

Konvertering av befintlig oljeeldad gruppcentral till värmepumpcentral

Thore Abrahamsson m fl

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

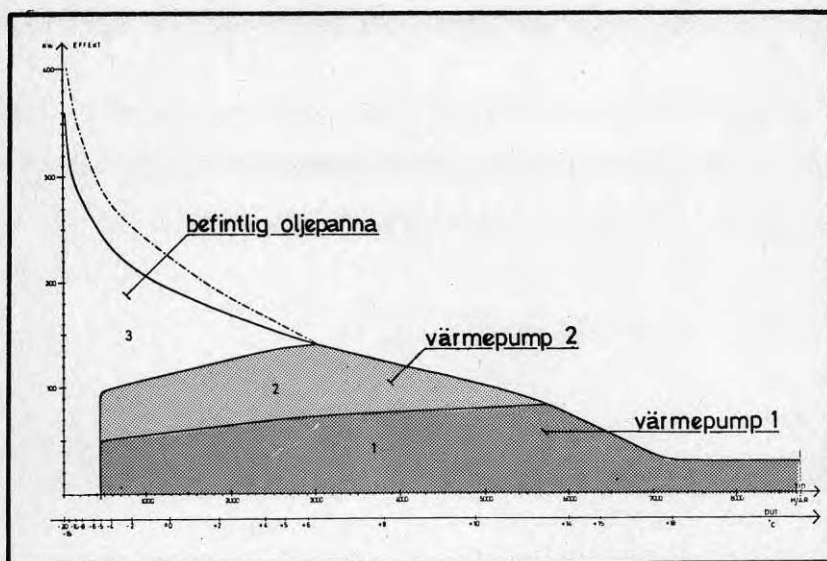
*K
9/11*

R90:1982

KONVERTERING AV BEFINTLIG OLJEELDAD
GRUPPCENTRAL TILL VÄRMEPUMPCENTRAL

Brämgårdsprojektet i Borås - förstudie

Thore Abrahamsson
Sten Jonson
Reinhold Larsson
Erik Rylander



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810684-6 från Statens råd för byggnadsforskning till AB Bostäder i Borås.

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

R90:1982

ISBN 91-540-3758-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1982

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	5
0. SAMMANFATTNING	6
0.1 Förutsättningar	6
0.2 Alternativstudie	6
0.3 Slutsatser	7
1. TERRÄNG- OCH KLIMATFÖRUTSÄTTNINGAR	9
1.1 Planeringsförutsättningar	9
1.2 Klimat	15
2. ÖVERGRIPANDE BESKRIVNING	17
2.1 Byggnaderna	17
2.2 Värmesystem	20
3. ALTERNATIVA SYSTEMUTFORMNINGAR	25
3.1 Projektets syfte	25
3.2 Systemanalys	25
3.2.1 Sol som värmekälla	25
3.2.2 Uteluft som värmekälla	26
3.2.3 Lagring i vatten	27
3.2.4 Lagring i is	29
3.2.5 Lagring i stenmagasin	33
3.3 Val av system	35
4. REDOVISNING AV ALTERNATIV	37
4.1 Alternativ 1. Luftvärmepumpanläggning	37
4.2 Alternativ 2. Värmepump med sol och uteluft som värmekälla	39
4.3 Alternativ 3. Värmepump med sol och uteluft som värmekälla samt lagring i vatten och is	41
4.4 Alternativ 4. Värmepump med luft och sol som värmekällor samt lagring i stenmagasin	45
5. INVESTERINGS- OCH LÖNSAMHETSKALKYLER	49
5.1 Alternativ 1	49
5.2 Alternativ 2	50
5.3 Alternativ 3	52
5.4 Alternativ 4	54
6. REKOMMENDATIONER	61
6.1 Utformning av anläggningen i kvarteret Brämgårdar	61
6.2 Generell tillämpning av systemet hos AB Bostäder	62

FÖRORD

Statens råd för byggnadsforskning har givit AB Bostäder i Borås ett ekonomiskt bidrag till en förstudie om möjligheterna att komplettera en befintlig panncentral med värmepump. Syftet med förstudien har varit att med ledning av erfarenheter från Brämhultsprojektet studera alternativa värmepump-tillämpningar kostnadsmässigt relaterade till entreprenadkalkyler.

Kvarteret Brämgårdar som är beläget i stadsdelen Brämhult väster om Borås centrala delar förvaltas av AB Bostäder i Borås. Arbetet med föreliggande förstudie har administrerats av AB Bostäder med direktör Ingvar Bogsjö som administrativt ansvarig och produktionschef Erik Rylander som projektledare.

Utredningsarbetet har bedrivits i en arbetsgrupp bestående av Tore Abrahamsson, RNK Installationskonsult AB, Knut-Olof Lagerqvist, statens provningsanstalt, Erik Albertson, Borås Elektrokyl AB, Sten Jonson och Reinhold Larsson, Solarec Lågenergiteknik AB. Solarec har svarat för layout och redigering av rapporten samt gjort figurillustrationer.

Thore Abrahamsson

Reinhold Larsson

Sten Jonson

Erik Rylander

O. SAMMANFATTNING

O.1 Förutsättningar

Föreliggande förstudie syftar till att nyttja lokala och generellt tillgängliga värmekällor såsom sol och uteluft samt pröva förutsättningar till lagring i vatten, is och sten.

Klimatförhållandena i Borås är relativt ogynnsamma vad avser sol. Klara dagar förekommer mest under våren. I genomsnitt är antalet klara dagar 5 per månad. Nederbörden är störst under perioden juli, augusti, september och oktober med i genomsnitt en normalnederbörd på 100 mm per månad.

Den relativa fuktigheten varierar mellan 70 och 90%. Den är högst under höst- och vinterperioden.

Möjligheterna att placera solfångare på byggnadernas tak har studerats. Denna studie pekar på en maximal möjlighet på 300 m² solfångaryta. Detta har fått bilda utgångspunkt för de alternativstudier som utförts beträffande solfångarkapaciteten.

Oljeförbrukningen sänktes från 36 lit/m² i början av 70-talet till ner mot 25 lit/m² i slutet av 1970-talet genom panntrimning och tilläggsisolering. Uppvärmningskostnaden har trots detta haft en dramatisk utveckling från ca 40.000:- kr år 1971 till 250.000:- kr för år 1981.

O.2 Alternativstudie

Alternativ 1 är ett basalternativ med värmepump och luft som primär värmekälla.

I alternativ 2 har luftkylarna kompletterats med solfångare och ett värmelager. Med antaganden från mätresultaten i Brämhult har solfångarsystemet beräknats.

I alternativ 3 produceras även is i värmelagret. För produktion av is har redovisats en lösning med is-påfrysning på slingor. Tanken är att isen skall lossna från slingorna genom isavsmältning med hjälp av sol.

Alternativ 4 omfattar ett systemförslag där man förvärmer luften till luftkylaren genom att den passerar ett solvärt stenlager.

O.3 Slutsatser

I nedanstående tabell redovisas sammanfattningsvis investeringskostnaden och årskostnaden för de olika alternativen.

Alternativa anläggningar	Olja	Alt. 1 VP-luft	Alt. 2 VP-luft, sol, vatten	Alt. 3 VP-luft, sol, vatten, is	Alt. 4 VP-luft, sol, sten
Kostnader					
Investering					
Värmepump		275.000	305.000	300.000	300.000
Solfångare			380.000	380.000	380.000
Värmelager			40.000	130.000	80.000
Summa		275.000	725.000	810.000	750.000
Byggherre kostn. 21%		57.750	152.250	170.100	157.500
TOTALT		332.750	877.250	980.100	907.500
Finansiering lån 3%		100.000	100.000	100.000	100.000
13%		232.750	777.250	880.100	807.500
Avskrivning tid år		15	15	15	15
Summa kap.kostn. förräntning och avskrivning		44.383	128.617	144.528	133.297
Elenergi- kostnad	300	49.335	51.180	50.750	51.285
Oljeenergi- kostnad	250.000	68.000	62.000	62.000	62.000
Abonnem. avgift		9.500	9.500	9.500	9.500
Service 2%	4.000	6.000	14.000	16.000	15.000
Summa årskostnad 1982	254.300	177.219	265.068	282.778	271.082
1985	293.700	187.934	275.068	292.549	280.853
1990	373.675	209.688	294.902	312.383	300.675
1995	475.700	237.439	320.222	337.703	325.989

Fig. 0.1 Årskostnadssammansättning för de olika alternativen.

Som framgår av tabellen varierar årskostnaden för år 1982 från ca 180.000:- kr upp till ca 280.000:- kr. Det billigaste alternativet med luftvärmepump ger en besparing på ca 80.000:- kr per år i förhållande till nuvarande oljeanläggning. Räknat i dagens penningvärde kan inbesparingen under en 15-årsperiod för detta alternativ uppskattas till ca 1,5 milj kronor under förutsättning att oljepriset ökar 5% mer per år än inflation och elenergi-pris.

Ur strikt ekonomisk synpunkt bör därför en luftvärmepumpanläggning installeras som komplement till nuvarande oljepannanläggning. Nuvarande anläggning får då tjäna som topp- och reservvärmeanläggning och främst gå in under kalla vintermånader för att täcka stora effektbehov. Efter det att man har installerat en luftvärmepump kan det vara intressant att studera hur en konvertering sker till en solvärmeanläggning. Vilket av alternativen 2, 3 eller 4 som man skall konvertera till kan inte med hjälp av denna förstudie fastställas utan bör baseras på ett mer detaljerat beslutsunderlag.

1. TERRÄNG- OCH KLIMATFÖRUTSÄTTNINGAR

1.1 Planeringsförutsättningar

Kvarteret Brämgårdar omfattar 4 flerfamiljshus grupperade omkring en gemensam gård i Brämhults centrum ca 5 km öster om Borås centrum. Läget framgår av fig 1.1 nedan. Kvarteret är i norr omgivet av småhus och radhusbebyggelse. I öster passerar en matargata till stadsdelen Brämhults norra delar. Söder om kvarteret finns ett mindre köpcentrum omfattande post, butik och en församlingslokal.

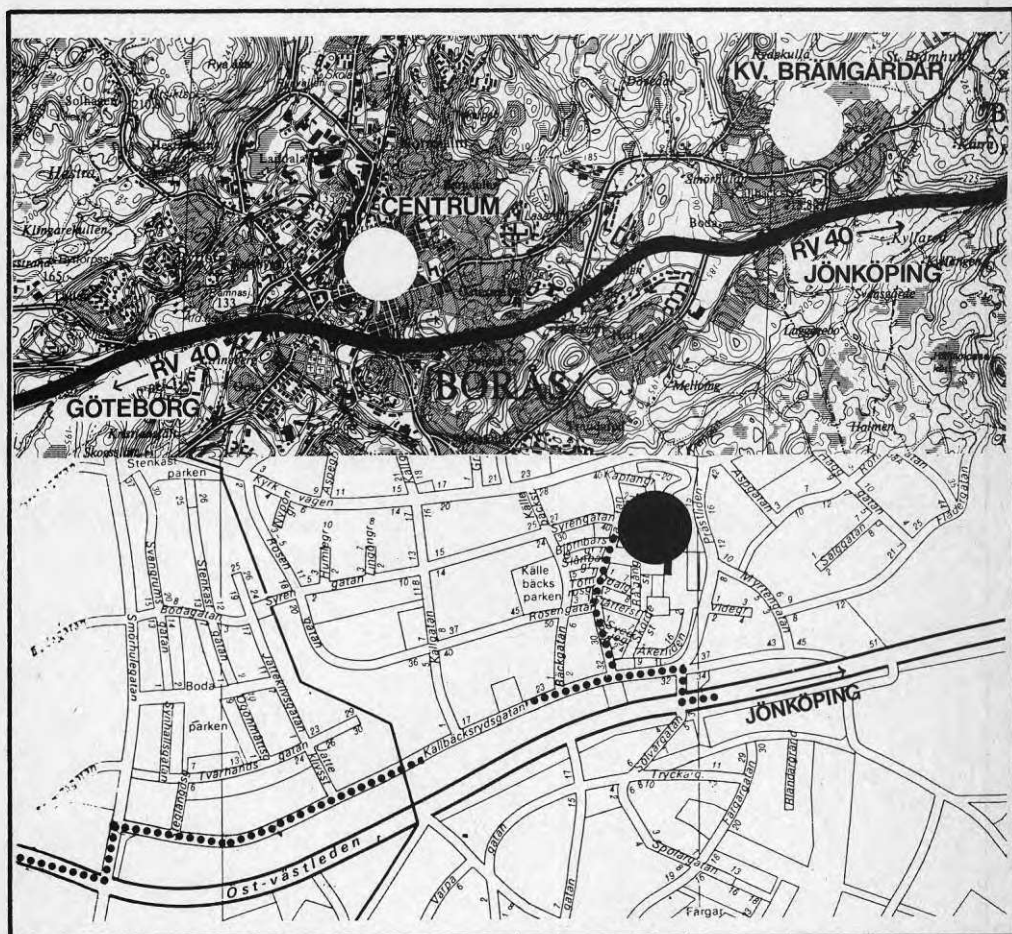


Fig. 1.1 Läge i Borås.

Av fig 1.3 framgår solfångarutformning på hus i nord-sydlig riktning och av fig 1.4 solfångarplacering på hus med öst-västlig riktning. Totalt är det tekniskt möjligt att placera ca 150 m² solfångaryta på respektive byggnadskropp, men med hänsyn till stadsbild och kostnader så är det i huvudsak på byggnaderna i öst-västlig riktning som det är lämpligt att placera solfångare. Då uppgår solfångarytan till totalt 300 m², vilka kan appliceras till relativt rimliga kostnader.

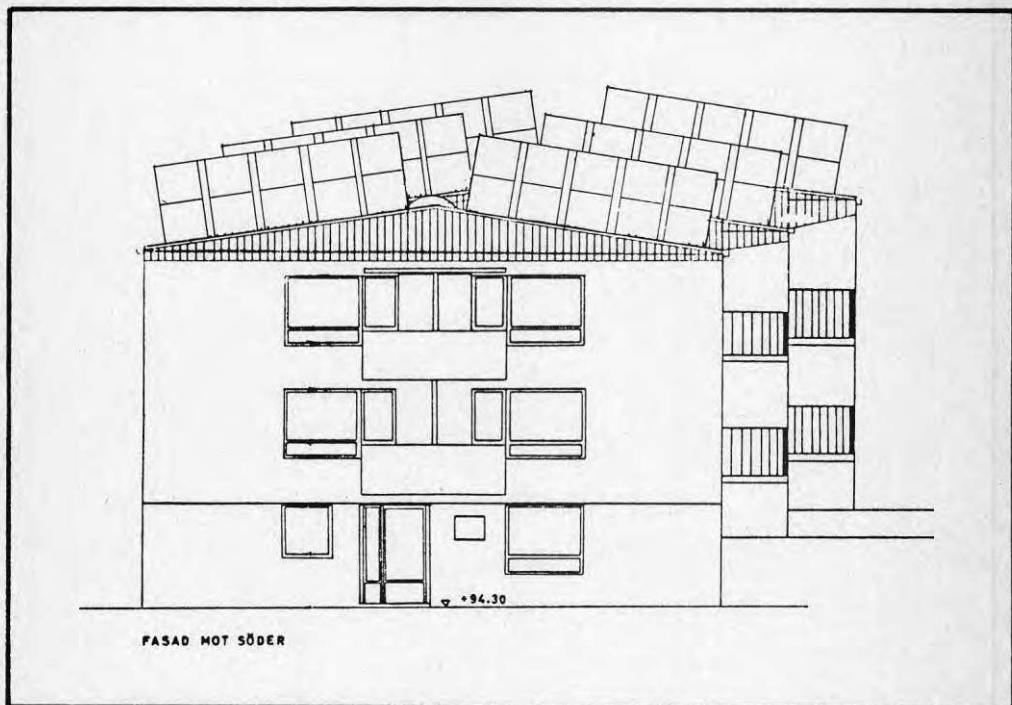


Fig. 1.3 Solfångarplacering på hus i nord/syd riktning.

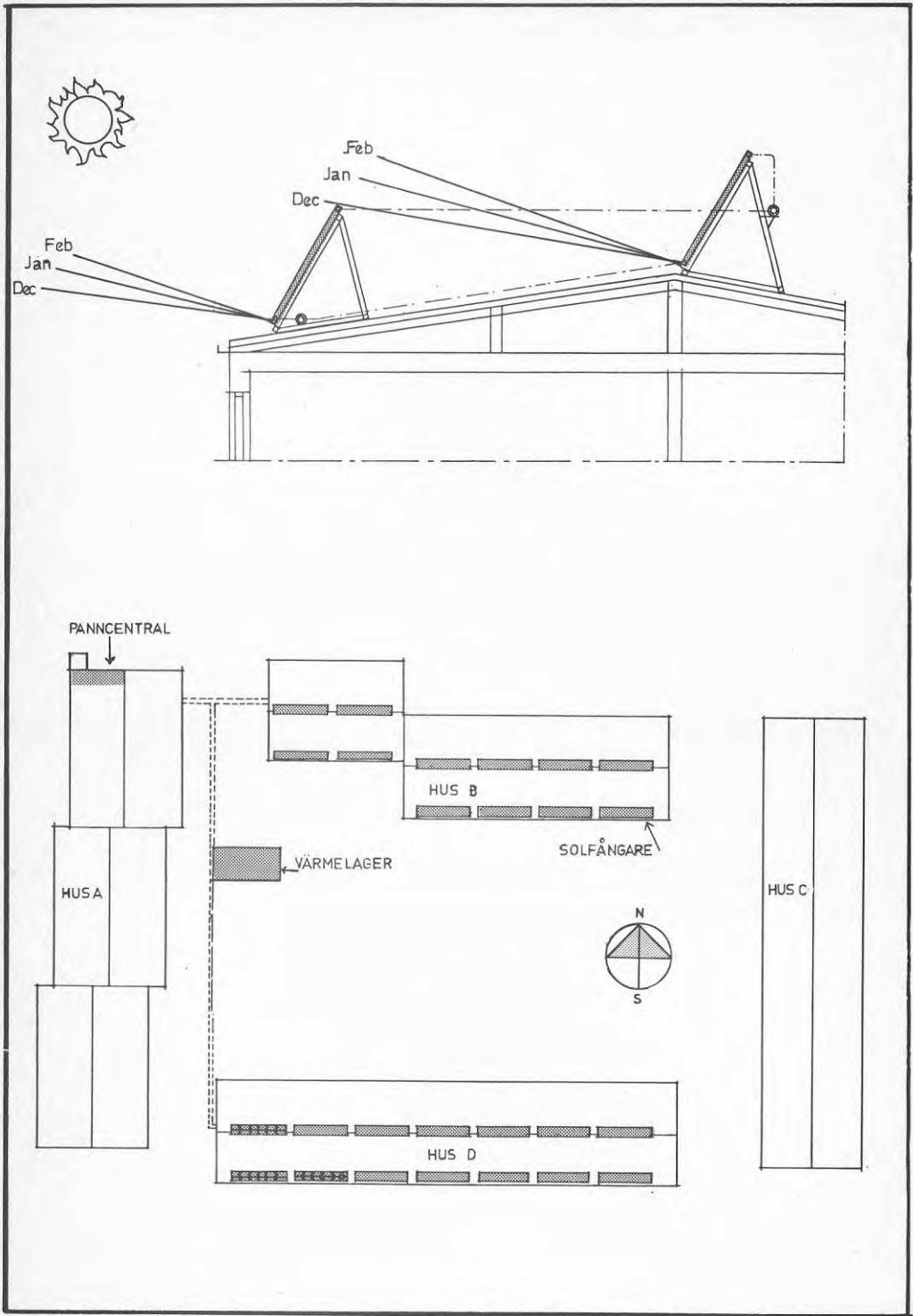


Fig. 1.4 Solfångarplacering på hus i öst/väst riktning.

Områdets utseende idag framgår av foton redovisade i fig 1.5 och 1.6.



Fig. 1.5 Foto på området Brämgårdar.



Fig. 1.6 Foto på området Brämgårdar.

1.2 Klimat

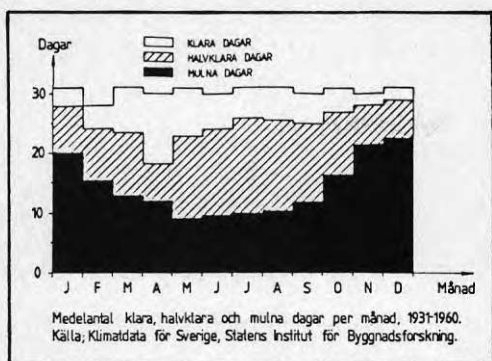


Fig. 1.7 Solförhållanden

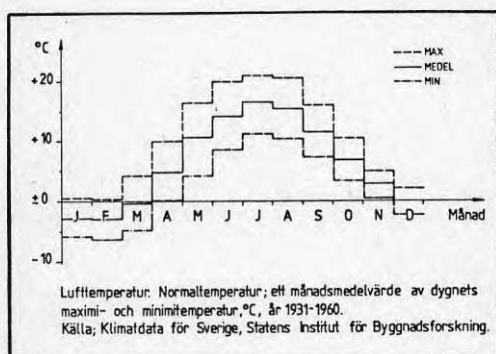


Fig. 1.8 Lufttemperatur.

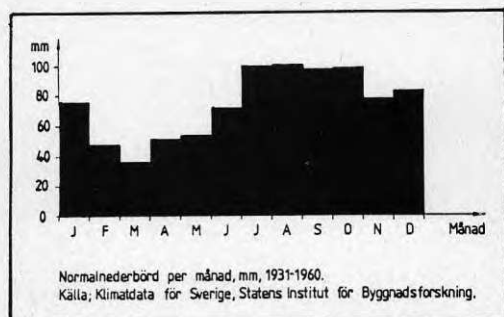


Fig. 1.9 Nederbörd.

Solförhållanden finns uppdelat på klara, halvklara och mulna dagar. Under okt-febr uppgår antalet mulna dagar per månad till 15-20. Halvklara dagar dominerar perioden maj-sept. Klara dagar förekommer mest under våren. I genomsnitt är antalet klara dagar 5 per månad.

Se fig 1.7.

Lufttemperaturen är högst under perioden maj-sept med medelvärden på $+10^{\circ}$ - $+15^{\circ}\text{C}$. Månaderna maj, april, okt och nov har medelvärden mellan $+0^{\circ}$ till $+8^{\circ}\text{C}$. Kallaste månaderna är december, januari och februari med ett medelvärde på -3°C .

Se fig 1.8.

Nederbörden är störst under sommaren. Perioden juni-okt har en normalnederbörd per månad på ca 100 mm. Nederbördfattigast är perioden febrmars med normalnederbörd på ca 50 mm per månad.

Se fig 1.9.

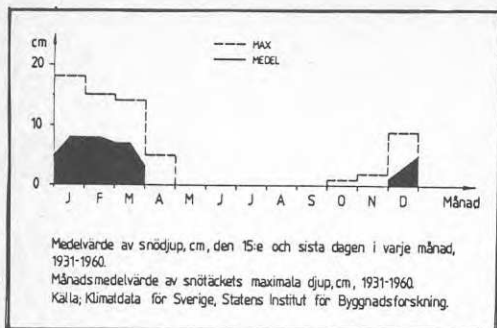


Fig. 1.10 Snödjup.

Snö förekommer normalt under december-mars med ett medelvärde på 5-10 cm snödjup.
Se fig 1.10.

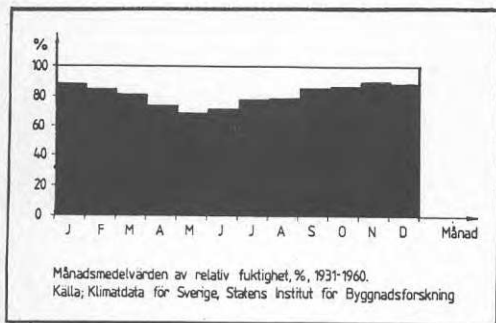


Fig. 1.11 Relativ fuktighet.

Den relativa fuktigheten är hög med variationer mellan 70-90%. Hösten och vintern är fuktigast. Maj har de torraste värdena nämligen 70%.
Se fig 1.11.

2. ÖVERGRIPANDE BESKRIVNING

2.1 Byggnaderna

Byggnaderna är uppförda i slutet av 1950-talet. Totala lägenhetsytan uppgår till 5.354 m^2 , fördelat på 84 lägenheter. Genomsnittstorleken på lägenheterna är 64 m^2 .

År 1977 genomfördes tilläggsisolering med 5 cm mineralull samt ny beklädnad av samtliga fasader. Under 1970-talet har oljeförbrukningen successivt minskat från 36 lit/m^2 1971 till 28 lit/m^2 1978. År 1980 var förbrukningen nere i 23 lit/m^2 men under 1981 ökade det till 25 lit/m^2 . Variationerna beror på de olika årens klimatförutsättningar. Av fig 2.1 framgår oljeförbrukningens utveckling under 70-talet.

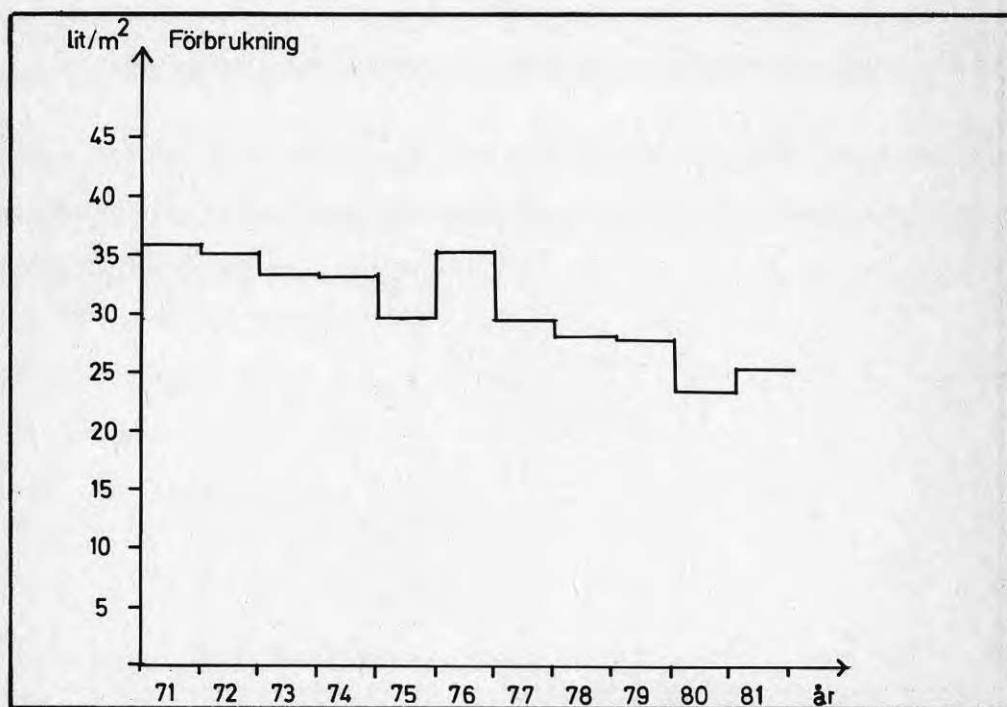


Fig. 2.1 Oljeförbrukningens utveckling för kvarteret.

Av fig 2.2 framgår oljeförbrukning och oljeprisutveckling för perioden 1971-1981. Det kan konstateras att inköskostnaden för olja i början av 70-talet låg på ca 40.000:- kronor, medan motsvarande kostnad i början av 80-talet är ca 250.000:- kronor. Inköspriset har således blivit sex gånger högre under en 10-årsperiod.

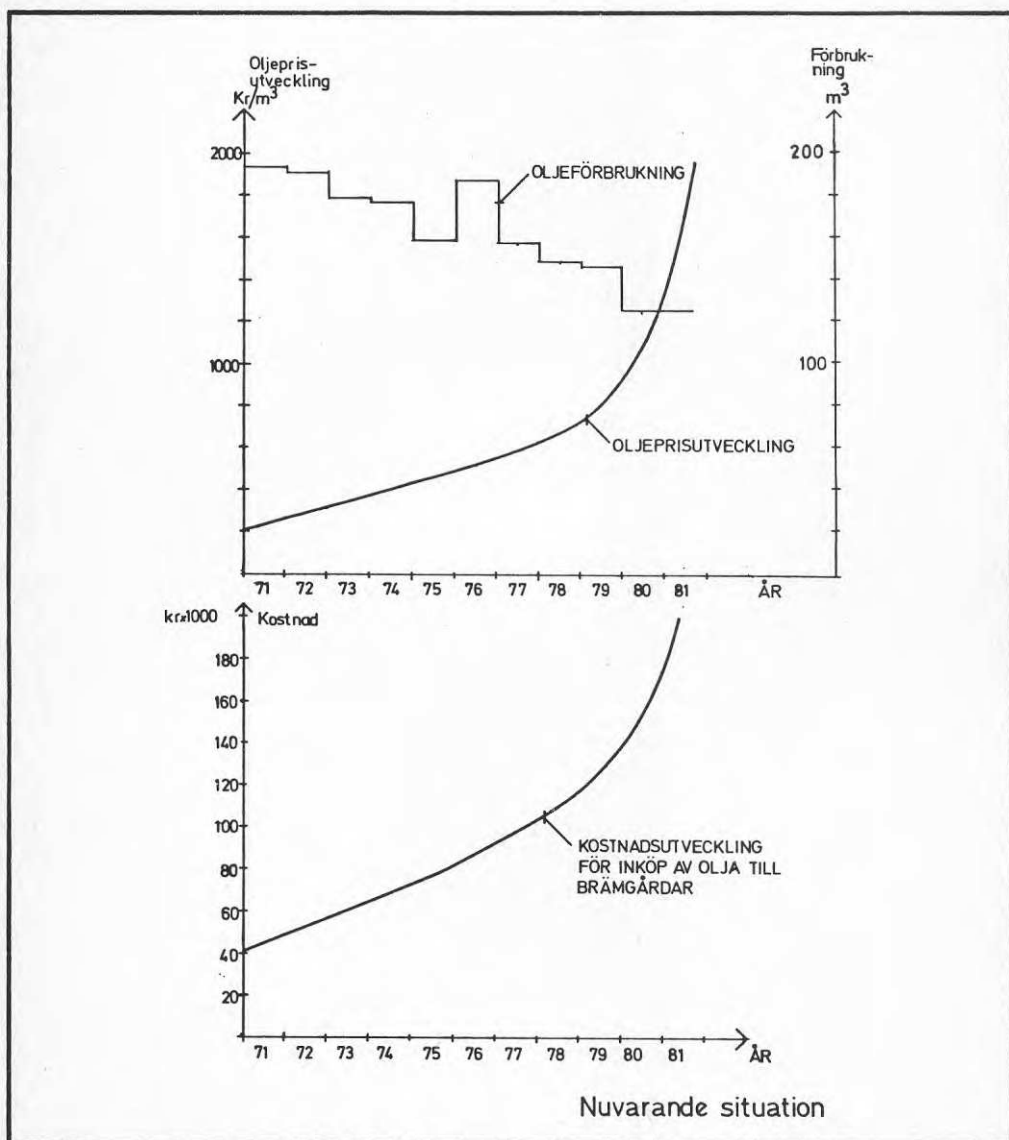


Fig. 2.2 Kostnadsutveckling för olja till Brämgårdar.

De byggnadstekniska åtgärder som vidtagits genom tilläggsisolering, tätning m m har resulterat i en betydande reduktion av oljeförbrukningen.

Att med ytterligare byggnadstekniska åtgärder minska oljeförbrukningen har inte bedömts vara ekonomiskt försvarbart.

Fig 2.3 redovisar en typisk lägenhetslösning i kvarteret och fig 2.4 fasadutformningen efter tilläggsisolering.

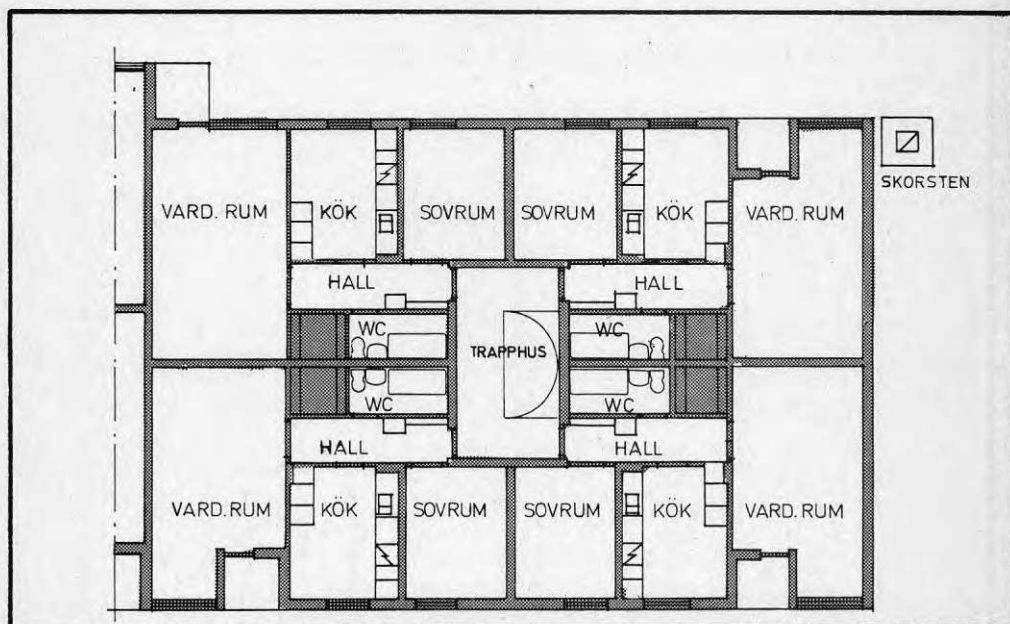


Fig. 2.3 Typisk lägenhetslösning för området.

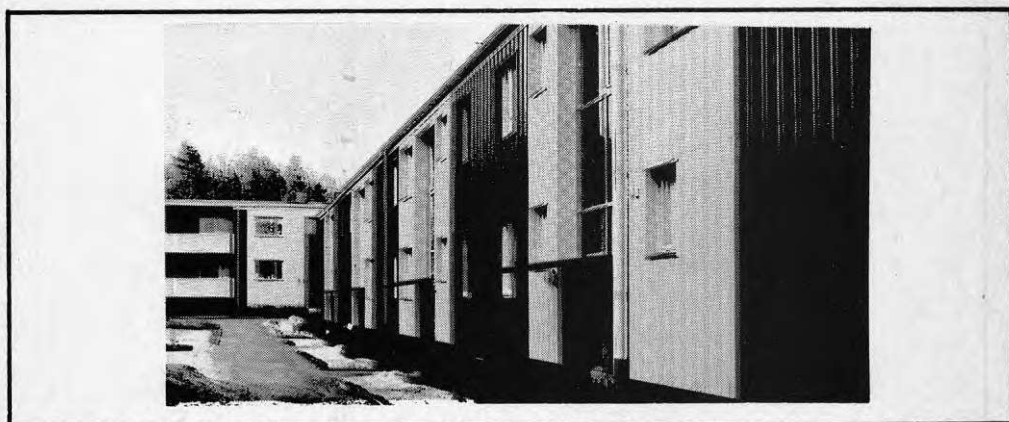


Fig. 2.4 Foto på fasadutformning efter tilläggsisolering.

2.2 Värmesystem

Flerfamiljshusen uppvärms idag av 2 större oljeeldade pannor, kompletterade med en mindre panna, som utgör reserv.

Pannornas läge i källarplan framgår av fig 2.5.

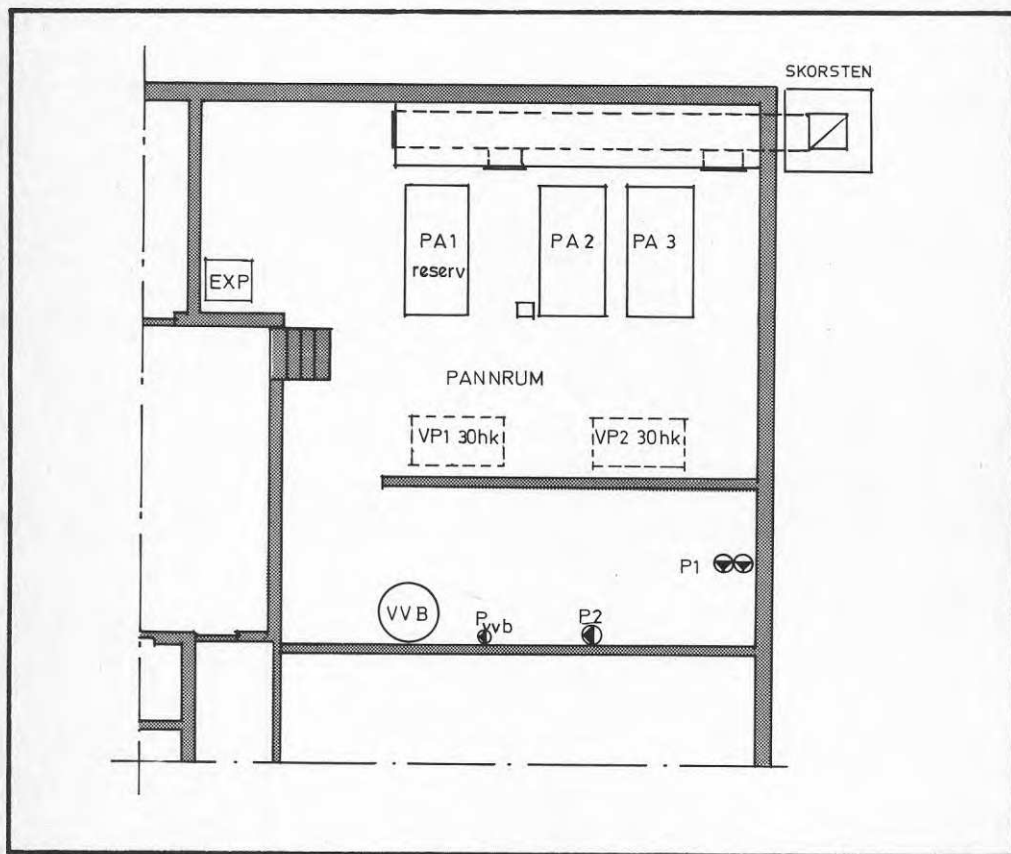


Fig. 2.5 Pannornas placering i källarplan.

I fig 2.6 redovisas pannanläggningens tekniska data. Som framgår av tabellen är den totala panneffekten 580 kW.

PANNOR	PANNA 1 (reservpanna)	PANNA 2 OCH PANNA 3
Panntyp	Norrahammar MEG	Norrahammar MEG
Tillverkn år	1967	1969
Effekt Mcal/h	125	250
Effekt ca kW	145	290
Max arb tryck	6	6
Max drifttemp °C	140	140
Normal arb. temp °C	80	80
Oljebrännare typ	Bentone	Bentone
Effekt kW	0,55	
Varv r/min	1400	2800
PUMPAR	PRIMÄR	SEKUNDÄR
Typ	Tvillingpump 2 st M90 S24 F165-6	Grundfos UMS 50-60
Effekt kW	2 x 0,75	Steg 1 0,115 2 0,310 3 0,450
Varv r/min	900	Steg 1 650 2 1180 3 1380

Fig 2.6 Tekniska data över värmeanläggning

På basis av en total oljeförbrukning av $125 \text{ m}^3/\text{år}$ samt erhållen driftstatistik har varaktighetsdiagram över effektbehovets variation under året upprättats och redovisats i fig 2.7 nedan.

Med ledning härav kan man studera olika tekniska lösningar i syfte att ytterligare reducera energiförbrukningen inom kvarteret Brämgårdar. Dessa studier kommer att redovisas i kommande kapitel.

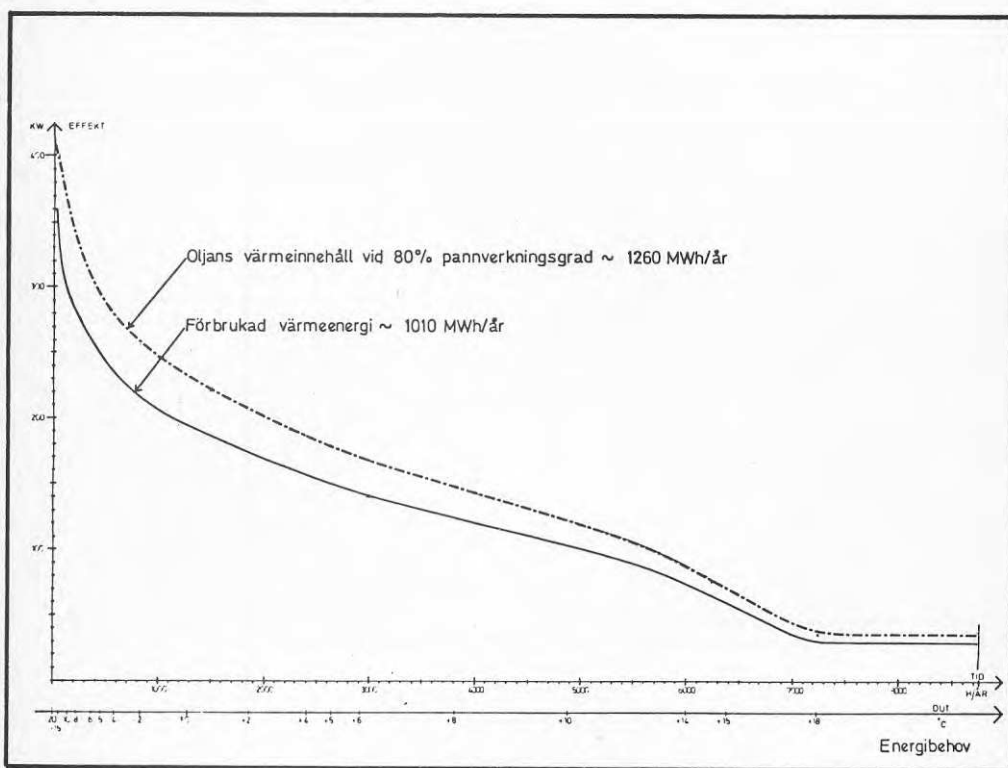


Fig. 2.7 Kvarterets energibehov.

Värmeanläggningen arbetar med normalt en framledningstemperatur på ca 80°C.

Denna temperatur är ogynnsam för värmepumpdrift. Det är därför ur denna synpunkt önskvärt att eftersträva en lägre temperaturnivå - maximalt 70°C, gärna lägre. Den befintliga pannanläggningen har ingen internshuntning, vilket innebär att panntemperaturen och utgående primär värmevattentemperatur är identiska. Utgående temperatur är därmed relativt konstant under året. Lokalt i resp hus finns shuntgrupper där utgående temperatur anpassas efter behovet.

I fig 2.8 framgår uppbyggnaden av de befintliga shuntgrupperna. Därav framgår att shuntventilen är installerad som fördelningsventil i primärkretsen, vilket innebär att temperaturen i den primära returledningen stiger vid avtagande värmebehov. Detta är ogynnsamt för en eventuell central värmepumpanläggning.

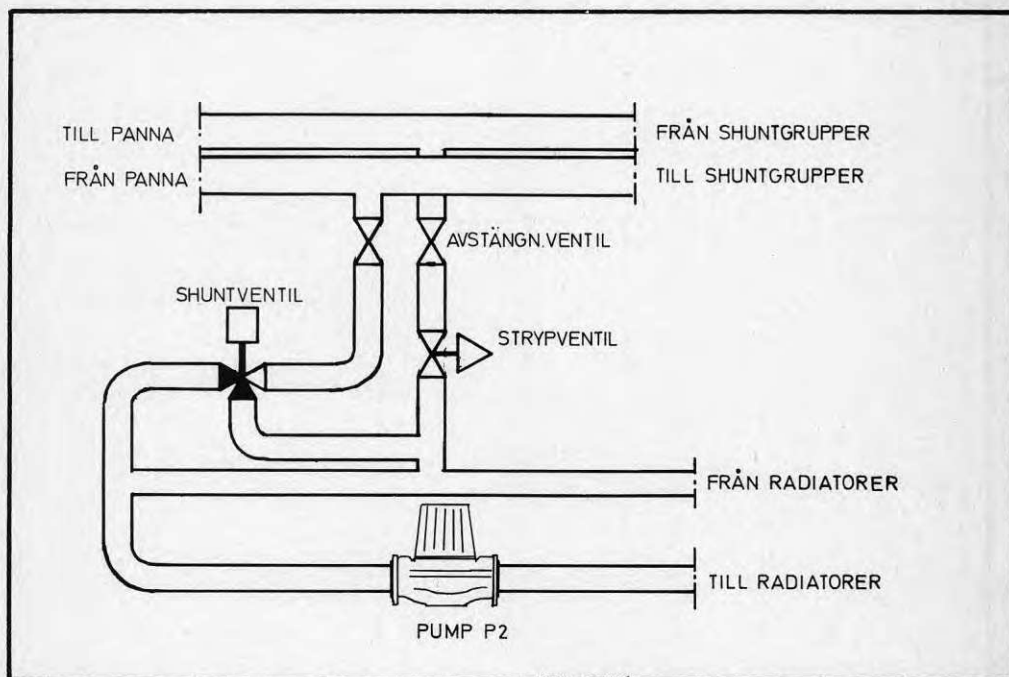


Fig. 2.8 Uppbyggnad av befintliga shuntgrupper.

I figur 2.9 redovisas framledningstemperaturen i de sekundära värmesystemen efter shuntningen. Eventuell värmepumpanläggning baserad på uteluft som primär värmekälla kan arbeta ner till en utetemperatur av ca -5°C . Erforderlig framledningstemperatur är då ca 50°C i de sekundära systemen.

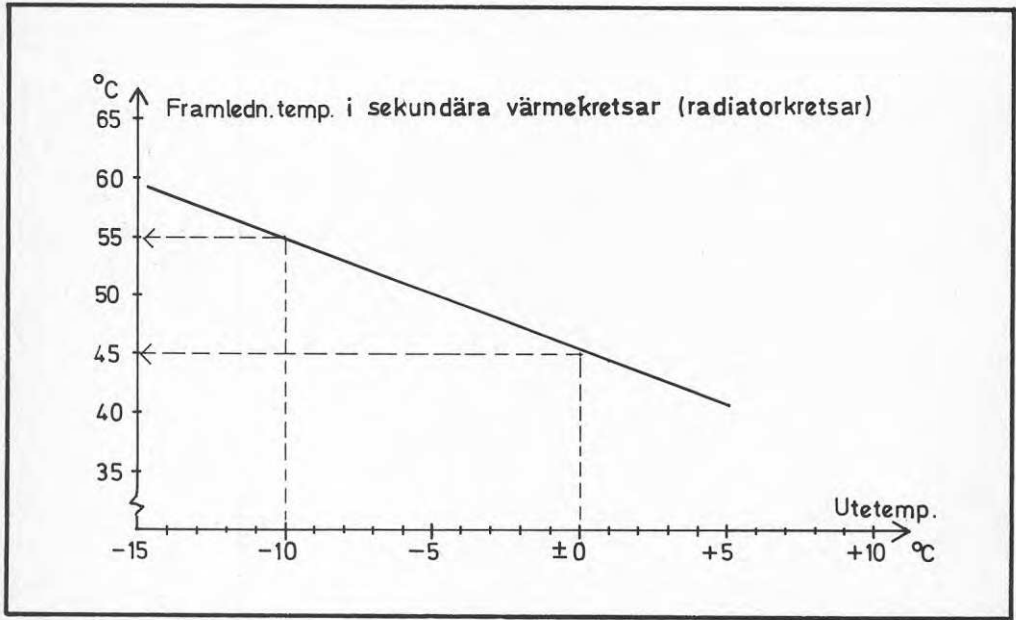


Fig. 2.9 Framledningstemperatur.

3. ALTERNATIVA SYSTEMUTFORMNINGAR

3.1 Projektets syfte

Syftet med projektet är att upprätta en entreprenadrelaterad kalkyl för dockning av en värmepumpanläggning till befintlig panncentral. Dessutom har syftet varit att beskriva hur man kan nyttja energiuttag från sol och uteluft samt använda vatten, is och sten som värmelager. Olika systemutformningar har undersökts och kalkyleringen baseras på entreprenadofferter. Redovisade kostnader är således att betrakta som verklig byggkostnad.

De olika lösningarna som redovisas i denna rapport har utformats bl a med ledning av erfarenheter från Brämhultsprojektet.

3.2 Systemanalys

3.2.1 Sol som värmekälla

Av byggnadstekniska och stadsbildsmässiga skäl är solfångarytan begränsad till maximalt 300 m^2 .

Värden på insamlad solenergi har framtagits från provningsanstaltens mätvärden i Brämhultsprojektet. Under mätåret i Brämhultsprojektet var dock solinstrålningen betydligt sämre än normalt.

I fig 3.1 har instrålad energi från mätåret omräknats till ett statistiskt normalår, då instrålningen beräknas uppgå till 1100 kWh/m^2 .

Värdena avser en yta riktad mot söder och som lutar 70° mot horisontalplanet.

Månad	Brämhultsprojektet Instrålad energi kWh/m ²	Statistiskt normalår Instrålad energi kWh/m ²	Instrålad energi på 300 m ² kWh
Jan	21,2	30	9000
Febr	61,3	68	20400
Mars	96,3	114	34200
Apr	95,7	132	39600
Maj	114,4	150	45000
Juni	88,4	142	42600
Juli	99,8	140	42000
Aug	66,5	120	36000
Sept	64,0	98	29400
Okt	42,8	66	19800
Nov	13,8	21	6300
Dec	16,9	19	5700
Summa	781,0 kWh/m ² år	1100 kWh/m ² år	330000 kWh/år

Fig. 3.1 Instrålad energi mot solfångare.

3.2.2 Uteluft som värmekälla

Uteluftens statistiska temperatur i Boråsområdet framgår av fig 3.2.

Med lämplig dimensionering kan hela energibehovet ned till exempelvis -5° utetemperatur täckas med hjälp av en luftvärmepump.

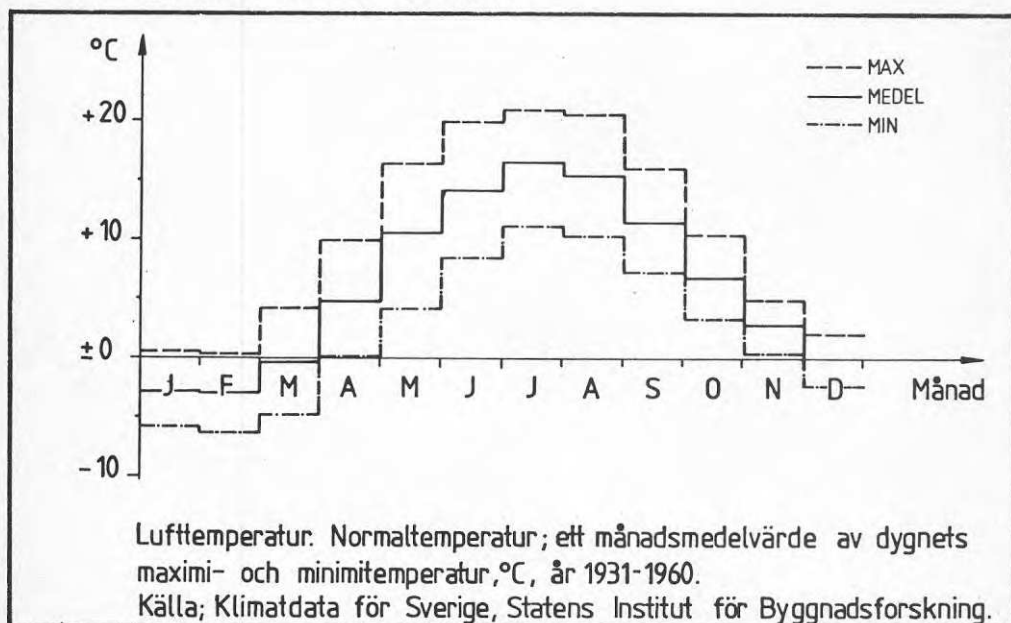


Fig. 3.2 Uteluftens temperatur.

3.2.3 Lagring i vatten

I detta projekt där möjlig solfångaryta enligt föregående kap. begränsas till max 300 m^2 , är det inte intressant att lagra energin under längre tidperioder, som exempelvis genom säsongslagring från sommar till vinter.

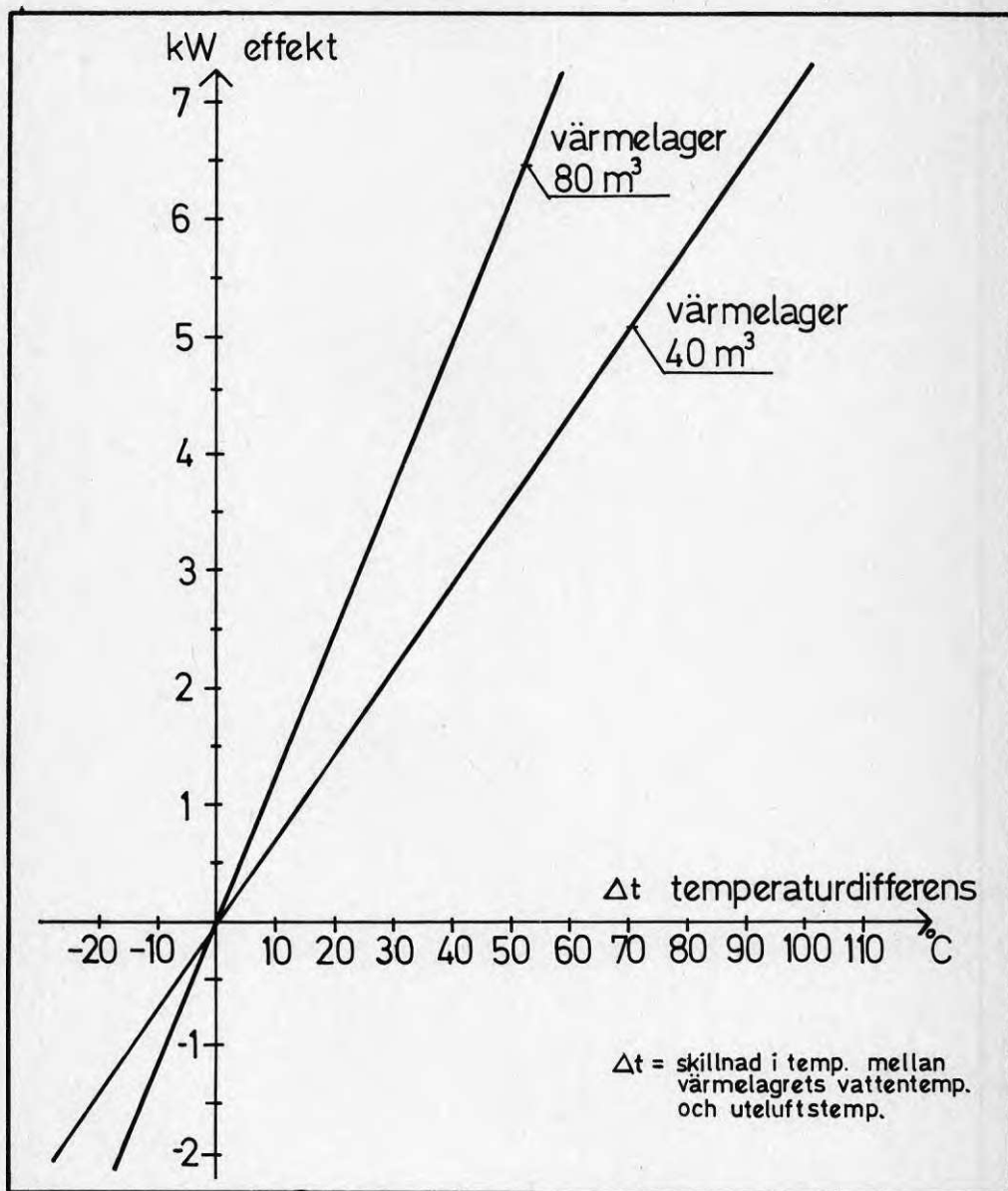


Fig. 3.3 Förluster från värmelager. Värdena i figuren avser absoluta tal och ej per volymenhet.

Även under perioder på ett par månader är förlusterna från ett lager så stora att några större lagervolymer inte är motiverade. Detta framgår av fig 3.3 som exempelvis visar att vid en temperaturdifferens på 10° är förlusterna ca 1 kW i ett värmelager på 80 m^3 . Vid 40°C temperaturdifferens är förlusterna fyra gånger högre. Beräkningarna gäller för ett markförlagt värmelager i träbassänger med 10 cm isolering i såväl lock som väggar.

3.2.4 Lagring i is

I Brämhultsprojektet har möjligheterna provats att via ismaskin nyttja vattnets isbildningsvärme. I här aktuellt projekt har flera olika möjligheter med islagring diskuterats. Den lösning som har visat sig mest intressant är en ispåfrysning på slingor. Lösningen redovisas i fig 3.4.

Idén med föreslagen teknisk lösning är att man fryser is på rörslingor som sticker upp som stavar i ett vattenmagasin. Genom att solvärmes tillförs slingornas brinekrets så sker en issmältning på rörets yt-skikt och ispatronerna flyter upp till ytan. På så sätt kan en kontinuerlig isproduktion ske om solvärme finns tillgängligt för isavsmältning, och om man kan finna en lämplig teknisk detaljutformning.

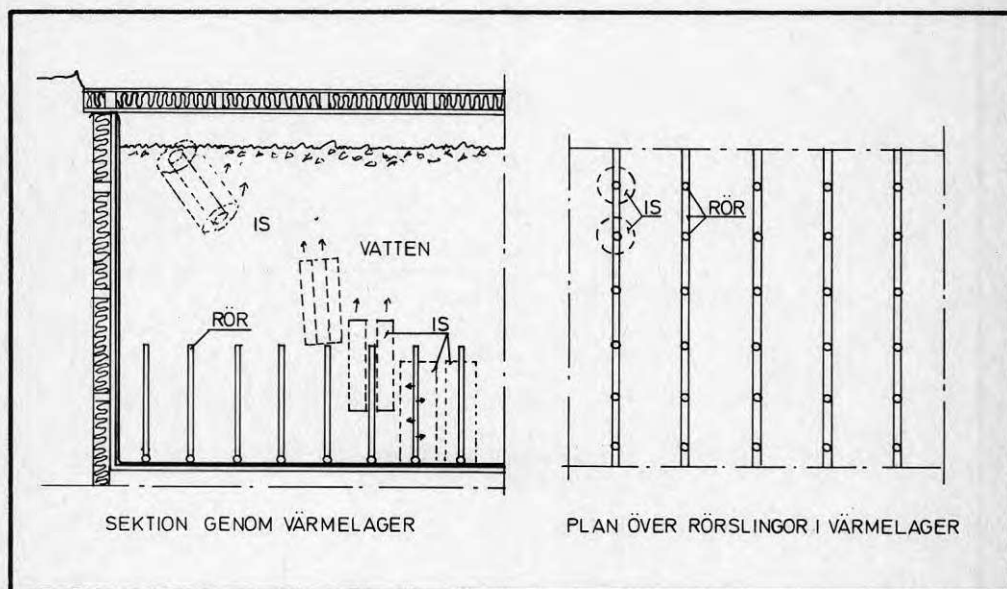


Fig. 3.4 Princip för ispåfrysning.

Av fig 3.5 framgår värmeöverföringen för olika sling-
tjocklekar.

Värmeöverföring för slingor i ackumulatorn vid olika
grad av ispåfrysning.

$$k = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i x d_r} + \frac{1}{2x \lambda_{is}} \ln \frac{d_{is}}{d_r} + \frac{1}{\alpha_y x d_{is}}}$$

Istjock- lek mm	k,		W/lm, °C	
	d _r = 15 mm		20 mm	
	α _y = 40	α _y = 80	α _y = 40	α _y = 80
0	2,15	4,24	2,87	5,65
5	3,16	5,57	3,45	6,19
10	3,82	6,12	4,45	7,21
15	4,25	6,29	4,86	7,30
20	4,52	6,30	5,12	7,24
25	4,68	6,22	5,28	7,12
30	4,78	6,11	5,37	6,97
40	4,85	5,88	5,42	6,66
50	4,84	5,65	5,39	6,37

Fig. 3.5 Värmeöverföring vid olika istjocklekar.

Den typ av värmelager som har diskuterats utgörs av plastbeklädda träbassänger som förläggs under mark som framgår av fig 3.6. I ett värmelager på 40 m^2 kan med tidigare redovisad stavlösning förläggas ca 1000 löpmeter rörslingor.

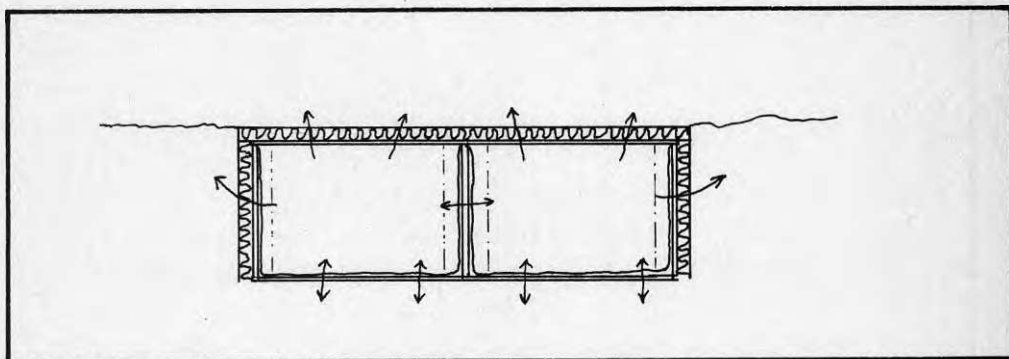


Fig. 3.6 Princip för värmelager.

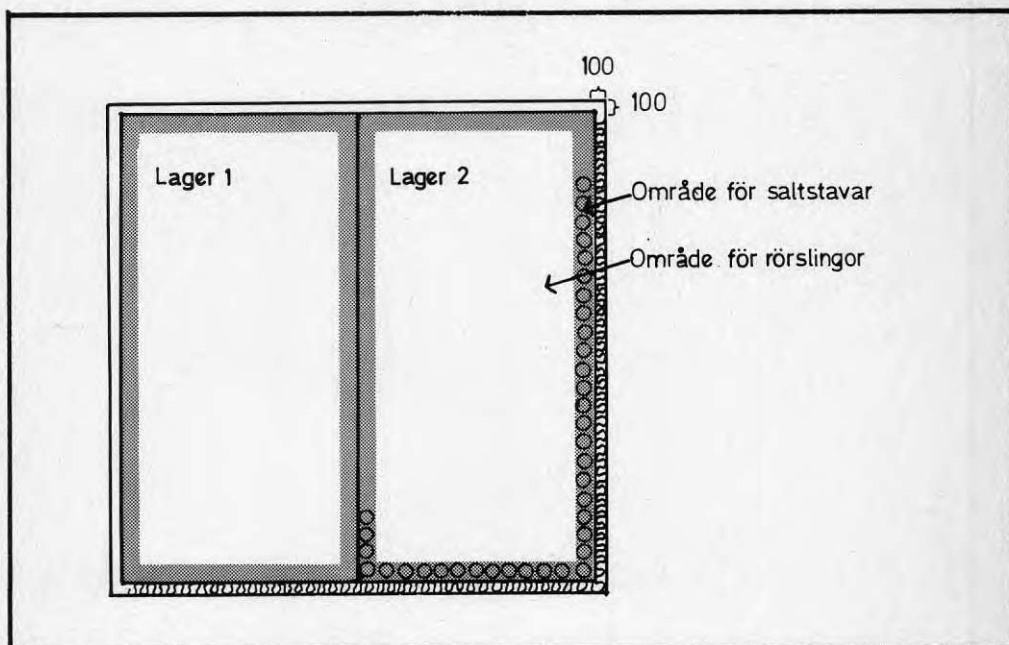


Fig. 3.7 Placering av rörbatteri och saltstavar i värmelagret.

I två värmelager på totalt 80 m^3 vatten finns möjligheter att få ner 2000 löpmeter slingor. På 2000 löpmeter rör kan produceras 27 m^3 is motsvarande ett värmeinnehåll på 2400 kWh. Runt bassängens kanter kan appliceras stavar med saltlösning, på så sätt kan en bassäng på 40 m^3 erhålla en total värmekapacitet i temperaturområdet $0-22^\circ$ på 10.000 kWh.

Isstavlösningen har prövats genom byggandet av en prototyp som framgår av fig 3.8.

Laboratorieförsök visar att den tekniska lösningen fungerar men att den sannolikt är mest lämpad att pröva på botten av vattendrag där man på ett naturligt sätt kan föra bort isen genom rörelser i vattnet och med hjälp av isavsmältning från solfångare. Vattendrag som åar och älvar med begränsad yta synes mest intressant.

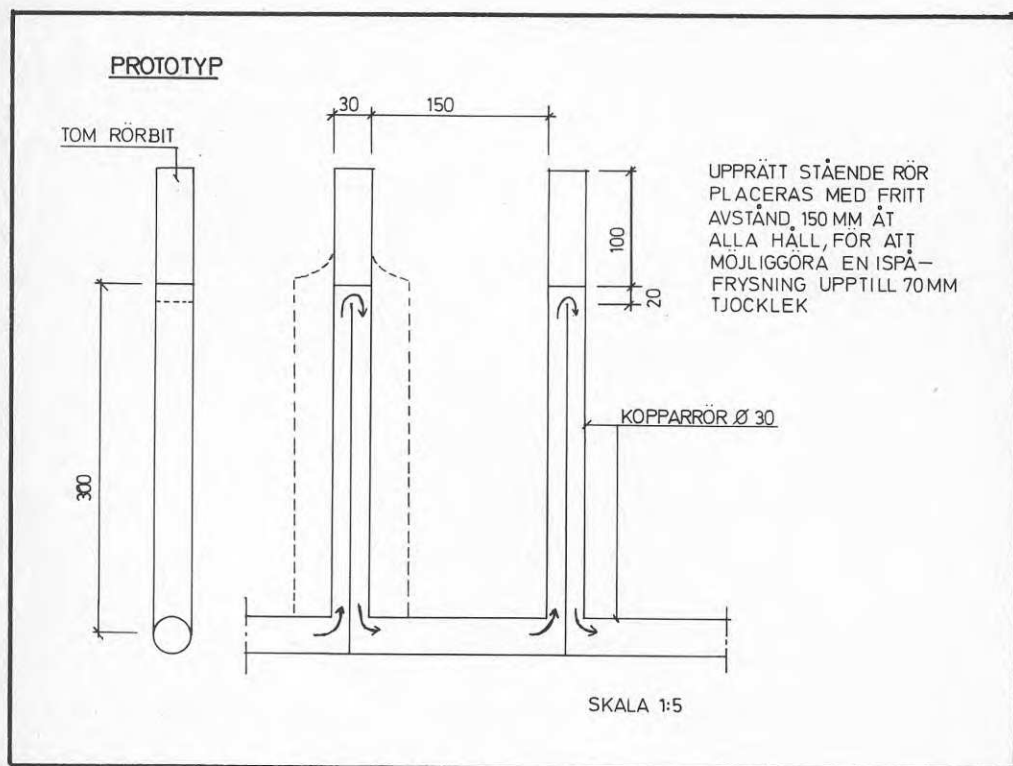


Fig. 3.8 Prototyp av rørbatteri.

3.2.5 Lagring i stenmagasin

För att erhålla en rättvis jämförelse mellan olika lagringsformer måste man ta hänsyn till dödvolymer, volym för värmeväxlare, behållare etc. Vid lagringsmaterial avsedda för uppvärmning av bostäder är det materialets värmekapacitet per volymsenhet som är mest intressant. Därmed är det önskvärt att ämnet har låg molvolymer. Om stenmaterial skall användas bör man överväga att nyttja järnmalmen magnetit. Magnetit har en normal värmekapacitivitet på 0,8 J/gK, vilket är normalt för de flesta stenmaterial, men får på volymbas ett nästan lika högt värde som vatten på grund av sin densitet.

Av tabellen nedan framgår specifika värmekapaciteten hos några material.

Material	J/gK	$\text{kJ/m}^3 \times \text{K}$
Vatten	4,2	4200
Is	2,0	1900
Betong	0,9	2100
Trä	1,9	900
Tegel	0,8	1700
Aluminium	0,9	2500
Järn	0,5	3900
Magnetit	0,8	4100
Luft	1,0	1

Fig 3.9 Tabell på specifika värmekapaciteter

Dödvolymer blir större i ett stenmagasin än i ett vattenlager, men å andra sidan kan stenmagasinet utformas på ett enklare sätt.

Stenmagasinet bygger på principen, packad fast bädd. Lagringsenheten är packad med fasta kroppar med direkt kontakt med värmeöverföringsmediet luft.

Magasinet utformas så att luften hela tiden strömmar vertikalt genom stenmagasinet, se fig 3.10 som visar stenmagasinets principutformning.

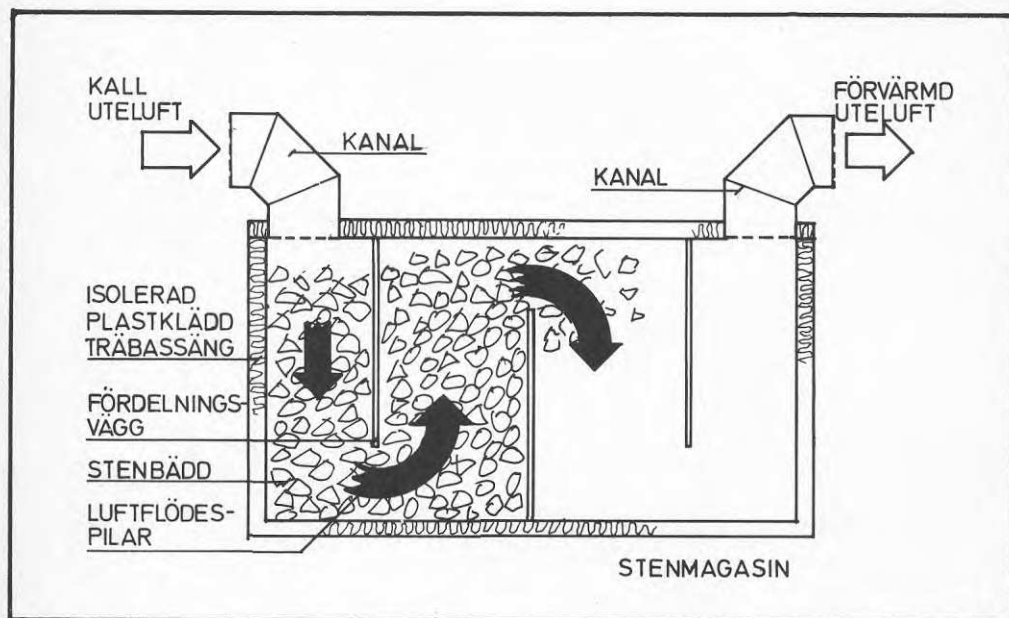


Fig 3.10 Principutformning av stenmagasin

Stenstorleken måste väljas noggrant dvs en optimering måste ske mellan olika faktorer. Faktorer som är av betydelse kan vara

dels måste stenarna vara tillräckligt stora för att förhindra stora tryckfall, vilket annars leder till större effektbehov för fläktar.

dels får stenarna ej heller vara för stora, så att de temperaturgradienter som uppträder i stenarna ej försvårar temperaturskiktningen.

Genom att värmeväxla kall uteluft med exempelvis energi från solfångare eller rökgaser från befintlig pannanläggning kan temperaturen i stenmagasinet höjas väsentligt, vilket innebär bättre effekt av värmepumpsystemet.

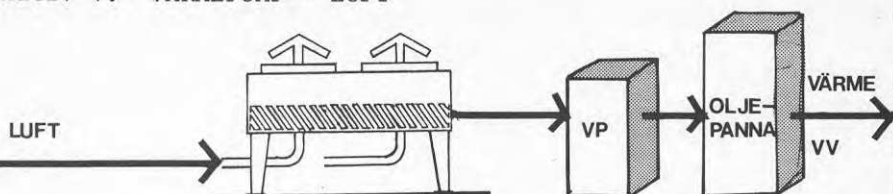
Vid enbart stenmagasin erhålls en temperaturutjämning mellan dag och natt, vilket leder till gynnsamma driftförhållanden för värmepumpsystemet.

3.3 Val av system

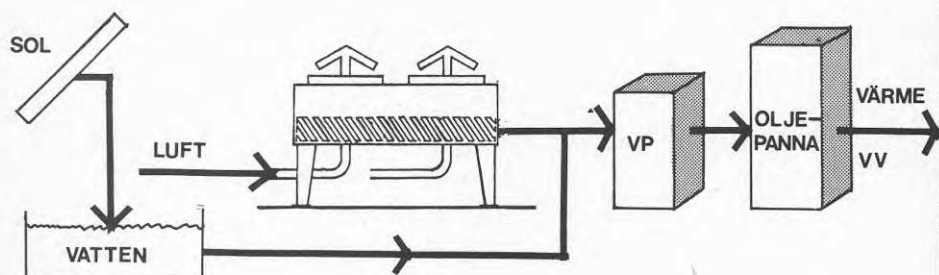
I de preliminära bedömningar som har gjorts, har det visat sig mest lönsamt och intressant med en luftvärmepumpanläggning. Detta alternativ har därför benämnts som basalternativ för dockningen och betecknas alternativ 1. I alternativ 2 har det ansetts intressant att pröva solfångare och ett vattenlager som komplement till luftvärmepumpanläggningen. I alternativ 3 har studerats en mer avancerad lagring som redovisats ovan med ispåfrysning. I alternativ 4 har solvärmen nyttjats som förvärmning till luftvärmepumpanläggningen genom att solvärmen lagras i ett stenmagasin.

De olika principlösningarna framgår av schematiska illustrationer i fig 3.11. Vid utformningen av de tekniska systemen har förutsatts att en utbyggnad kan ske med utgångspunkt från att man först installerar en luftvärmepump.

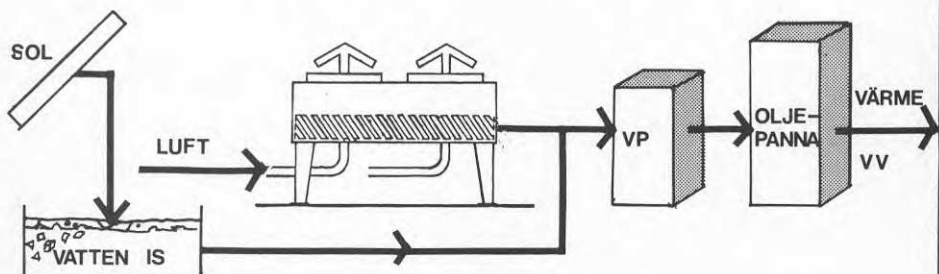
Alternativ 1. VÄRMEPUMP - LUFT



Alternativ 2. VÄRMEPUMP - LUFT, SOL OCH VATTENLAGER



Alternativ 3. VÄRMEPUMP - LUFT, SOL, VATTEN OCH IS



Alternativ 4. VÄRMEPUMP - LUFT, SOL OCH STENLAGER

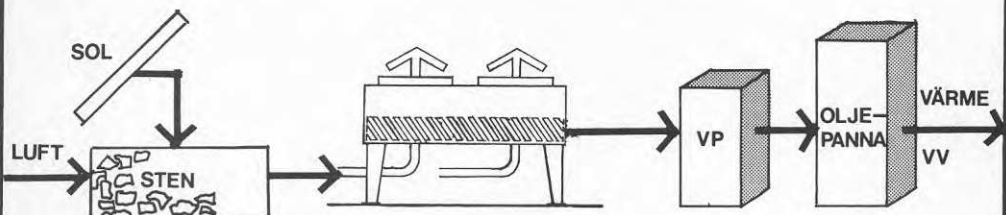


Fig. 3.11 Schematiska illustrationer av olika principer.

4. REDOVISNING AV ALTERNATIV

4.1 Alternativ 1. Luftvärmepumpanläggning

I fig 4.1 redovisas energibehovet i ett varaktighetsdiagram för luftvärmepumpanläggningen. Energiförbehovet uppgår till 1010 MWh. Detta föreslås bli täckt av två värmepumpar i kombination med befintliga pannor. Värmepump 1 arbetar med en effekt upptill 50 kW samt täcker ett energiförbehov på ca 500 MWh motsvarande 61 m³ olja. Värmepump 2 som också är på 50 kW hjälper till att täcka upp ett effektbehov på drygt 100 kW och kan under 1 år bidra med ca 240 MWh, motsvarande 30 m³ olja.

Under kalla perioder är det inte lönsamt att låta värmepumparna arbeta, utan då har förutsatts att befintliga oljepannor tillgodoser hela effektbehovet. Totalt beräknas pannanläggningen leverera ca 350 MWh motsvarande 34 m³ olja under 1 år.

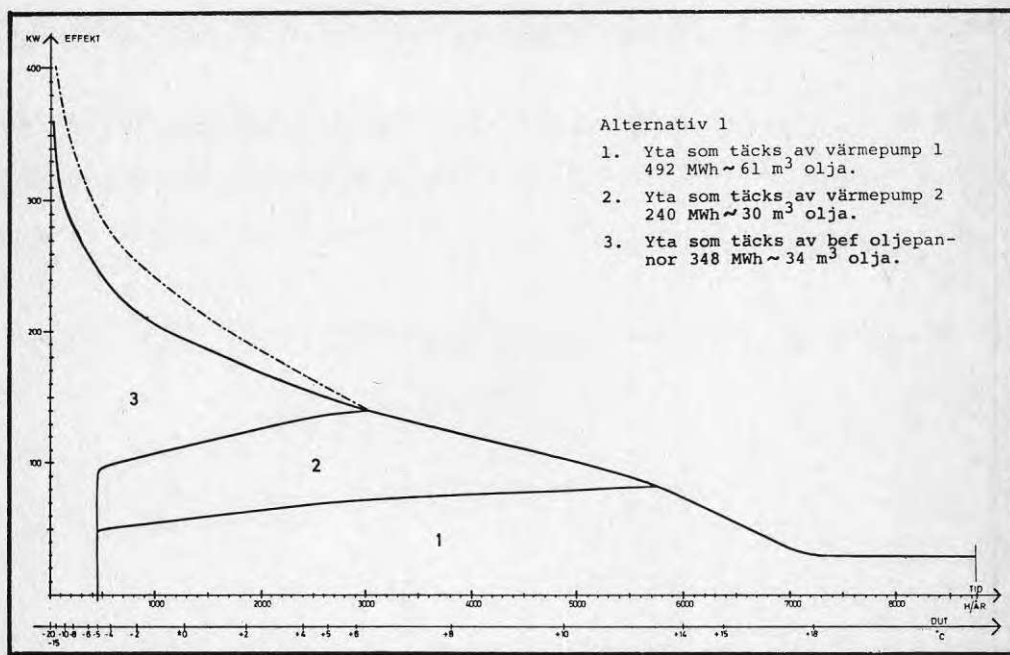


Fig. 4.1 Energibehovskurva vid luftvärmepump - alternativ 1.

Luftvärmepumpansläggningens principschema framgår av fig 4.2.

Varmvattenberedningen kompletteras med ytterligare en varmvattenberedare för att klara behovet med lägre temperatur.

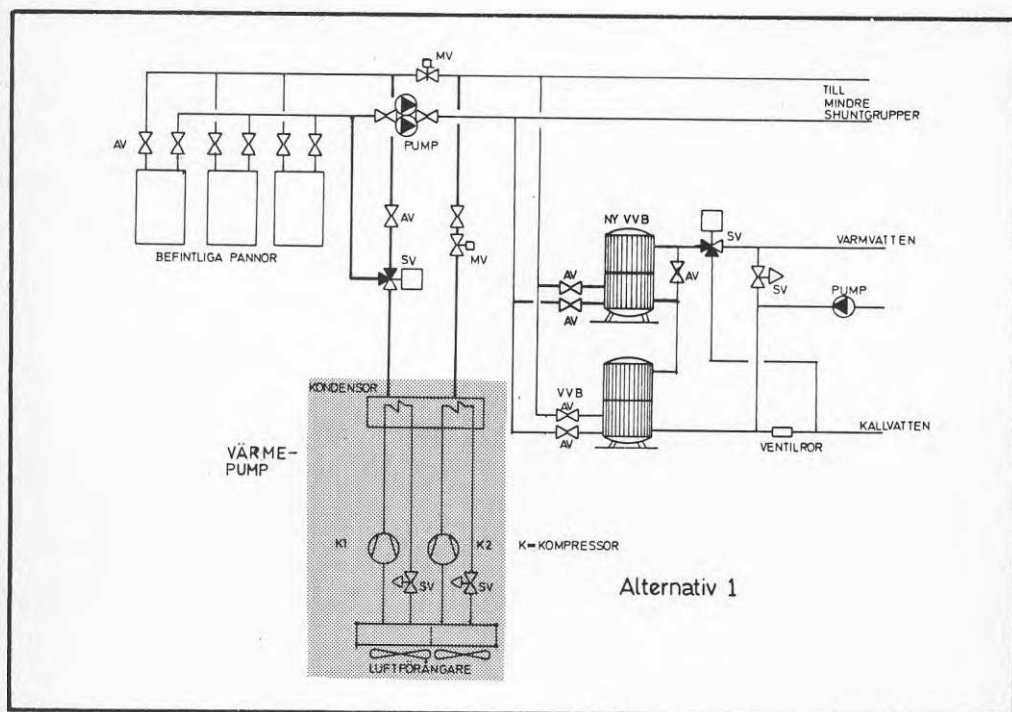


Fig. 4.2 Principschema - alternativ 1.

4.2 Alternativ 2. Värmepump med sol- och uteluft som värmekälla

Systemet är uppbyggt på fyra st värmepumpar.

2 st värmepumpar på 30 hk för luftkylning

1 st värmepump på 10 hk för kylning av solfångarkrets under sommarhalvåret.

1 st värmepump på 2 hk för kylning av solfångarkrets under vinterperioden.

Varmvattenberedningen kompletteras med ytterligare en varmvattenberedare för att klara en lägre temperatur.

Värmepumpanläggningens driftstider och de olika värmepumpenheternas energibesparing framgår av fig 4.3. Den yta som täcks av solfångare i kombination med värmepump (vätskekylaggregat) motsvarar 200 MWh. Luftvärmepumparna arbetar i fält 2 och 3 och täcker tillsammans 68 m^3 olja. Resterande energi under kalla perioder redovisas i fält 4 som motsvarar 31 m^3 olja.

I fig. 4.4 redovisas ett principschema för alt 2.

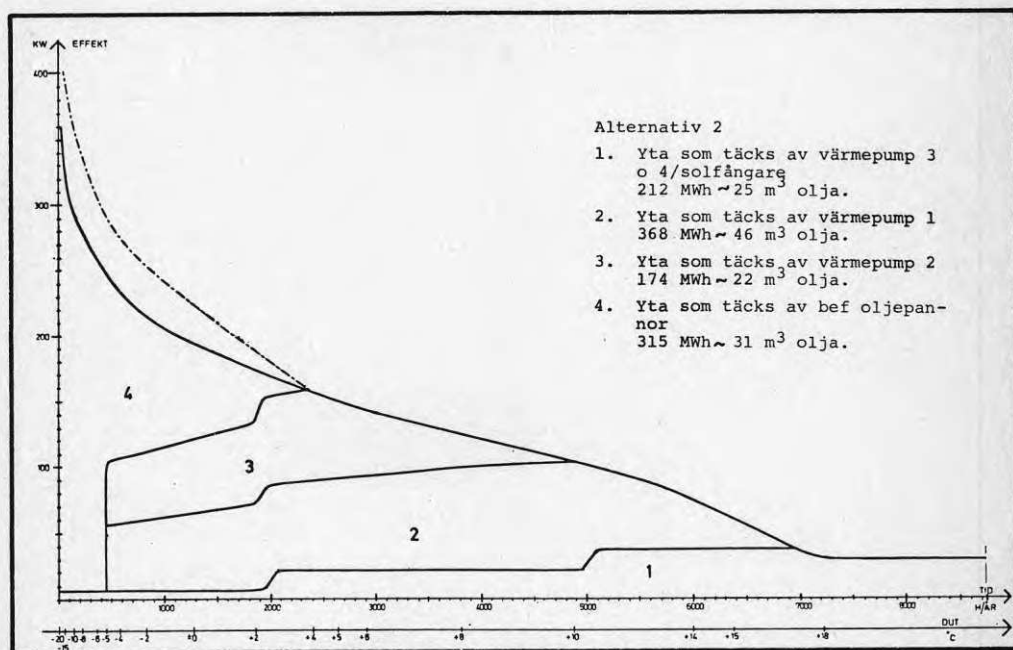


Fig. 4.3 Energibehovskruva vid luftvärmepump och solvärmepump.

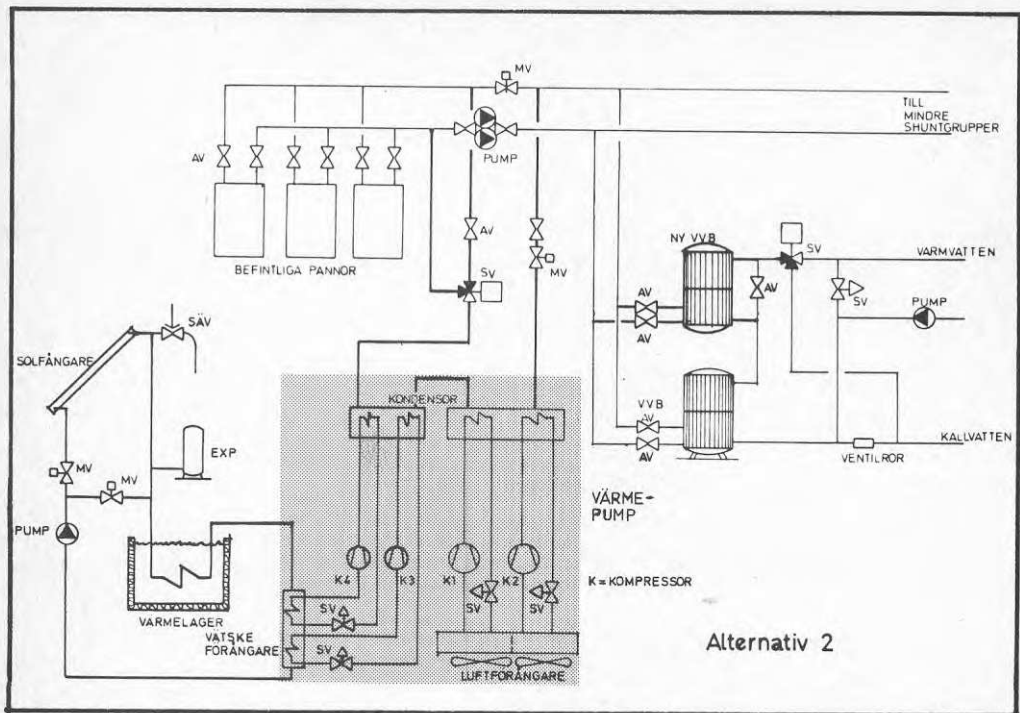


Fig. 4.4 Principschema - alternativ 2.

4.3 Alternativ 3. Värmepump med sol- och uteluft som värmekälla samt lagring i vatten och is.

Systemet är uppbyggt på 3 st värmepumpar.

2 st värmepumpar på 30 hk för luftkylning varav den ena värmepumpen även är kopplad för vätskekylning vid isproduktion.

1 st värmepump på 10 hk för kylning av solfångarkretsen under sommarhalvåret.

Varmvattenberedningen kompletteras med ytterligare varmvattenberedare för att klara en lägre temperatur.

I alternativ 3 har värmelagret kompletterats med en ispåfrysning på ett rörsystem som redovisas i tidigare kapitel.

Vid sammanställning av instrålad solenergi under vintermånaderna visar det sig att ca 60% av den instrålade energin hänför sig till perioder då utetemperaturen är under -5°C .

Isproduktion är aktuell vid temperatur under -5°C . Antag att dessa perioder är i jan och febr. Den energimängd som då kan erhållas är följande:

Januari månad

Antag systemverkningsgrad 50% av instrålad energi dvs den totala insamlade energin utgör ca 4500 kWh.

Antag att månaden har 2 kallperioder dvs då utetemperaturen är under -5°C i genomsnitt, se fig 4.5 som visar en sammanställning av temperatur och insamlad solenergi dag för dag under en vinterperiod.

Mån.	November		December		Januari		Februari		Mars	
Dag	Ute-temp	Inlagrad sol i ack kWh	Ute temp	Inlagrad sol i ack kWh	Ute temp °C	Inlagrad sol i ack kWh	Ute ttemp °C	Inlagrad sol i ack kWh	Ute-ttemp °C	Inlagrad sol i ack kWh
1	0,05	8	6,10	49	- 0,24	0	-10,94	308	1,89	846
2	0,25	19	6,91	45	- 4,17	0	- 8,52	217	- 3,05	240
3	-1,17	49	6,68	89	- 9,78	136	- 8,10	8	- 5,69	848
4	4,19	11	4,64	38	-11,36	68	- 9,22	606	- 5,97	792
5	5,14	36	2,73	4	- 4,14	4	- 9,69	459	- 3,48	0
6	2,56	13	4,27	4	- 3,17	8	- 7,17	402	- 0,16	691
7	1,97	414	3,27	348	- 3,82	6	- 8,99	29	0,41	28
8	3,60	62	-4,63	376	- 3,84	25	-12,97	572	- 0,54	30
9	2,67	189	-4,51	21	- 2,96	0	- 8,80	11	- 0,32	38
10	1,33	32	-3,09	0	- 2,81	6	- 4,39	13	- 1,28	36
11	0,37	15	-8,92	289	- 4,79	16	- 3,55	28	- 2,01	89
12	2,05	21	-12,85	140	- 5,63	36	- 2,70	4	- 1,84	51
13	1,06	23	-12,47	42	- 1,59	13	- 2,97	4	- 0,76	45
14	1,18	38	-5,81	227	- 0,50	13	- 2,99	11	- 2,30	59
15	0,39	15	-7,34	51	- 2,56	219	- 0,23	11	- 0,94	578
16	2,10	0	-6,87	0	- 3,07	312	- 0,24	144	- 0,18	748
17	2,0	0	-2,71	0	- 2,42	13	- 1,09	708	- 1,83	648
18	2,57	361	-	-	- 0,45	15	- 5,36	8	- 5,99	253
19	3,74	0	-	19	- 1,83	11	- 4,42	6	- 7,53	593
20	1,40	0	-4,59	2	- 2,64	409	- 5,32	138	- 7,49	121
21	-0,75	0	-4,73	98	- 2,94	6	- 4,50	837	- 6,01	595
22	2,21	0	-5,57	98	- 2,02	15	- 5,50	703	- 5,17	674
23	6,02	98	0,66	0	- 0,02	32	- 3,85	720	- 4,0	585
24	3,79	23	0,79	4	- 3,69	11	- 2,72	775	- 2,51	722
25	3,47	0	0,04	4	-11,90	253	- 2,22	754	- 1,35	155
26	5,43	47	0,10	0	-12,09	0	- 5,65	79	- 1,63	776
27	2,91	444	-0,20	0	- 8,48	497	- 1,76	0	- 2,75	244
28	-0,49	0	0,65	0	- 8,75	161	- 1,47	0	1,04	0
29	4,92	68	0,20	0	- 4,31	2	0,03	663	2,97	6
30	3,14	19			- 5,30	8			1,63	49
31					- 7,05	11			0,97	68

Fig. 4.5 Sammanställning av utetemp. och insamlad solenergi under en mätperiod.

Detta innebär således att den energimängd som finns tillgänglig vid första ispåfrysning är $0,6 \times 4500 \text{ kWh}/2$ perioder = 1350 kWh.

Is produceras enligt tidigare på 2000 m rör dvs ca 27 m^3 is motsvarande ca 2400 kWh. Total energimängd uppgår till $2400 + 1350 = 3750 \text{ kWh}$. Antal dygn som energi kan levereras $3750 \text{ kWh}/25 \text{ kW} = 150 \text{ h}$ eller 6,5 dygn. Energimängd som erfordras för att få bort isen är 2400 kWh. Tillgänglig energimängd $4500 - 1350 = 3150 \text{ kWh}$, $3150 - 2400 = 750 \text{ kWh}$. Energimängden för nästa påfrysning uppgår till följande: 2400 kWh (is) + 750 kWh (sol) = 3150 kWh. Antal dygn som energi kan levereras $3150 \text{ kWh}/25 \text{ kW} = 126 \text{ h}$ eller 5,3 dygn.

Februari månad

Den insamlade solenergin uppgår till ca 10200 kWh.
 Avgår energi för att smälta is från jan. $10200 - 2400 = 7800$ kWh. Tillgänglig energimängd vid första påfrysningen $0,6 \times 7800 \text{ kWh}/2$ kallperioder = 2340 kWh, dvs total energimängd vid första påfrysningen 2340 kWh (sol) + 2400 kWh (is) = 4740 kWh. Antal dygn som energi kan levereras $4740 \text{ kWh}/25 \text{ kW} = 189$ h eller 7,9 dygn. Energimängd som behövs för att få bort isen 2400 kWh. Tillgänglig energimängd: $7800 - 2340 - 2400 = 3060$ kWh. Energimängd för nästa ispåfrysning 2400 kWh (is) + 3060 kWh (sol) = 5460 kWh. Antal dygn som energi kan levereras: $5460 \text{ kWh}/25 \text{ kW} = 218$ h eller 9,1 dygn.

Totalt antal timmar under säsongen då energi kan levereras genom isproduktion.

Jan $150 + 126 = 276$ h Totalt 683 h
 Febr $189 + 218 = 407$ h

Vilket då skulle täcka in hela område 4, som framgår av fig 4.6 - energibehovskurva.

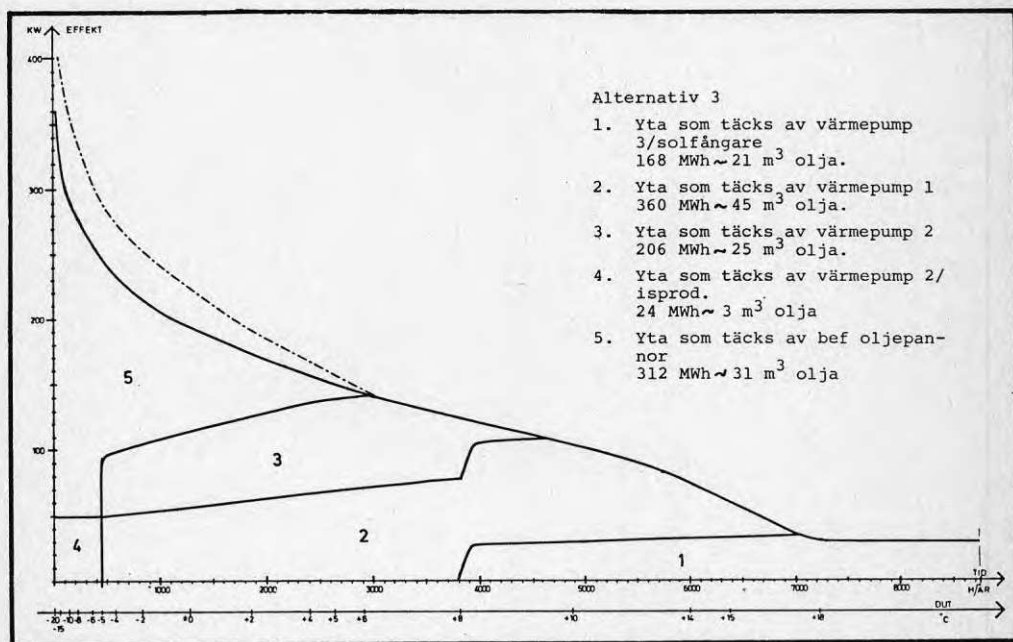


Fig. 4.6 Energibehovskurva för luftvärmepump, solvärmepump och isproduktion.

Principutförningen av alternativ 3 framgår av fig 4.7. Av varaktighetskurvan fig 4.6 framgår att isproduktionen täcker en relativt liten del av det totala energi-behovet. Energibesparingen motsvarar ca 3 m^3 olja.

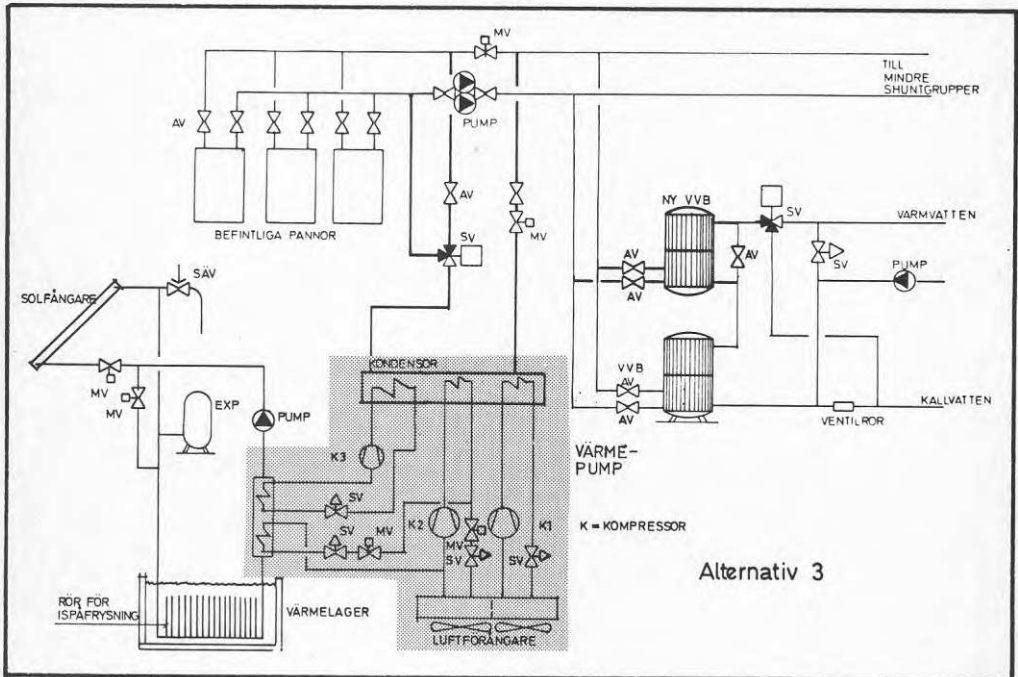


Fig. 4.7 Principschema - alternativ 3.

4.4 Alternativ 4. Värmepump med luft och sol som värmekällor och lagring i stenmagasin.

Systemet är uppbyggt på 2 st värmepumpar på 30 hk för luftkylning.

Varmvattenberedningen kompletteras med en varmvattenberedare för att klara lägre temperatur.

Anläggningen har utformats så att man förvärmer luften till värmepumpens luftförångare genom att den passerar ett stenmagasin. På så sätt kan man höja värmefaktorn hos värmepumpen och få en något bättre energibesparing än i ett fall med en ren luftvärmepump. I fig 4.8 redovisas hur stor del av det totala energibehovet som kan täckas in på detta sätt. Ca 90 m^3 olja kan sparas som framgår av varaktighetsdiagrammet. I fig 4.9 redovisas ett principalschema på anläggningen. Hur beräkningen av förhöjningen av värmefaktorn går till framgår nedan:

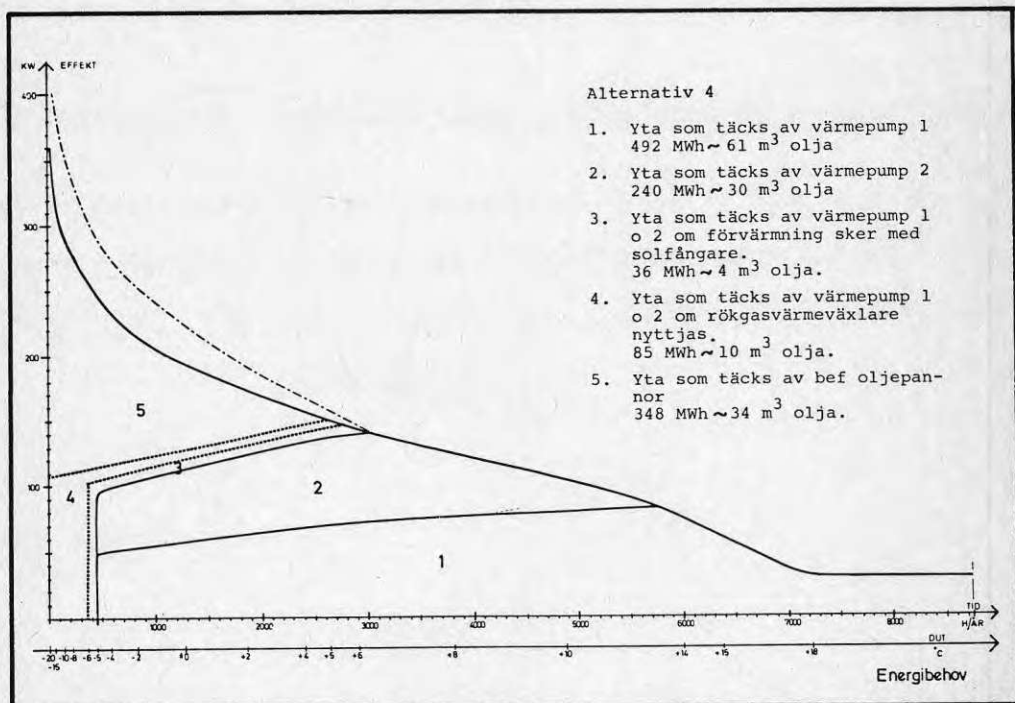


Fig. 4.8 Energibehovskurva vid luftvärmepump förvärmda av sol eller rökgaser.

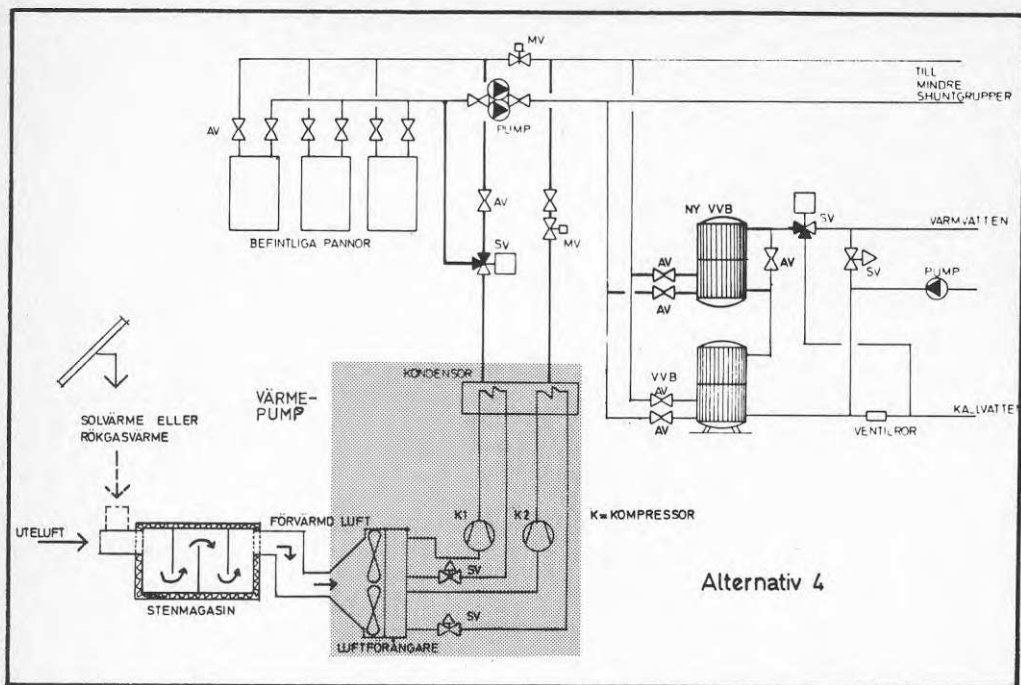


Fig. 4.9 Principschema.

Verkningsgraden för solfångarsystemet och värmeväxlarbatteri uppskattas till 50% av instrålad solenergi. Den insamlade solenergin antas hänföra sig till 12 h/dag alla klara dagar och 6 h/dag alla halvklara dagar. Beräkningen av erhållen effekt och energi för värmepumpen baseras på tillverkarens datablad. Temperaturhöjningen som kan göras med hjälp av solfångarna beräknas med följande formel:

$$P = Q \times p \times C_p \times \Delta t \text{ där}$$

$P =$ effekt i kW
 $Q =$ luftflöde i m^3/s
 $p =$ luftens densitet; kg/m^3
 $C_p =$ luftens specifika värme i $J/kg \text{ } ^\circ C$
 $\Delta t =$ temperaturhöjning. $^\circ C$

Luftflödet beräknas uppgå till ca $12500 \text{ m}^3/h$ per fläkt. Luftkylaren består av 4 fläktar vilket innebär $4 \times 12500 = 50.000 \text{ m}^3/h = 14 \text{ m}^3/s$.

Månad	Insamlad solenergi kWh	Fördelade på antal timmar	Erhållen effekt kW	Luftens densitet kg/m ³	Utetemperatur °C	Temp höjning °C
Jan	4500	84	54	1,30	- 2,9	3,9
Febr	10200	98,4	104	1,30	- 3,0	5,7
Mars	17100	154,2	111	1,29	- 0,4	6,1
Apr	19800	145,8	136	1,27	4,7	7,6
Maj	22500	180	125	1,24	10,5	7,2
Jun	21300	157,2	135	1,22	14,2	7,9
Juli	21000	156,6	134	1,22	16,5	7,8
Aug	18000	156	115	1,22	15,4	6,7
Sept	14700	140,4	105	1,24	11,4	6,0
Okt	9900	111	89	1,26	6,7	5,0
Nov	3150	61,8	51	1,28	2,7	2,8
Dec	2850	63,8	45	1,29	- 0,1	2,5

Fig. 4.10 Temperaturhöjning genom förvärmning med solfångare.

Värdet på temperaturhöjningen sätts sedan i relation till förångningstemperatur i värmepumpkretsen.

Nedan visas erhållen effekt från värmepumpen då normal utetemperatur föreligger samt då temperaturhöjning föreligger.

Q_2 = kyleffekt

E_t = driveffekt

Q_1 = värmeeffekt

Värmeeffekten beräknas enligt

$$Q_1 = Q_2 + 0,8 \times E_t$$

Månad	Normal lufttemp			Ökad lufttemp		
	Q_{2_1}	E_{t_1}	Q_{1_1}	Q_{2_2}	E_{t_2}	Q_{1_2}
Jan	35	21	51,8	42	22	59,6
Febr	35	21	51,8	44	23	62,4
Mars	39	21	55,8	50	24	69,2
April	46	24	65,2	66	27	87,6
Maj	60	26	80,8	84	28	106,4
Juni	74	28	96,4	100	29	123,2
Juli	77	28	99,4	105	29	128,2
Aug	75	28	97,4	100	29	123,2
Sept	60	26	80,8	84	28	106,4
Okt	52	25	72	64	27	85,6
Nov	43	24	62,2	50	24	69,2
Dec	39	21	55,8	44	23	62,4

Fig. 4.11 Effektökning vid förvärmning med solfångare.

Temperaturhöjning erhålls emellertid inte hela månaden, eftersom fördelning var gjord på visst antal timmar, se ovan. Detta innebär att den energiökning som erhålls med förvärmningen blir följande:

Genom att ta skillnad i värmeeffekt enl ovan och antal timmar erhålls vunnen energi.

Jan	7,8 kW x 2 (2 värmepumpar) x 84 h	=	1310 kWh
Febr	10,6 kW x 2 x 98,4 h	=	2086 kWh
Mars	13,4 kW x 2 x 154,2 h	=	4132 kWh
Apr	22,4 kW x 2 x 145,8 h	=	6532 kWh
Maj	25,6 kW x 1 x 180 h	=	4608 kWh
Juni	26,8 kW x 1 x 157,2 h	=	4213 kWh
juli	28,8 kW x 1 x 156,6 h	=	4510 kWh
Aug	25,8 kW x 1 x 156 h	=	4024 kWh
Sept	25,6 kW x 1 x 140,4 h	=	3594 kWh
Okt	13,6 kW x 2 x 111 h	=	3019 kWh
Nov	7 kW x 2 x 61,8 h	=	865 kWh
Dec	6,6 kW x 2 x 63,8 h	=	840 kWh
	SUMMA		39733 kWh

Fig 4.12 Energivinst som erhålls vid högre förångningstemperatur.

Ökad drivenergi uppgår till ca 4000 kWh dvs den totala energivinsten uppgår till ca 36000 kWh.

Sannolikt är detta värde högre eftersom endast en värmepump nyttjas vissa sommarmånader, vilket innebär att endast 2 fläktar i luftkylaren används och därmed erhålls lägre luftflöde och högre temperatur. Denna höjning av temperatur uppskattas dock vara likvärdig med förluster från stenmagasinet.

Alternativet till att förvärma stenmagasinet med solfångare skulle vara att utnyttja värmeinhållet i rökgaserna från pannanläggningen. Rökgaserna kan under vintersäsongen höja lufttemperaturen till luftkylarna med 5°C.

5. INVESTERINGS- OCH LÖNSAMHETS- KALKYLER

5.1 Alternativ 1

2 st värmepump 30 hk luftkylning	70.000:-
1 st luftförångare	41.000:-
1 st kondensor	50.000:-
Elskåp	10.000:-
Rörmaterial	10.000:-
Styrutrustning	5.000:-
Installationsarbete	<u>29.000:-</u>
	215.000:-
Varmvattenberedare	35.000:-
Övrigt + installation	<u>25.000:-</u>
Summa kronor exkl moms	<u><u>275.000:-</u></u>

Beräknad drivenergi är baserad på olika varaktigheter för olika effektbehov som framgår av nedanstående figur 5.1.

Samtliga priser avser kostnadsnivån febr 1982.

Typ	Drifttid ca h	Driveffekt kW	Total drivenergi kWh/år
Värmepump 1	7.500	20	150.000
Värmepump 2	4.000	20	80.000
Fläkt-förångn VP1	7.500	1,4	10.500
Fläkt-förångn Vp 2	4.000	1,4	5.600
Elavfrostning	/	/	6.900
Summa drivenergi			253.000 kWh
Bef oljepannor			348.000 kWh

Fig 5.1 Beräknad drivenergi för luftvärmepumpalternativ.

Enligt energiverken i Borås uppgår abonnemangsgiften till 9.500 kr enligt mellantariff. Kostnad för köpt elenergi uppgår till 15,5 öre/kWh, dessutom tillkommer energiskatten 4 öre/kWh, dvs totalt 19,5 öre/kWh el.

5.2 Alternativ 2

Solfångarsystemet

300 m ² solfångare (å 625:-/m ²)	187.500:-
Monteringsramar	70.000:-
Slangkoppling mellan solfångare	2.000:-
Slangklämmor till dito	3.000:-
Montering slang + klämmor	4.000:-
Kopparrör 555 m	20.000:-
Montering kopparrör	17.000:-
Isolering kopparrör	20.000:-
Cirkulationspumpar	25.000:-
Rörmaterial	25.000:-
Styrutrustning solfångarkrets	1.500:-
Infästning av monteringsramar	<u>10.000:-</u>
Summa exkl moms	<u>380.000:-</u>

Lagringssystem

Värmelager 40 m ³	15.000:-
Värmeväxlare - kopparslingor	<u>25.000:-</u>
Summa exkl moms	<u>40.000:-</u>

Värmepumpsystem

2 st värmepumpar 30 hk luftkylning	70.000:-
1 st luftförångare	41.000:-
1 st värmepump 10 hk vätskekylning	15.000:-
1 st värmepump 2 hk vätskekylning	5.000:-
2 st kondensorer	45.000:-
1 st tubpanneförångare	15.000:-
Elskåp	10.000:-
Rörmaterial	10.000:-
Styrutrustning	5.000:-
Installationsarbete	<u>29.000:-</u>
Summa exkl moms	<u>245.000:-</u>

Varmvattenberedare	35.000:-
Övrigt + installation	<u>25.000:-</u>
Summa exkl moms	<u>60.000:-</u>

Beräknad drivenergi är baserad på olika varaktigheter för olika effektbehov.

Fig 5.2 nedan.

Typ	Drifftid ca h	Driveffekt kW	Total driv- energi kWh/år
Värmepump 1	6.000	20	120.000
Värmepump 2	3.000	20	60.000
Värmepump 3	6.000	7,5	45.000
Värmepump 4	3.000	1,5	4.500
C.pump-sol	2.600	2	5.200
C.pump-VP	6.500	1,5	9.750
Fläkt-förång VP1	6.000	1,4	8.400
Fläkt-förång. VP2	3.000	1,4	4.200
Elavfrostn	/	/	5.400
Summa drivenergi			262.480 kWh
Bef oljepannor			315.000 kWh

Fig. 5.2 Beräknad drivenergi för alt. 2.

5.3 Alternativ 3

Solfångarsystem

Solfångarsystem se alt 2' S:a exkl moms	<u>380.000:-</u>
---	------------------

Lagringssystem

Värmelager 80 m	40.000:-
Rörslingor - koppar 2000 m	40.000:-
Arbete - rörslingor	<u>50.000:-</u>
Summa exkl moms	<u>130.000:-</u>

Värmepumpsystem

1 st värmepump 30 hk luftkylning	35.000:-
1 st värmepump 30 hk luft/vätskekylning	35.000:-
1 st luftförångare	41.000:-
1 st tubpanneförångare	15.000:-
2 st kondensor	45.000:-
1 st värmepump 10 hk vätskekylning	15.000:-
Elskåp	10.000:-
Rörmaterial	10.000:-
Styrutrustning	5.000:-
Installationsarbete	<u>29.000:-</u>
	240.000:-
Varmvattenberedare	35.000:-
Övrigt + Installationsarbete	<u>25.000:-</u>
Summa kronor exkl moms	<u>300.000:-</u>

I fig 5.3 nedan framgår den beräknade drivenergin för alternativet, drivenergin är baserad på olika varaktigheter för olika effektbehov.

Typ	Drifttid ca h	Driveffekt kW	Total drivenergi kWh/år
Värmepump 1	6.000	20	120.000
Värmepump 2	3.000	20	60.000
Värmepump 1	450	20	9.000
C. pump-sol	3.000	2	6.000
C. pump-VP	6.500	1,5	9,780
Värmepump 3	5.000	7,5	37.500
Fläkt-förångn VP1	6.000	1,4	8.400
Fläkt-förångn VP2	3.000	1,4	4.200
Elavfrostning	/	/	5.400
Summa drivenergi			260.280 kWh
Bef oljepannor			312.000 kWh

Fig. 5.3 Beräknad drivenergi för alt. 3.

5.4 Alternativ 4

Solfångarsystem

Solfångarsystem enl alt 2, S:a exkl moms	380.000:-
Lagringssystem	
Värmelager	40.000:-
Kanalansl + stenmatr	20.000:-
Värmeväxlarbatteri	20.000:-
Summa exkl moms	80.000:-
2 st värmepumpar 30 hk luftkylning	70.000:-
1 st luftförångare	56.000:-
1 st kondensor	50.000:-
Elskåp	10.000:-
Rörmaterial	10.000:-
Styrutrustning	5.000:-
Installationsarbete	29.000:-
	235.000:-
Varmvattenberedare	35.000:-
Övrigt + installation	25.000:-
Summa kronor exkl moms	290.000:-

Beräknad drivenergi baseras på luftkylarsystemet i alternativ 1, dock beräknas drivenergin öka med ca 10.000 kWh/år varav 6.000 kWh/år hänför sig till cirkulationspump för solfångarkrets och 4.000 till ökad drivenergi för värmepumpsystemet. (Se även kap 4).

Däremot minskar energibehovet för oljepannorna med ca 30.000 kWh/år.

Av fig 5.4 nedan framgår storleksordningen av den energibesparing som kan erhållas genom de olika alternativen.

Levