9	Elektriska installationer	30
3	EKONOMI	31
3.1	Energipriser	31
3.2	Energibesparing	31
3.3	Finansiering	32
3.4	Investeringskostnader	36
3.5	Lönsamhet	36
LITTERATUR	38	

SAMMANFATTNING

Att tillvarata spillvärme ur utgående ventilationsluft från byggnader med hjälp av värmepumpar, s k frånluftvärmepumpar (nedan kallade FVP), har rönt ett starkt stigande intresse bland fastighetsägare m fl alltsedan Byggeforskningsrådets program härför startades 1978. Eftersom antalet genomförda projekt ännu är få (ett tjugotal) är kostnadsbilden fortfarande mycket oklar. FVP-tekniken har väckt en debatt om lokal kontra central energiproduktion. Fjärrvärmeleverantörerna har kommit i en besvärlig beslutssituation eftersom den vid FVP-installation minskande värmelasten främst tas ut under höglasstid, dvs vid låga utomhustemperaturer. I föreliggande förstudie redovisas energibesparing, effektfördelning över året, investeringskostnader och ekonomi.

Tillämpning av FVP har studerats för en bostadsrättsförening i Kalmar omfattande 184 lägenheter i 12 st trevåningshus uppförda av betongelement år 1967. Byggnaderna försörjs med fjärrvärme via en egen undercentral och ett internt kulvertnät för värme och varmvatten. Byggnaderna har mekanisk frånluftventilation och vattenburen värme. Den nuvarande energiförbrukningen om ca 3,2 GWh/år beräknas minska till 2,7 GWh/år genom andra åtgärder än installation av FVP.

Olika systemlösningar för FVP har studerats. Ett system där 12 värmepumpar ges delvis olika funktioner har valts för att minska investeringsbehov och systemkomplexitet. Sålunda bereder 4 aggregat varmvatten, 1 aggregat värmer cirkulerande varmvatten medan 7 aggregat levererar radiatorvärme. Det befintliga kulvertnätet används för distributionen mellan de olika enheterna. Fjärrvärme används som reserv och spetslast. En sänkning av varmvattentemperaturen från ca 60°C till ca 45°C blir nödvändig.

Komponenternas placering i byggnaderna liksom ledningsdragning och strömförsörjning har undersökts. Kostnader för anskaffning och installation har översiktligt beräknats.

Resultatet är att sedan andra besparingsåtgärder vidtagits kan årsenergiförbrukningen med hjälp av FVP sänkas ytterligare 33 % från 2,7 GWh fjärrvärme till 1,3 GWh fjärrvärme vartill kommer 0,47 GWh el för värmepumpdriften eller totalt 1,8 GWh. Investeringsbehovet har beräknats till ca 1,3 Mkr inklusive moms, projektering och byggherrekostnader. Driftkostnadsbesparingen blir ca 150 000 kr och återbetalningstiden (pay-off) drygt 8 år. Enligt villkoren för statliga energisparlån kan investeringen anses mycket lönsam eftersom besparingen överstiger kapitalkostnaden redan det första året. Vid total finansiering med normala banklån uppstår ett överskott först efter ca 5 år.

Slutsatsen är att installation av FVP minskar energiförbrukningen i befintliga byggnader med ca 1/3 om tappvarmvattenberedare och radiatorer ansluts. Vid en hög specifik förbrukning eller om andra besparingsåtgärder inte vidtas ökar energibesparingen. Installation av FVP i den aktuella byggnadstypen är möjlig med acceptabla installationskostnader. En viktig parameter för investeringskostnaden vid FVP-installation är den bostadsyta som kan betjäna av ett värmepumpaggregat (vanligen en huskropp). Vid finansiering med statliga energisparlån erhålles lönsamhet för byggnader större än ca 1 000 m².

FVP installerade i fjärrvärmeanslutna områden ersätter främst värmeverkets baslastproduktion av värme. Eftersom inget beslut om uppförande av icke oljebaserade värmeproduktionsanläggningar har fattats kommer fjärrvärmenätet i Kalmar att förbruka olja för baslast under de närmaste åren. Ett realiserande av det studerade projektet kan efter uppföljning och utvärdering ge värdefullt underlag för beslut om FVP inom fjärrvärmda områden.

1 INLEDNING

1.1 Förutsättningar

Projektet avser en förstudie gällande installation av frånluftvärmepumpar (FVP) i 12 st befintliga bostadshus inom kvarteret Kornet i Kalmar, fig 1.1.

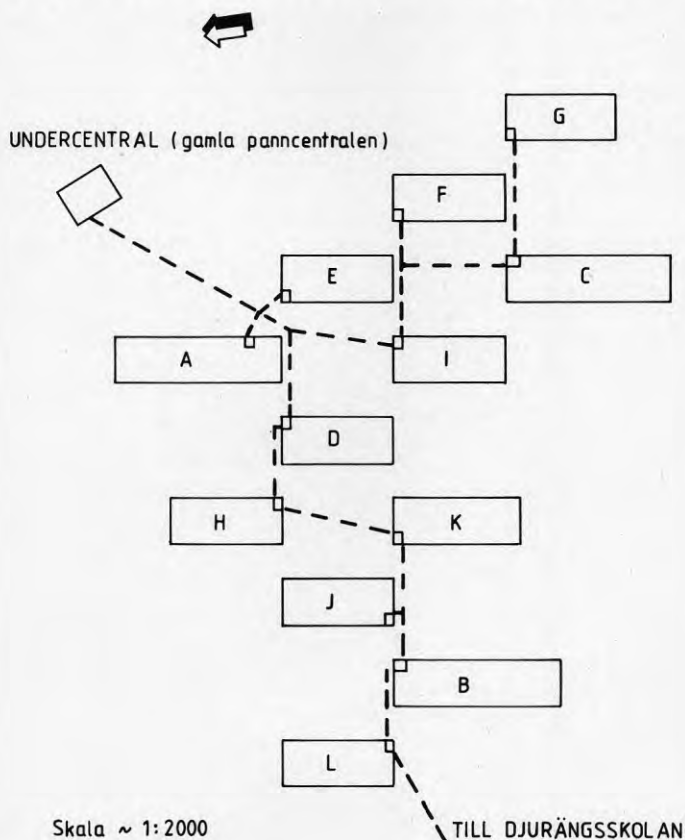


Fig 1.1 Kulvertsystemet för kv Kornet från undercentralen till de tolv bostadshusen A - L.

Bostadsrättsföreningen Kungsängen äger 184 lägenheter omfattande 14 720 m² primär boendeyta och 1 191 m² sekundär boendeyta. Bostadshusen består av två typer av trevåningshus uppförda av betongelement år 1967. Totala antalet boende är 351 varav 127 är pensionärer.

Husen är fjärrvärmeanslutna och värmen distribueras från gamla panncentralen via ett kulvertsystem.

Ventilationssystemet är av frånluftstyp med en frånluftsflykt i de 9 mindre husen och två i de 3 större husen.

Förutsättningar och systemlösning har en hög grad av allmängiltighet för ett stort antal liknande byggnader.

1.2 Nuvarande systemuppbyggnad, värme

De 12 bostadshusen får sin värme via ett kulvertsystem från den gamla panncentralen, fig 1.1 Sedan fjärrvärmeanslutning skett har pannorna tagits bort. I respektive hus finns en shuntcentral för värmevattnet med ca 7 m² golvyta placerad i källarplanet. Detta utrymme ger möjligheter till ytterligare installationer vid eventuell FVP-installation. Tappvarmvattnet bereds momentant centralt i gamla panncentralen och distribueras i kulvertsystemet där även varmvattencirkulationen ligger. Utanför kulverten ligger distributionsledningen för kallvatten.

Det nuvarande värmedistributionssystemet levererar även värme till en närbelägen skola, Djurängsskolan, via en kulvertledning från ett av bostadshusen, fig 1.1. Då skolan numera har egen fjärrvärmeanslutning framdragen och därigenom så snart som möjligt vill utnyttja denna, kommer antagligen skolans värmeförsörjning fortsättningsvis att ske fristående från det nuvarande systemet. Detta bör medföra att bostadsrättsföreningen genom en sänkning av effektbehovet kan sänka de fasta avgifterna för fjärrvärmen, något som speciellt bör kunna genomföras vid en eventuell FVP-installation.

1.3 Nuvarande systemuppbyggnad, ventilation

Ventilationssystemet är av frånluftstyp och finns i två olika utföranden. De 3 större husen med tre trapphus har för resp hus ventilationssystemet uppdelat på två frånluftsfläktar med separata kanalsystem. De 9 mindre husen med två trapphus har vardera en frånluftsfläkt. Samtliga fläktar med samlingskanaler är placerade på vindsvåningen. Fläktaggregatet är Fläktens typ TPCC-40-1-1. Aggregatet består av en remdriven dubbel-fläkt av radialtyp med fläkthjul med framåtböjda skovlar samt fläktkammare med inspektionslucka. Motorskivan är variabel vilket medför att remdriften kan justeras inom varvtalsområdet 700 - 850 r/m. På så sätt kan aggregatet inställas att ge önskat luftflöde och tryckuppsättning. Frånluften transporteras efter fläktaggregatet via en cirkulär kanal, ϕ 600 mm, ut genom en takhuv, typ BOGA. Ventilationssystemet har ej någon torktumlare ansluten vilken i förekommande fall ogynnsamt påverkar igensättning av filter och kylbatteri vid eventuell installation av frånluftsvärmepump. Den genomsnittliga frånluftsventilerade volymen är per hus fördelad enligt:

större hus	1 730 m ²	primär bostadsyta
	140 m ²	sekundär "
mindre hus	1 060 m ²	primär bostadsyta
	86 m ²	sekundär "

Den totala bostadsytan är 14 720 m² primär bostadsyta och 1 191 m² sekundär bostadsyta.

1.4 Energiförbrukning

Energiförbrukningen för kv Kornet och Djurängsskolan de tre senaste åren framgår av fig 1.2. Den installerade effekten är 1 477 kW, varav skolan tar ca 190 kW.

År	Energiförbrukning	
	kv Kornet	Djurängsskolan
1979	3,49 GWh	0,69 GWh
1980	3,34 GWh	0,69 GWh
1981	3,13 GWh	0,68 GWh

Fig 1.2 Energiförbrukning 1979-81

Energiflöden under året med maxeffekter kan uppskattas enligt följande:

Transmissionsförluster, effektbehov

Enligt Peterson (1978) kan effekten för flerfamiljshus uppskattas med

$$\frac{\sum k \cdot A}{A_v} = \left\{ 2h \left\{ (1-\psi) k_y + \psi k_f \right\} + \frac{6k_u}{n} \right\} \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) + \frac{k_t + k_k}{n}$$

- där a = byggnadens längd m
 b = byggnadens bredd m
 h = byggnadens höjd m
 n = antal våningsplan
 A_v = byggnadens våningsyta n · a · b m²
 k_t = värmegenomgångstal för vindsbjälklag W/m²K
 k_k = värmegenomgångstal för källarbjälklag W/m²K
 k_u = värmegenomgångstal för källarvägg under mark W/m²K
 k_f = värmegenomgångstal för fönster W/m²K
 k_y = värmegenomgångstal för ytterväggar W/m²K
 ψ = andel fönster (inkl dörrar) av ytterväggsarean

För hus byggda under perioden 1966-75 har följande värden använts:

$$\begin{aligned} k_y &= 0,4 \text{ W/m}^2\text{K} \\ k_t &= 0,3 \text{ "} \\ k_k &= 0,2 \text{ "} \\ k_u &= 0,23 \text{ "} \\ h &= 2,7 \text{ m} \end{aligned}$$

För kv Kornet gäller för övriga värden:

$$\begin{aligned} a &= 15 \\ b &= 35 \text{ för de mindre husen och } b = 51 \text{ för de större} \\ n &= 3 \\ k_f &= 2,0 \text{ treglasfönster} \\ \psi &= 0,40 \end{aligned}$$

Detta ger för ett av de mindre husen

$$\frac{\sum kA}{A_v} = \left\{ 2 \cdot 2,7 \cdot \left[(1-0,4) 0,4 + 0,4 \cdot 2 \right] + \frac{6 \cdot 0,23}{3} \right\} \cdot \left(\frac{1}{15} + \frac{1}{35} \right) + \frac{0,3+0,2}{3}$$

$$\frac{\sum kA}{A_v} = 0,75 \text{ W/m}^2\text{k}$$

$$A_v = n \cdot a \cdot b = 3 \cdot 15 \cdot 35 = 1\,575$$

$$\sum kA = 1\,181 \text{ W/k}$$

På samma sätt erhålls för de större husen med $b = 51$

$$\frac{\sum kA}{A_v} = 0,69 \text{ W/m}^2\text{k}$$

$$A_v = 3 \cdot 15 \cdot 51 = 2\,295$$

$$\sum kA = 1\,584 \text{ W/k}$$

$$\begin{cases} P_1 = kA \Delta \theta = 1\,181 \cdot (20 - (-18)) = 44,9 \text{ kW/hus} \\ P_2 = 1\,584 \cdot 38 = 60,2 \text{ kW/hus} \end{cases}$$

$$9 \cdot P_1 + 3 \cdot P_2 = 585 \text{ kW}$$

$$\underline{P_t = 585 \text{ kW}}$$

Ventilationsförluster, effektbehov

Uppmätningar av frånluftsflöden gav en genomsnittlig luftomsättning på ca 1 oms/h.

$$P_v = \dot{n} V \rho c_p \Delta \theta$$

$$P_v = \frac{1}{3600} \cdot 14\,730 \cdot 2,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 38$$

$$\underline{P_v = 466 \text{ kW}}$$

Tappvarmvatten, effektbehov

Här antas ett medeleffektbehov inkl förluster på 0,6 kW/lgh vid personbelastningen 1,9 pers/lgh.

$\underline{P_{vv} = 110 \text{ kW}}$. Antaganden har gjorts då det ej finns några uppmätta värden att gå efter.

Sammanställning av effektbehov

Effektförlusten för kulvert, P_k , är satt till 50 W/m eller ca 20 kW. Värmetillskott från personer, el och sol, P_p , har som genomsnittsvärde satts till 0,5 kW/lgh vilket ger $P_p = 184 \cdot 0,5 = 92$ kW.

$$P = P_t + P_v + P_{vv} + P_k - P_p = 585 + 466 + 466 + 110 + 20 - 92$$

$$P = 1\,090 \text{ kW}$$

Transmissionsförluster, energibehov

Energibehovet för transmissionen kan utläsas ur fig 1.5 till ca 1,6 GWh.

$$Q_t = 1,6 \text{ GWh}$$

Ventilationsförluster, energibehov

På samma sätt som ovan utläses energibehovet för ventilationsförlusterna till ca 1,35 GWh.

$$Q_v = 1,35 \text{ GWh}$$

Tappvarmvatten, energibehov

0,6 kW/lgh,d, 184 lgh 330 d/år

$Q_{vv} = 0,87$ GWh. Antagna värden då det ej finns någon separat mätning för varmvattenförbrukningen.

Sammanställning av energibehov

Energiförluster i kulvert, Q_k , är satt till 160 MWh. Värmetillskott från personer, el och sol, Q_p , är räknat med medeleffekten 0,5 kW/lgh, 330 d, 184 lgh.

$$Q_p = 0,5 \cdot 330 \cdot 24 \cdot 184 = 0,73 \text{ GWh}$$

$$Q = Q_t + Q_v + Q_{vv} + Q_k - Q_p = 1,6 + 1,35 + 0,87 + 0,16 - 0,73$$

$$Q = 3,25 \text{ GWh}$$

Detta värde är framtaget för att ge en uppfattning om energiflödet och är att jämföras med de uppmätta värdena i fig 1.2 där energiförbrukningen var 3,13 GWh för år 1981.

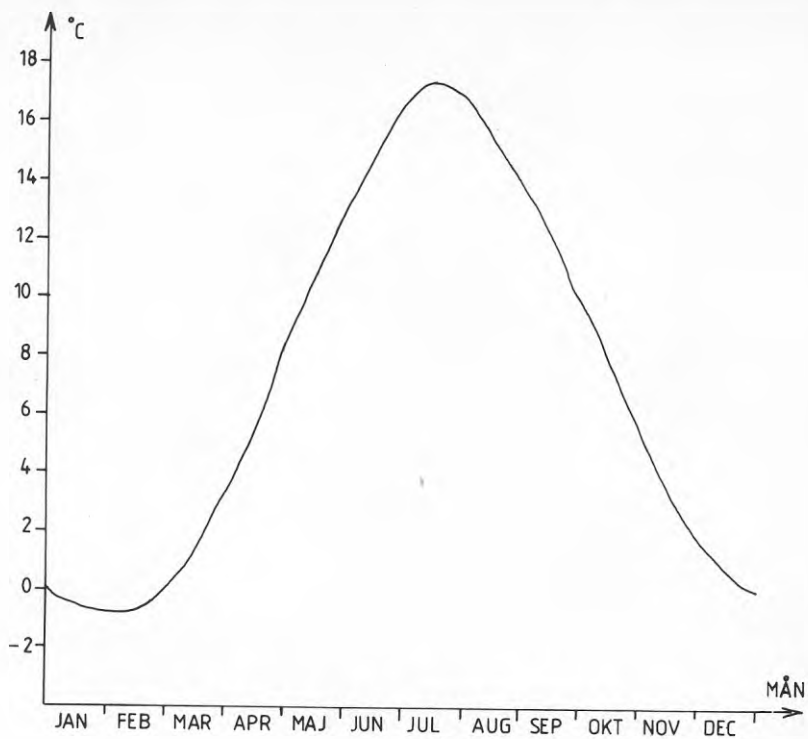


Fig 1.3 Normaltemperatures variation under året i Kalmar. Årsmedeltemp $+7,3^{\circ}\text{C}$. VVS (74).

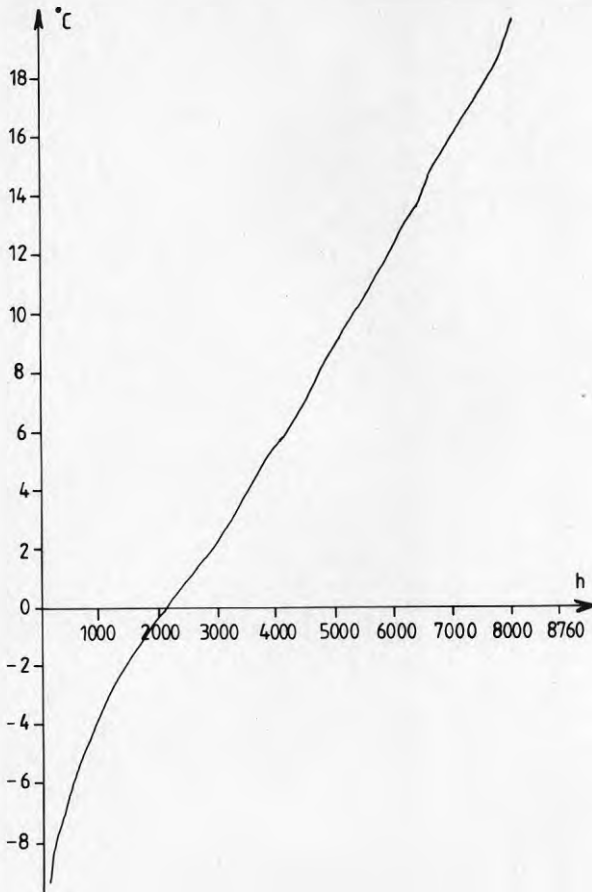


Fig 1.4 Varaktighet för uteluftens temperatur som funktion av årets normaltemp. Konsekutiv kurva för Kalmar. VVS (1974).

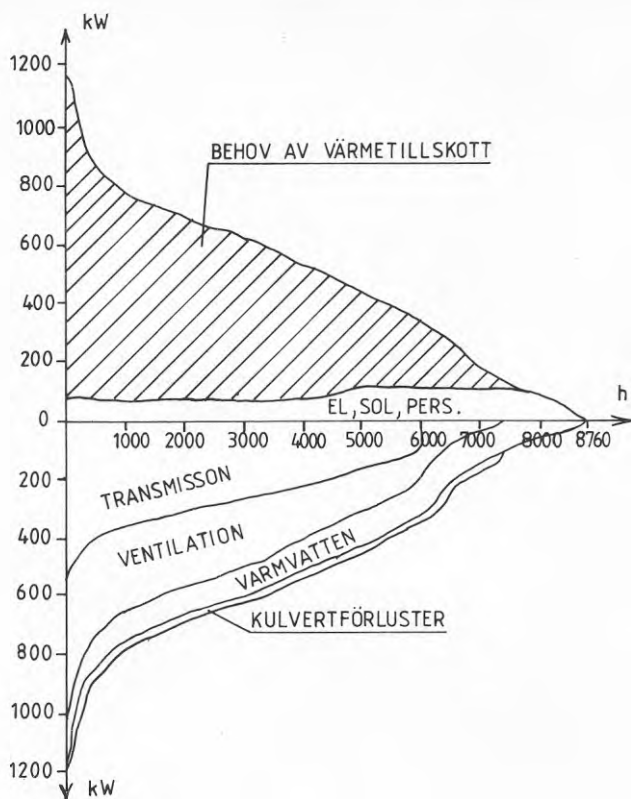


Fig 1.5 Värmeeffektbehovet för kv Kornet

1.5 Framtida redan planerade förändringar

Under våren 1982 har man påbörjat fönsterbyten. De gamla fönsterbågarna med 3-glasfönster höll på att ruttna varför man byter ut dessa till aluminiumbågar. I samband med detta genomförs också en ny fönstertätning.

Djurängsskolans nuvarande anslutning till kulvertnätet är för närvarande under diskussion. Då skolan nu har egen fjärrvärmeanslutning framdragen kommer skolan i framtiden att bli fränkopplad, vilket för bostadsrättsföreningen kommer att innebära ändrade flöden, temperaturer och därmed minskade förluster i kulvertnätet.

1.6 Andra energisparmöjligheter oberoende av FVP

Tappvarmvatten

Beräkningar har visat att för ett nybyggt konventionellt varmvattensystem avgår upp till 50 % av den till ledningsnätet tillförda energin i form av värmeförluster till omgivningen, varav endast en mindre del kan tillgodogöras för byggnadsuppvärmning. En grads temperatursänkning kan ge en besparing på ca 50 kWh/lgh, år. Den största besparingen kan uppnås genom att minska varmvattenförbrukningen, vilket kan ske genom att installera flödesbegränsare och vattensnåla blandare. Installation av varmvattenmätare för individuell debitering är också en möjlighet. De ovan nämnda åtgärderna kan i bästa fall ge en besparing på upp till 1 500 kWh/lgh, år. Information om kostnaderna och kanske i samband med en gratis utdelning av sköljbaljor för diskning, kan i många fall ge ett bra resultat. Berndtsson, L (1982).

2 SYSTEMLÖSNING

2.1 Frånluftvärmepumparnas placering i systemet

2.1.1 Värmepumpens teori

En värmepump är en anordning som med hjälp av en viss drivenergi upptar värmeenergi vid en temperaturnivå och avger en energimängd vid en annan högre temperaturnivå. Värmepumpens huvudkomponenter är kompressor, kondensor, strypventil och förångare. Köldmediet som upptar resp avger sitt värme cirkulerar i ett slutet system. I förångaren, som är den värmeupptagande delen, avkokar köldmedievätska vid ett lågt tryck, och det värme som fordras för detta tas ifrån omgivningen vilket i vårt fall är frånluften. Ångan som bildas bortsugs med hjälp av kompressorn i vilken ångans tryck höjs. Från kompressorn transporteras mediet till kondensorn där ångan kondenserar vid ett högre tryck och avger sitt värme. Det bildade kondensatet förs därefter åter till förångaren via strypventilen.

I värmepumpsammanhang använder man sig av uttrycket värmefaktor \varnothing . Denna definieras som förhållandet mellan avgiven värmeeffekt Q_1 och driveffekt E_t .

$$\varnothing = \frac{Q_1}{E_t}$$

Storleken av värmefaktorn beror på vilken temperaturskillnad man använder sig av mellan kondensor och förångare. Vid liten temperaturskillnad kan mycket höga värden erhållas på värmefaktorn.

2.1.2 Systemlösningar

De frånluftvärmepumpar som hittills installerats arbetar vanligen endast med tappvarmvattenberedning. Man har emellertid konstaterat att ekonomin förbättras om värme också kan levereras till värmesystemet, Gezelius (1982). Den mest närliggande lösningen är då att en värmepump installeras i vart och ett av de tolv husen. Värmepumparna anpassas efter husens frånluftflöde så att man erhåller 3 aggregat med större effekt och 9 aggregat med en lägre effekt. Varje aggregat förses med värmeväxlare för tappvarmvattenberedning och värme. Kulvertssystemet och den gamla undercentralen skulle då endast användas som reserv och stöd för värmepumparna.

En enklare systemlösning är att värmepumparna endast ges en funktion och att kulvertssystemet utnyttjas för transport av värme och varmvatten mellan de olika producenterna och konsumenterna.

Ett blockschema visas i figur 2.1. Värmepumparna kräver här mindre kringutrustning och reglersystemen blir enklare. Dessa faktorer leder till lägre investeringsbehov och säkrare drift. Utifrån förutsättningarna i 1.4 har systemet i fig 2.1 utformats med följande resultat:

- Varmvattenberedning, hus A - D, $27 + 27 + 27 + 17 \text{ kW} = 98 \text{ kW}$
- Varmvattencirkulation, hus E, 17 kW
- Värme, hus F - L, $7 \times 17 = 119 \text{ kW}$

Kapacitetsfördelningen kan slutligt fastläggas först efter uppmätning av tappvarmvattenförbrukningen. En ytterligare förfining av systemet kan uppnås om den eller de lägst prioriterade värmepumparna för tappvarmvattenberedning också ansluts till värmesystemet. I så fall kan den totala utnyttjandetiden förlängas något. De fortsatta beräkningarna baseras på det enklare systemet som visas i fig 2.1.

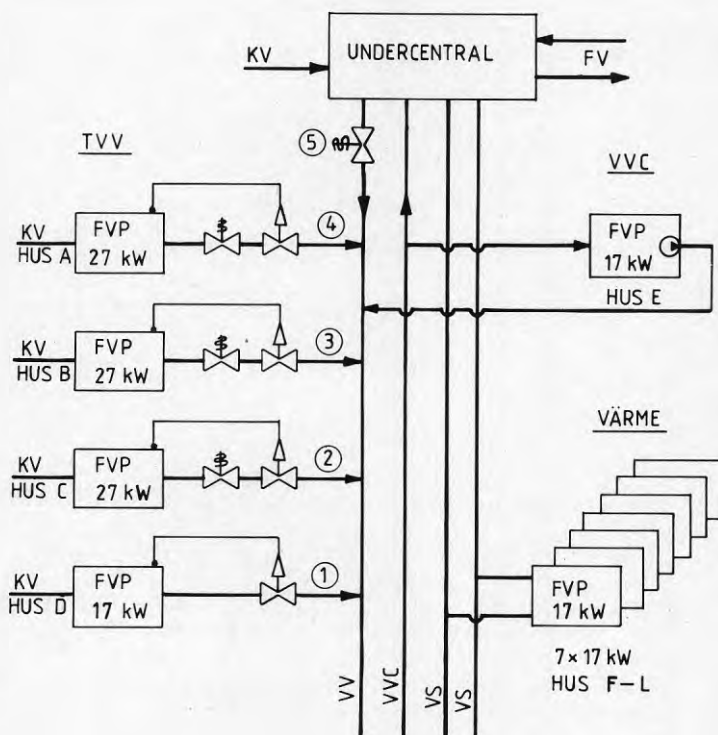


Fig 2.1 Blockschema för kv Kornet vid FVP-installation. Inringade siffror anger prioritetsordning för varmvattenberedning

Frånluftvärmepumparna är i denna förstudie tänkta att placeras i shuntcentralen i resp hus. Inkopplingen på det befintliga systemet blir olika beroende på vilken funktion värmepumpen skall ha.

Tappvarmvatten_exklusive_VVC

Den föreslagna kopplingen visas i fig 2.2. Värmet ur frånluften upptas via kylbatteriet/kylbatterierna, som placeras på taket efter frånluftfläkten, och transporteras i en brinelösning ner till värmepumpens förångare. På kondensorsidan kopplas en cirkulationsledning som via en värmeslinga laddar upp förrådsberedaren. Eventuellt kan tappvarmvattnet ledas in i kondensorn varvid slingan i ackumulatortanken utgår. Normer härför har ännu inte fastlagts. På den från beredaren utgående tappvarmvattenledningen sitter en termostatsventil vars givare är placerad i beredarens topp.

Om vattentemperaturen understiger t ex 43°C stängs ventilen. Varmvatten erhålls då från övriga beredare eller från fjärrvärmeväxlaren i undercentralen. Genom att överströmningssventiler monteras efter beredarna kan man genom olika öppningstryck erhålla en prioritering av beredarna, se fig 2.1.

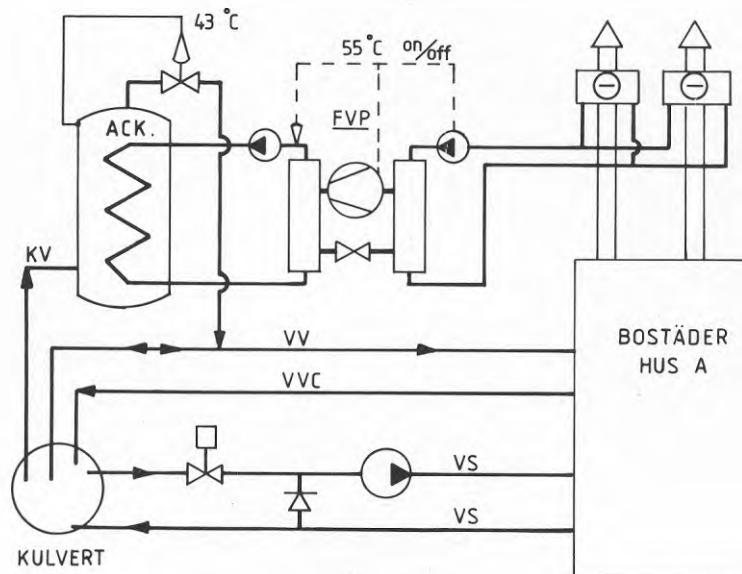


Fig 2.2 Ackumulerande tappvarmvattenberedning med frånluftvärmepump.
Modifiering av befintlig shuntcentral.

VVC (cirkulerande varmvatten)

Effekten tas ur frånluftvärmepump i ett av de mindre husen. Inkopplingen visas i fig 2.3. Transporten av värmets ur frånluften sker på samma sätt som till de tappvarmvattenberedande värmepumparna. Pumpen för VVC i undercentralen stängs av och används endast som reserv.

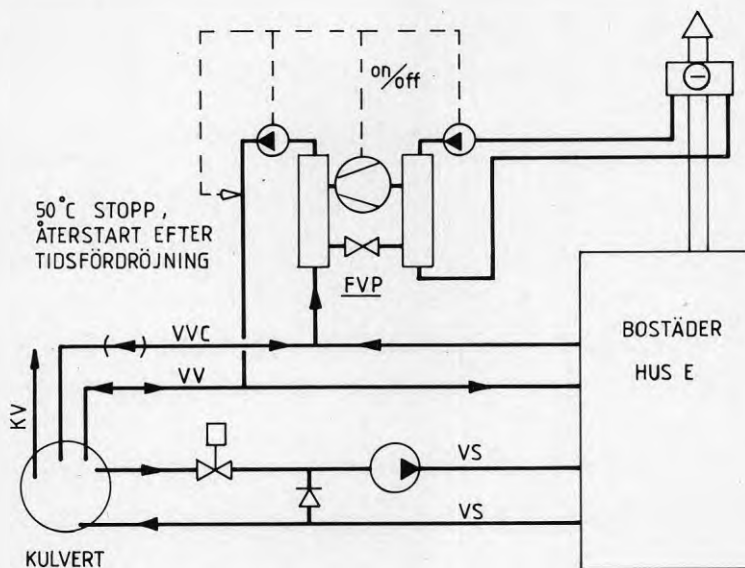


Fig 2.3 VVC-värmning med frånluftvärmepump.
Modifisering av befintlig shuntcentral.

Värmevattnet

Den för värmevattnet tänkta kopplingen framgår av fig 2.4. Värmet ur frånluften tillförs värmepumpen med samma princip som för tappvarmvattnet. Kondensorn avger här sitt värme direkt till värmevattnets returledning. Värmepumparna bör kunna arbeta upp till ca 55°C. Vid högre temperaturer måste kompressorerna stoppas. Värmepumpen skall tåla ännu högre temperaturer utan att säkerhetsventilen öppnar.

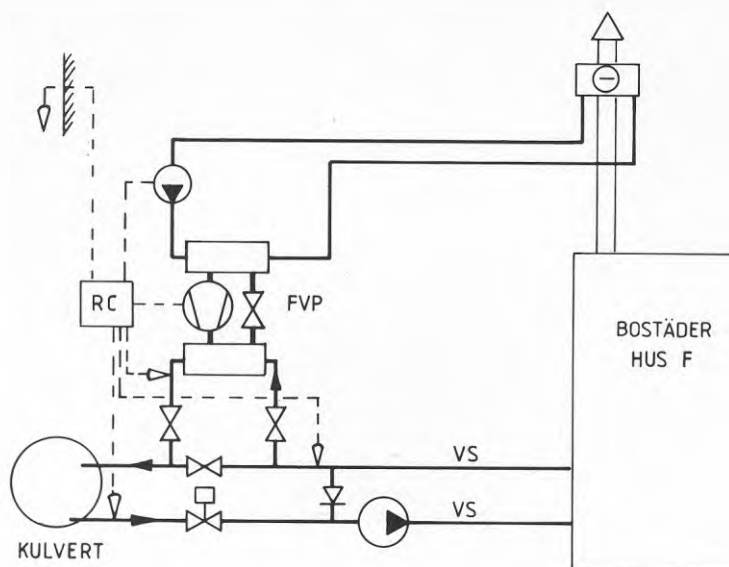


Fig 2.4 Beredning av värmevatten.
Modifiering av befintlig shuntcentral.

2.2 Tillgänglig frånluftsmängd

Den under punkt 1.3 avgivna frånluftsmängden justeras in så att en luftomsättning på ca 0,7 oms/h erhålls. Denna injustering görs genom att på fläktaggregatet ställa in motorskivan som är variabel vilket medför att varvtalsområdet kan varieras inom 700 - 850 r/m. Om detta inte skulle räcka till med tanke på det ökade tryckfallet på kylbatteri och filter måste remskivan bytas. Med en luftomsättning på 0,7 ger detta en frånluftsmängd för de mindre husen på ca 1 855 m³/h och för de större husen ca 3 028 m³/h. I de större husen är volymflödet uppdelat på två aggregat.

Om man ur frånluften tar ut värme genom att sänka temperaturen från +21°C till +5°C fås enligt följande en kurva som visas i fig 2.5.

$$P = q \cdot \rho (i_f - i_e)$$

P = värmeeffektuttag i kW

ρ = luftens densitet i kg/m^3

i_f = luftens entalpiet före batteri i kJ/kg

$$\Delta i = 36 - 18 = 18 \text{ kJ/kg}$$

i_e = luftens entalpiet efter batteri i kJ/kg

q = luftflöde i m^3/s

q	m^3/h	1000	2000	3000	4000
	m^3/s	0,28	0,56	0,83	1,11
P	kW	6	12	18	24

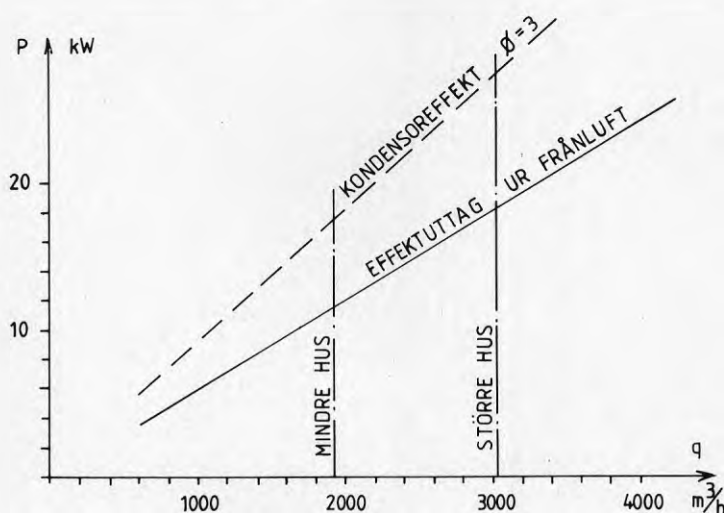


Fig 2.5 Effektuttag ur frånluft vid temperatursänkning från $+21^{\circ}\text{C}$ till $+5^{\circ}\text{C}$.

2.3 Sänkning av tappvarmvattentemperaturen

Den i februari 1982 från panncentralen utlevererade tappvarmvattentemperaturen till resp hus undercentral var 60°C med en returtemperatur på 52°C . I de tolv husens resp undercentral varierade varmvattentemperaturen mellan $58 - 60^{\circ}\text{C}$.

Varmvattentemperaturen bör ur energisynpunkt väljas så låg som möjligt. Enligt SBN 80 tillåts 45°C . M h t värmeförlusterna i distributionsledningarna bör varmvattentemperaturen i shuntcentralerna ligga på drygt 45°C .

2.4 Dimensionering av effekter och volymer

2.4.1 Framtida energibehov

Den uppmätta energiförbrukningen visar för de senaste åren en minskande trend. Under 1982 har samtliga fönster utbytts p g a röta i de gamla bågarna. Tillsammans med lägre kulverttemperaturer (när Djurängsskolan koppelas bort), lägre varmvattentemperaturer samt framtida utbyte till vattenbesparande armaturer för tappvarmvatten beräknas den framtida energiförbrukningen bli ca 2,7 GWh/år. Detta förutsätter en sänkning av luftomsättningen i lägenheterna från ca 1 till 0,7 oms/h. Ovanstående besparingar är oberoende av FVP-installationen och lämnas försiktigtvis utanför lönsamhetsbedömningen för FVP-installationen.

2.4.2 Varmvattenförbrukning -- energibesparing

Energi- och effektbehov för tappvarmvattenberedning har i tidigare arbeten för olika projekt redovisats på olika grunder. I en del fall har man haft möjlighet att direkt mäta förbrukningen och i andra fall har den uppskattats ur det totala energibehovet eller har i de fall inga energiuppgifter alls finns att tillgå erfarenhetsmässigt antagits. Detta har gett energi- och effektbehov med en stor variationsbredd om man jämför olika fastigheter som har lika antal lägenheter. Då man i denna förstudie inte har tillgång till uppmätta värden gällande tappvarmvattenförbrukningen får man med vetskap om personbelastning och antal lägenheter göra en kvalificerad gissning på det framtida behovet.

Uppmätningar gjorda på olika ställen i landet visas i fig 2.6 och gäller tappvarmvattenförbrukningen exklusive VVC-förluster.

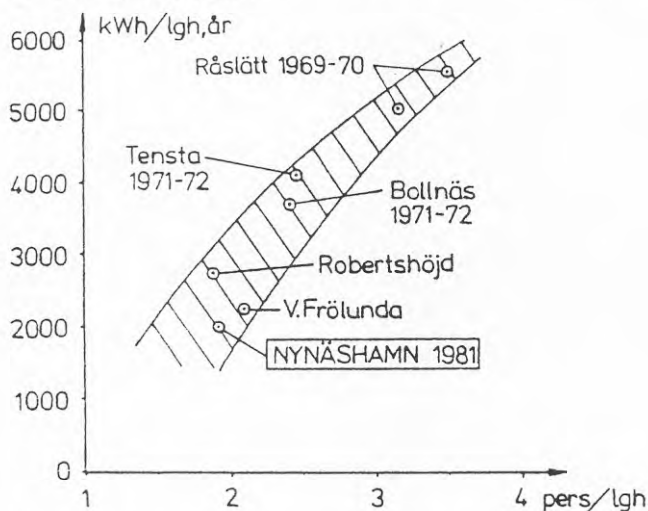


Fig 2.6 Årlig tappvarmvattenförbrukning per lgh som funktion av antalet boende per lgh. Kårdén (1982).

Variationsbredden kan till viss del förklaras med folks ökande medvetande om betydelse att spara energi. För fallet Nynäshamn bör nämnas att sköljbaljor delats ut samtidigt som mer vattensnål armatur har installerats. Varmvattentemperaturen har i detta fall sänkts från 60°C till 50°C .

I denna förstudie för kv Kornet är personbelastningen 1,9 pers/lgh och antalet lägenheter är 184. Om man för detta fall antar en framtida tappvarmvattenförbrukning exklusive VVC-förluster på ca 3 000 kWh/lgh,år, så har man ganska väl inringat behovet. Varmvattentemperaturen kommer att sänkas från nuvarande ca 60°C till ca 50°C så att minst 45-gradigt vatten erhålls vid tappstället.

2.4.3 Varmvattenberedning exklusive VVC (varmvatten-cirkulation)

Årsenergiebehovet för 184 lgh blir med förutsättningarna enligt 2.4.2 552 MWh, och kan illustreras med fig 2.7 gällande genomsnittligt dygnsbehov.

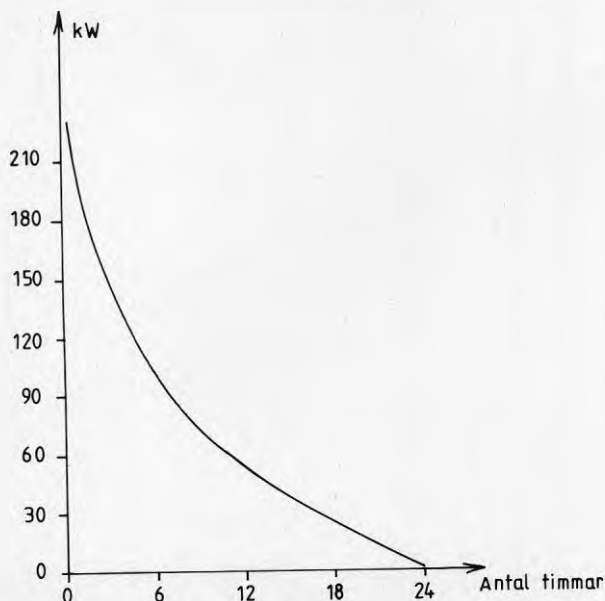


Fig 2.7 Genomsnittligt effektbehov för tappvarmvatten exklusive VVC-förluster.

Om man tittar på behovet under ett dygn med stor förbrukning (fredagsdygn) kan man anta att fördelningen under dygnet är enligt fig 2.8.

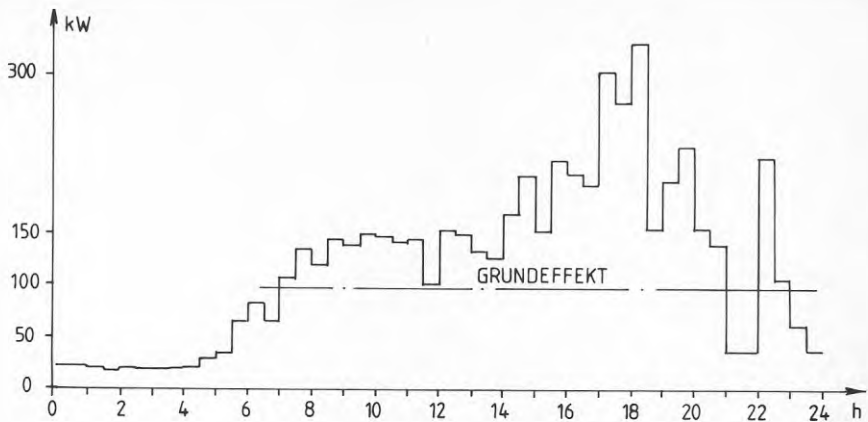


Fig 2.8 Effektbehov för tappvarmvatten under ett dygn med stor förbrukning (fredagsdygn) för 184 lägenheter. Effekterna är halvtimmes medelvärden.
Tekn Meddelanden (1976).

Grundeffekten läggs på ≈ 100 kW och tas ut enligt följande.

Om frånluftsflödet tas från de tre större husen och ett av de mindre med en luftomsättning på $0,7 \text{ h}^{-1}$ fås

$$P_1 = q \varrho \Delta i = \frac{3028}{3600} \cdot 1,2 \cdot 18 = 18,2 \text{ kW}$$

$$P_2 = q \varrho \Delta i = \frac{1855}{3600} \cdot 1,2 \cdot 18 = 11,1 \text{ kW}$$

$$3 \cdot P_1 + P_2 = 65,7 \text{ kW}$$

$P = 65,7$ kW ur frånluften uttagen effekt. Med en värmefaktor $\phi = 3$ blir kondensoreffekten

$$\frac{3}{2} \cdot 65,7 = 99 \text{ kW}$$

$$P_{\text{kond}} = 99 \text{ kW}$$

Dygnets energibehov blir i detta fall ca 3 000 kWh eller 16,3 kWh/lgh.

Avgiven värmepumpeffekt 99 kW eller 0,54 kWh/lgh vilket ger $99 \cdot 24 = 2\,376$ kWh eller 13 kWh/lgh. Den vattenvolym som skulle behöva lagras blir tagit ur fig 2.8 ca 1 180 kWh eller 6,4 kWh/lgh.

$$\text{Ackumulatorvolym } V = \frac{1\,180}{1,16 \cdot 45} = 22,6 \text{ m}^3 \text{ eller } 123 \text{ l/lgh.}$$

Denna volym blir orimligt stor och dyr samt skulle på dessa fyra hus bli $5,65 \text{ m}^3/\text{hus}$. Om man jämför resultatet med det genomsnittliga dygnsbehovet och fortfarande med kondensoreffekten 99 kW blir resultatet helt annorlunda. Dygnet energibehov antas enligt fig 2.7 vara ca $1\,670 \text{ kWh}$. Den vattenvolym som skulle behöva lagras är ca 315 kWh varvid ackumulatorvolymen blir 6 m^3 eller 33 l/lgh , vilken uppdelad på de fyra husen blir $1,5 \text{ m}^3/\text{hus}$. Ackumulatortankarnas storlek och typ väljs m h t tillgängligt utrymme, tappvarmvattenbehov och tillgång på tillsatsvärme. Om man har oljepanna så vill man på sommaren ha möjlighet att stänga av pannan och därmed slippa utnyttja den dåliga verkningsgraden vid låg last. Man bör också ta hänsyn till att tappvarmvattenförbrukningen är lägre på sommaren.

I detta fall har man permanent tillgång på tillsatsvärme i form av fjärrvärme vilket gör det mer ekonomiskt att minska ackumulatorvolymen, varför den mindre volymen på ca 6 m^3 kan användas.

Akkumulatortankar finns i många varianter. Det finns dubbelmantlade tankar, enkelmantlade förrådsberedare med slingrörsvärmeväxlare och genomströmningsberedare. I fallet förrådsberedare krävs särskild invändig ytbehandling, t ex kopparfodring. Detta behövs ej i genomströmningsberedaren då tappvarmvattnet går i en kopparslinga och ej kommer i kontakt med tankens väggar.

I denna förstudie har enkelmantlade förrådsberedare valts. Priset på dessa tankar beroende på volymen visas i fig 2.9a, b.

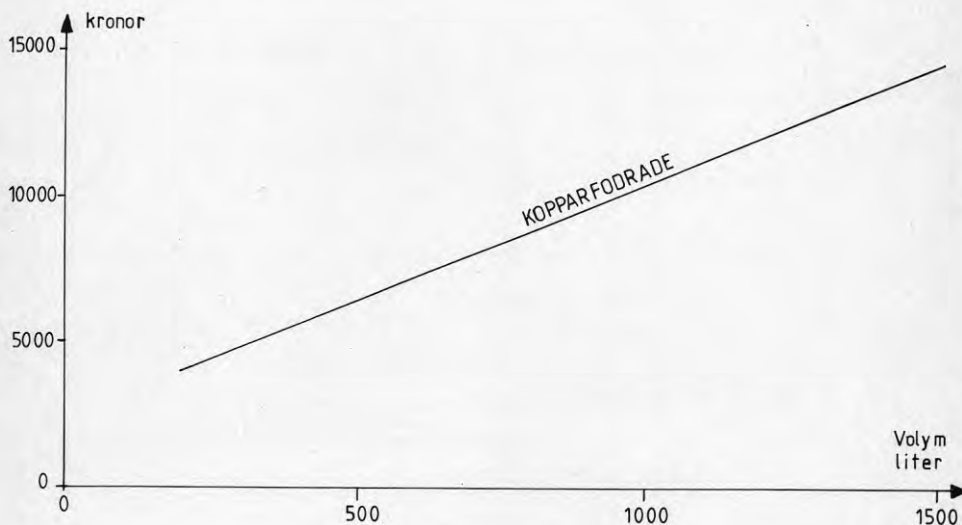


Fig 2.9a

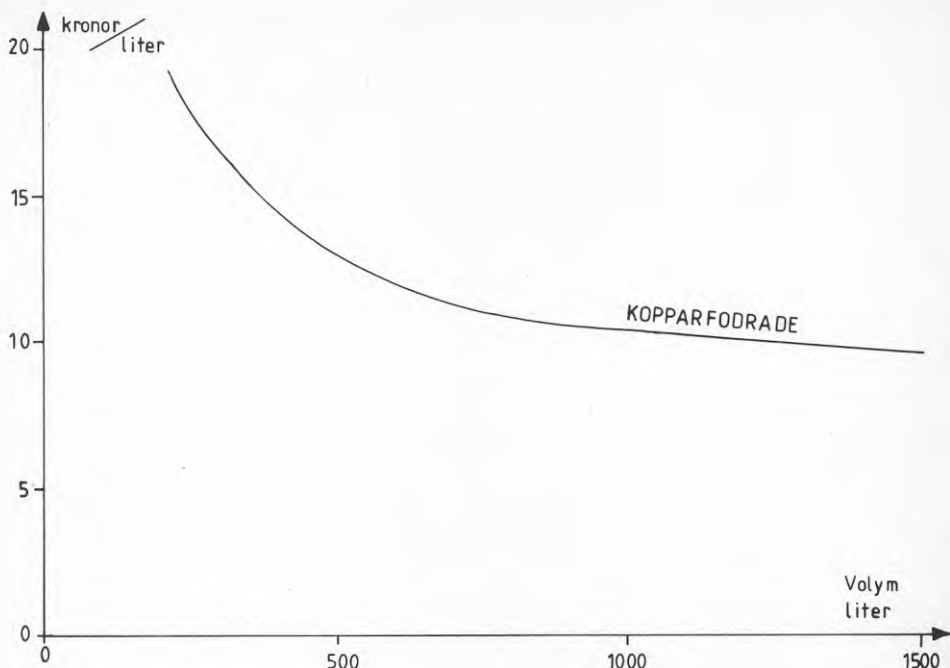


Fig 2.9b

Fig 2.9 Ackumulatortankar, priser.

a, b Enkelmantlade, isolerade, stående med anslutningsmöjlighet för elpatron eller vattenbatteri.

Angivna priser gäller augusti 1982 exkl moms.
Frånluftsvärmepumpar i Stockholms kommun (1982).

Behovet av tillsatsvärme för tappvarmvattenberedning kan uppskattas med förutsättningarna 6 m³ ackumulatorvolym, kondensoreffekt 99 kW, medeldygnsbetov 1 670 kWh och maxbetov 3 000 kWh.

$$\begin{array}{r}
 30 \text{ maxdygn} \quad 30 (3\,000 - 2\,100) = 27\,000 \text{ kWh} \\
 300 \text{ medeldygn} \quad 300 (0,05 \cdot 1\,670) = \underline{25\,050 \text{ kWh}} \\
 \text{Tillsatsvärme} \quad 52\,000 \text{ kWh}
 \end{array}$$

Antaget värmebehov	552 MWh
Tillsatsvärme	- 52 "
Från värmepump	500 MWh
Elbehov kompressor $\frac{1}{3} \cdot 500$	- 167 "
Energibesparing	<u>333 MWh</u>

Varmvattenbehovet exklusive VVC-förluster skulle på detta sätt täckas till 91 % av 99 kW värmepumpeffekt + ackumulator. Energibesparingen blir 60 % av behovet. Värmepumparnas drifttid blir ca 5 000 h/år.

2.4.4 VVC-förluster - energibesparing

VVC-förlusterna har i detta fall uppskattats till ca 17 kW. Detta effektbehov kan tillgodoses med en värmepump placerad i ett av de mindre husen. Hus E, se fig 1.1, är särskilt väl lämpat då VVC-stamledningen passerar genom shuntcentralen.

Den från värmepumpen levererade värmeeffekten är med förutsättningarna enligt 2.4.2 av storleken 17 kW.

Då VVC-förlusterna är relativt jämnt fördelade över året skulle ovan nämnda värmepump kunna leverera värme under ca 8 000 h/år vilket skulle ge en energibesparing på ca 136 MWh/år.

Från denna energimängd avgår elenergiebehovet till kompressorn m m varvid en nettoenergiebesparing på 91 MWh erhålls.

2.4.5 Värmevattenförbrukningen - energibesparing

Värmeeffektbehovet för radiatoruppvärmning kan åskådliggöras med nedanstående figur som bygger på data ur punkt 1.4 och 2.4.1.

Luftomsättningen är 0,7 oms/h. Nettobehovet redovisas dvs värmebehovet reducerat med tillskott från personer, el och sol.

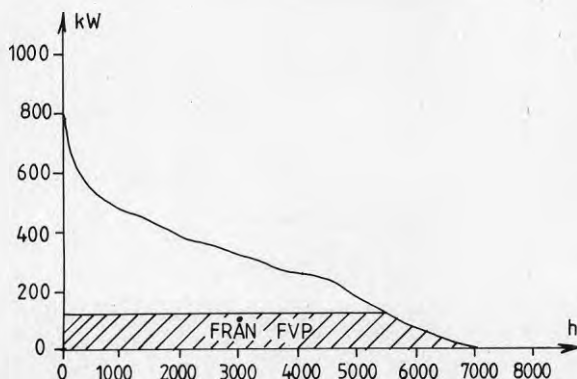


Fig 2.10 Värmeeffektbehovet som funktion av tiden.

Vid värmepumpinstallation i de sju mindre hus som ej har tappvarmvattenberedning med en luftomsättning på $0,7 \text{ h}^{-1}$ samt ett värmeuttag $\Delta i = 18 \text{ kJ/kg}$ erhålls:

$$P = q \int \Delta i = 7 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot 650}{3 \cdot 600} \cdot 1,2 \cdot 18 = 78 \text{ kW}$$

Med värmefaktorn $\phi = 3$ blir kondensoreffekten $P_{\text{kond}} = 117 \text{ kW}$.

Antaget värmebehov för uppvärmning enligt fig 2.10, ca 1,98 GWh.

Avgivet värme från kondensor ca 0,74 GWh.

Värmebehov	1,98 GWh
Från värmepump	- 0,74 "
Fjärrvärmebehov	<u>1,24 GWh</u>

Energibesparingen blir 0,74 GWh reducerat med elbehov för kompressor $m \frac{1}{3} \cdot 0,74$ vilket ger 493 MWh.

Ca 37 % av värmebehovet täcks med dessa sju värmepumpar. Nettoenergibesparingen blir ca 25 % av behovet.

Om frånluftstemperaturen istället sänks från +21°C till -5°C blir $\Delta i = 36$ kJ/kg dvs en fördubbling. Detta ger en kondensoreffekt på 234 kW. M h t avfrostning ges värmepumpen en maximal gångtid på 90 %.

Värmebehov	1,98 GWh
Från värmepump	- 1,22 "
Fjärrvärmebehov	<u>0,76 GWh</u>

Energibesparingen blir 1,22 GWh reducerat med elbehov kompressor $\frac{1}{3} \cdot 1,22$ vilket ger 813 MWh.

Ca 62 % av värmebehovet täcks i detta fall. Värmepumpen blir dock dyrare p g a lägre förångningstemperatur och kortare drifttid. Värmefaktorn minskar vid den ökande skillnaden mellan temperaturnivåerna. Den lägre värmefaktorn är dock av mindre betydelse eftersom återvinningen av energi ökar. I det följande används kylning till +5°C.

2.4.6 Sammanlagd energibesparing

Tappvarmvatten	500 MWh
VVC	136 "
Värmevatten	<u>740 "</u>
	1 376 MWh

Den sammanlagda energibesparingen ger, reducerad med elbehovet till kompressorerna, en nettoenergibesparing på 917 MWh.

2.5 Ingrepp och arrangemang i ventilationssystemet

Ventilationssystemet skall kompletteras med ett kylbatteri och ett filter vid varje frånluftsfläkt. Ventilationsskanalerna är sammankopplade i fläktaggregatets samlingslåda. Kylbatteri och filter måste därför inkopplas efter samlingslådan vilket i detta fall ej är möjligt att genomföra inomhus utan stora ingrepp i ventilationssystemet p g a utrymmesbrist mellan fläktaggregat och yttertak.

Ett sätt att lösa utrymmesbehovet är att använda t ex Fläkt:s värmeåtervinningsenhet ESSB alt ESSA som är en komplett enhet för placering ovan yttertak på befintlig utloppskanal.

Luftomsättningen hos de befintliga installationerna varierar mellan 0,7 - 1,1 oms/h. Med tanke på det tillkommande tryckfallet för filter och kylbatteri påverkar detta luftomsättningen. Detta skulle kunna göra, tillsammans med justering av fläktens varvtal, att man erhåller den önskade lägre luftomsättningen på ca 0,7 oms/h.

En eventuell nackdel med arrangemanget ovan tak är att husets yttre förändras, eftersom återvinningsenheten är relativt stor.

2.6 Rördragning och framkomlighet i berörda hus

Den mest omfattande rördragningen blir den för brinekretsen mellan värmepump och kylbatteri. Om värmepumpen placeras i resp shuntcentral som ligger i källarplanet skall brinekretsen därifrån dras upp genom våningarna och vidare upp ovan vindsplanet till taket där kylbatteriet är placerat. Framkomligheten är i detta fall förhållandevis god. Från shuntcentralen kan ledningarna dras ut i källargången genom ett befintligt hål i väggen (150 x 150 mm) och därefter förläggas under tak i gången där redan befintliga rörstråk finns. Ledningarna dras sedan ut i trapphuset vilket görs genom att ett hål upptas i väggen ovanför källardörren. I trapphuset kan de vertikala ledningarna passera våningarna genom en spalt mellan vägg och trappa som är 40 x 250 mm. För att komma in med ledningarna i vindsvåningen upptas ett hål i taket på det översta våningsplanet. Väl uppe på vindsvåningen finns inga hinder beträffande framkomligheten. Detta skulle för brinekretsens del innebära att byggnadsmässigt behöver endast två håltagningar göras för att förbinda varje värmepump med ett kylbatteri.

I de fall värmepumpen används för tappvarmvattenberedning placeras ackumulatortankarna på källarplanet i det närmast shuntcentralen belägna trapphuset om man inte genom att omdisponera vissa utrymmen i källarvåningen kan erhålla annan placering. Rördragningen mellan shuntcentral och ackumulatortankar består av fyra ledningar, två för kondensörvärmekretsen, en för kallvatten och en för varmvattenledningen. Förläggningen av dessa rör blir lika som för brinekretsen i berörda delar. Beroende på ackumulatortankarnas storlek kan i stället för en större ackumulatortank två eller flera mindre tankar seriekopplas.

2.7 Värmepumpens utrymmesbehov m h t befintliga utrymmen

Värmepumparna bedöms kunna inrymmas i de befintliga utrymmen som är tillgängliga, vilket i detta fall är resp shuntcentral. Ackumulatortankar kan placeras i trapphusets nedre plan eller eventuellt i annat utrymme i källarplanet. Införselmöjligheterna är goda.

2.8 Driftsäkerhet och tillsyn

Filtret framför resp kylbatteri bör med jämna mellanrum rengöras alternativt bytas. Vid smutsigt filter minskar frånluftsflödet genom kylbatteriet varvid värmepumps-effekten avtar. Kylbatteriet skall normalt inte behöva rengöras men åtgärden sätts in vid behov då filtret i förekommande fall inte har fyllt sin funktion.

Temperaturgivarna måste placeras på lämpligaste sätt och inställas så att tillsatsvärme inte i onödan inkopplas vilket skulle medföra en minskning av energibesparingen.

Ljudproblem från värmepumpen i shuntcentralerna minimeras genom lämplig utformning med erfarenheter från liknande anläggningar. Maskinist alternativt vicevärd bör periodvis göra s k "okulärbesiktning" av anläggningsdelarna med kontroll av temperaturer, att pumpar och fläktar går m m. För att undvika onödiga längre driftsbortfall bör drifttider, elförbrukning och energiförbrukning från fjärrvärm nätet regelbundet registreras.

De hittillsvarande erfarenheterna av FVP visar att driftsäkerheten är god om anläggningen har konstruerats och installerats på ett korrekt sätt samt erhåller ovanstående tillsyn.

2.9 Elektriska installationer

I respektive hus finns i shuntcentralen ett proppskåp och i detta finns ett varierande antal lediga inkopplingar att tillgå. Huvudsäkring i varje proppskåp är på 16 A och de inkopplingar som är befintliga är på högst 10 A. De elektriska installationerna kan alltså förväntas bli av begränsad omfattning. De fasta elavgifterna och anslutningsavgiften påverkas inte av en värmepumpinstallation vars totala anslutningseffekt understiger 100 kW.

3 EKONOMI

3.1 EnergipriserFjärrvärmekostnader

Avgifterna för helt år beräknas enligt följande:
För ett effektbehov mellan 300 och 2 000 Mcal/h blir formeln:

$$\left(\frac{250}{130} + \frac{I - 250}{130} \cdot 0,5 \right) \cdot (2\ 000 + 15 \cdot E) +$$

$$(15 + 0,14 \cdot W) \cdot B_3 \text{ kr}$$

E = maximala värmeeffektbehovet i Mcal/h

W = den per år uttagna värmemängden i Gcal

I = konsumentprisindex med 1949 som basår

B₃ = bränslepris för olja 3 i kr/m³

Anm: Vid tillämpning av bränslepriset förutsättes att skälig hänsyn toges till gällande marknadspriser, dvs rabatterade listpriser. B fastställes för varje debiteringsperiod.

Elkostnad

För kv Kornet gäller en elkostnad på 200 kr/lgh och 0,23 kr/kWh.

3.2 Energibesparing

Beräkningen är baserad på det framtida behovet m h t sänkt luftomsättning, fönsterbyte, sänkning av tappvarmvattentemperaturen och lägre kulverttemperaturer samt byte av blandararmatur m m. Det framtida behovet är beräknat till ca 2,7 GWh med en maxeffekt på ca 1 200 kW.

Framtida kostnad för fjärrvärme då hela årsenergibehovet skall täckas (dvs utan värmepumpar):

$$\left(\frac{250}{130} + \frac{I - 250}{130} \cdot 0,5 \right) \cdot (2\ 000 + 15 \cdot E) +$$

$$(15 + 0,14 \cdot W) \cdot B_3 \text{ kr}$$

E = 1 032 Mcal/h (en sänkning från 1 273)

W = 2 322 Gcal

I = 696 för juli 1982

B = 1 600 kr/m³, augusti 1982

$$\left(\frac{250}{130} + \frac{696 - 250}{130} \cdot 0,5 \right) \cdot (2\ 000 + 15 \cdot 1\ 032) +$$

$$(15 + 0,14 \cdot 2\ 322) \cdot 1\ 600 \text{ kr}$$

Kostnad för fjärrvärme 608 000 kr (0,23 kr/kWh)

Kostnad efter installation av värmepumpar med en total värmeeffekt på 233 kW (1,4 GWh) och tillsatsvärme i form av fjärrvärme ca 1 000 kW (1,3 GWh).

Fjärrvärmekostnad:

$$\left(\frac{250}{130} + \frac{696 - 250}{130} \cdot 0,5 \right) \cdot (2\ 000 + 15 \cdot 860) + (15 + 0,14 \cdot 1\ 118) \cdot 1\ 600$$

Kostnad 329 000 kr/år (0,25 kr/kWh)

Elkostnad för värmepumpar (230 kr/MWh)

Energiavgift $\frac{1\ 400}{3} \cdot 230 = 107\ 000$ kr/år

Enbart fjärrvärme	608 000
Elkostnad för värmepumpar + tillsatsvärme i form av fjärrvärme	- 436 000
Energikostnadsbesparing	172 000 kr/år
Tillkommande underhåll 2 % av 1 Mkr	- 20 000
Årlig driftkostnadsbesparing	152 000 kr/år

3.3 Finansiering

3.3.1 Statligt energisparlån

Det statliga energisparlånet för bl a frånluftsvärmepumpar har varit föremål för åtskilliga ändringar, den senaste 1 juli 1982. Länsbostadsnämnden är den myndighet som har till uppgift att behandla energisparlåneärenden.

3.3.2 Energisparlånets uppbyggnad

Vid sökandet av energisparlån redovisar man i ansökningshandlingarna det förväntade investeringsbeloppet, energibesparingskostnaden^{x)} per år EB och underhållskostnadsförändringen per år UH.

Länsbostadsnämnden räknar sedan ut den godkända lånekostnaden GK enligt formeln:

$$GK = (EB \cdot P1 - UH \cdot P2)$$

P1 och P2 är diskonteringsfaktorer beroende av förväntad livslängd. Se fig 3.1.

x) Den minskning av energikostnaden man får efter åtgärd.

Tid	P1	P2
5	5.0	4.5
10	9.5	7.8
15	13.1	10.3
20	16.2	12.2

Fig 3.1 Diskonteringsfaktorer

Den godkända lånekostnaden för FVP blir i de flesta fall större än äskat belopp.

För FVP gäller att man får låna 30 % av Staten med 15 års amorteringstid och en räntesats som bestäms år från år, 13 % 1982. Lånet är upplagt som ett annuitetslån.

Resterande 70 % lånar man i ett kreditinstitut med dess villkor när det gäller ränta och amorteringstid.

Då den godkända lånekostnaden är högre än äskat belopp, får man ändå endast vad man begärt och räntebidraget räknas på den delen. Ifall äskat belopp är högre måste man finansiera den överskjutande delen helt utan räntebidrag.

På lånet i kreditinstitut får man inte tillgodoräkna sig mera än det räntetak, 12,95 % 1982, som Staten satt vid beräkning av räntebidraget.

3.3.3 Beräkning av räntebidrag

Räntebidraget D beräknas enligt följande formler år från år för FVP:

$$D = (B + C) - A$$

A är garantiräntekostnaden

$$A = GK^X) \cdot (3 + 0,25 \cdot n)/200$$

n = 0,1,2...,14 år efter lånetillfället

B är godkänd räntekostnad i kreditinstitut

$$B = (\text{kvar att amortera år } n) \cdot RTK/200$$

RTK är räntetaket för lån i kreditinstitut år n

C är räntekostnad för statligt lån

$$C = (\text{kvar att amortera år } n) \cdot RSL/200$$

RSL är räntan på statligt lån år n

Det statliga lånet är en form av annuitetslån och amorteringen beräknas enligt följande för 15 år:

x) Det belopp som Länsbostadsnämnden tillstyrkt.

$$\begin{aligned} (\text{Amortering år } n + 1) &= E - (F \text{ år } n) \\ E &= (\text{lånebelopp år } 0) \cdot 11,57^x / 200 \\ F &= (\text{kvar att amortera år } n) \cdot 8^x / 200 \end{aligned}$$

x) Procentsatser som gäller 15 års amortering.

För amorteringen på lånet i kreditinstitut gäller dess regler. Betalning av lån till Staten och utkvittering av räntebidrag sker två ggr per år, för vilket formlerna gäller. In- och utbetalning sker samtidigt vilket innebär att man i början får ut pengar och mot slutet av amorteringstiden får betala.

In- och utbetalningen K sker enligt formeln:

$$K = H - D \text{ där } H = (\text{ränta} + \text{amortering} + \text{aviavg år } n + 1)$$

3.3.4 Exempel på ett statligt energisparlån per lånad krona

Man får låna 30 % av Staten med 13 % ränta och 15 års amorteringstid och 70 % som hypotekslån i kreditinstitut med 12,95 % ränta och 15 års amorteringstid med rak amortering. Med dessa förutsättningar blir kapitalkostnaden för varje lånad krona enligt figur 3.2.

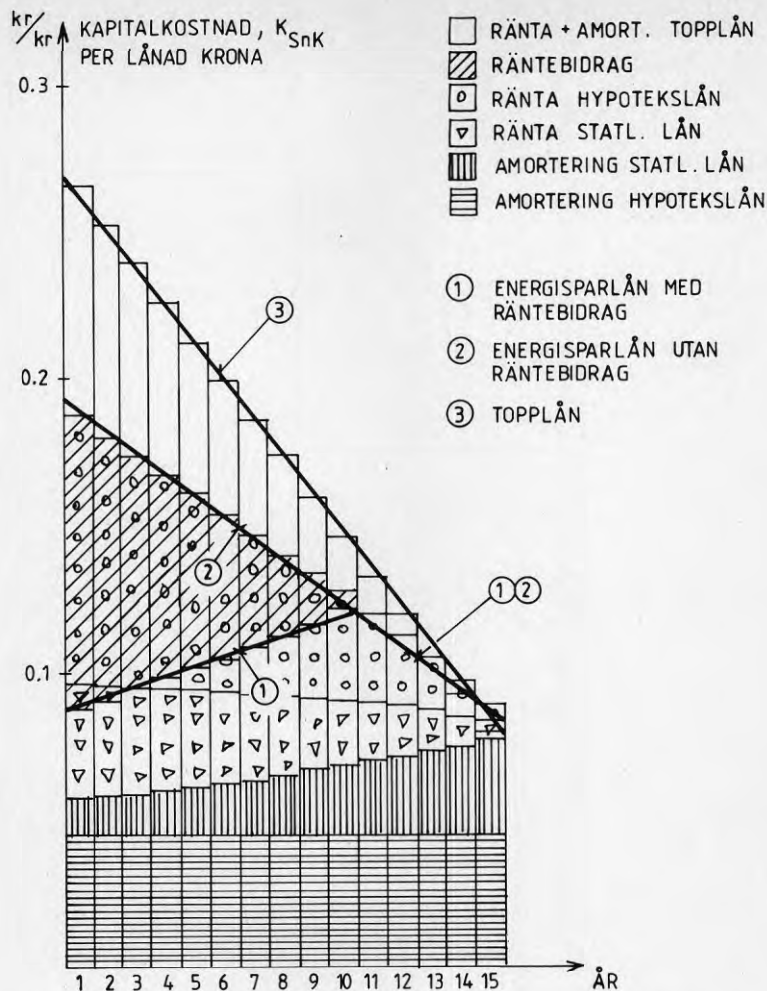


Fig 3.2 Kapitalkostnad per lånad krona för olika lån.
Frånluftsvärmepumpar i Stockholms kommun (1982).

Av detta exempel ser man att räntan börjar med 3 % första året och ökar med 0,25 % per år, vilket är den ränta Staten garanterar sig. Om kreditinstitutets låna har högre räntesats ökar räntan man betalar med skillnaden mellan den och det räntetak Staten bestämt det aktuella året.

Staten reviderar räntorna år från år och i exemplet har det antagits att årets ränteläge ligger fast i 15 år, vilket kan representera det gynnsammaste fallet.

Med räntebidrag blir kapitalkostnaden år 1 0,09 kr/kr.
Utan räntebidrag skulle kapitalkostnaden år 1 bli 0,19 kr/kr.

Utan energisparlån med en ränta på 20 % och rak amortering på 15 år blir kapitalkostnaden år 1 0,27 kr/kr. Se figur 3.2.

3.4 Investeringskostnader

Värmepumpar	9 · 17 kW = 9 · 40 000	360 000
	3 · 27 kW = 3 · 50 000	150 000
Akkumulatortankar	totalt 6 m ³	80 000
Kylbatteri + filter (ESSB)		130 000
D:o installation		40 000
Komplettering av reglerutrustning		40 000
Rörinstallation	930 m PEX, isolering à 40 kr	} 90 000
	150 m koppar, " " 80 kr	
	50 m stål, " " 60 kr	
	omdragn, armatur m m 40 000	
Bygg		20 000
El		40 000
Projektering, byggherrekostnader		90 000
Oförutsett 10 %		100 000
		<u>1 140 000</u>
Moms 12 %		137 000
Totalt		<u>1 277 000</u>

(Ovanstående antaganden tillsammans med årskostnadsbesparingen enligt 3.2 ger en payoff-tid på drygt 8 år.)

3.5 Lönsamhet

Lönsamheten kan illustreras av följande där inflationens inverkan är inkluderad. Enligt, Frånluftsvärmepumpar i Stockholms kommun (1982).

Energibesparingen per investerad krona olika år:

$$K_{SnK} = \left(\frac{E_Q}{K} - 0,015 \right) \cdot (1 + i)^n$$

E_Q = energibesparing i kr/år

K = investeringskostnad

i = inflationen, sätts till 8 %

n = år

0,015 = underhållskostnad (kr/investerad krona, 1,5 %)

$$K_{SnK} = \left(\frac{172\ 000}{1\ 277\ 000} - 0,015 \right) (1 + 0,08)^n = 0,12 \cdot (1,08)^n$$

Första året är $n = 0$ vilket ger $K_{SnK} = 0,12$ kr/kr.

Med detta utgångsvärde kan en kurva läggas in i fig 3.3. Inflationen sätts till 8 %.

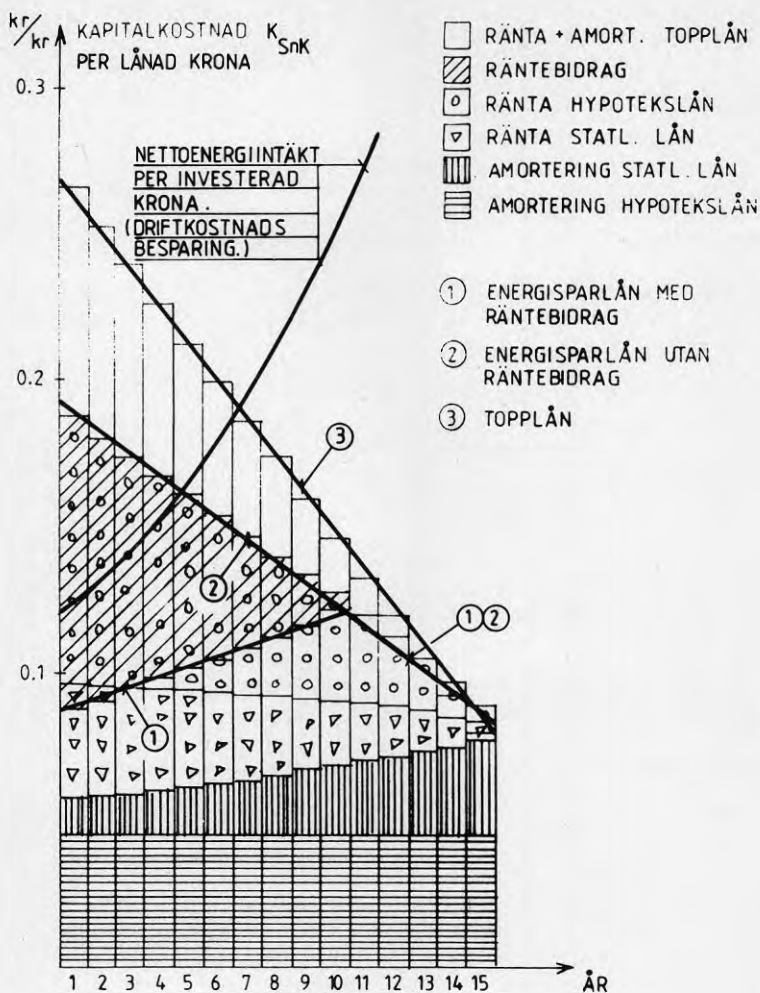


Fig 3.3 Kapitalkostnad per lånad krona för olika lån.

Ur fig 3.3 med kurvan inlagd utläses att driftkostnadsbesparingen överstiger den förväntade kapitalkostnaden redan första året. Investeringen kan därför anses lönsam trots att payoff-tiden ligger på ca 9 år. Payoff-tiden ger för denna typ av investering en dålig bild av lönsamheten.

LITTERATUR

Berndtsson, L et al, 1982, Energisnålt varmvatten i bostadshus. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport T2:1982.

Bäckström, B, Sylvester, G, 1980, Värmepumpar för tappvarmvatten. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R146:1980.

Frånluftsvärmepumpar i Stockholms kommun, 1982, AIB - Allmänna Ingenjörbyrå AB, Skandinavisk Termoekonomi AB, 1982-09-21. Opublicerad.

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

Glas, L-O, 1978, Värmepumpboken.

Kårdén, H et al, 1982, Frånluftsvärmepump för tappvarmvattenvärmning i flerbostadshus - en experimentanläggning i Nynäshamn. (Statens råd för byggnadsforskning) 1982, opublicerad.

Peterson, F, 1978, Byggnad, byggnadsdelar och inre försörjningssystem. Programplan för EFUD -78, programelement 02. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport G4:1978.

TEKNISKA MEDELANDEN nr 104, 1976, Inst. för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik KTH, Stockholm 1976:4.

VVS-handboken, 1974, Tabeller och diagram.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
811836-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till AIB — Allmänna Ingenjörbyrån AB,
Stockholm.**

R66: 1984

ISBN 91-540-4133-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704066

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms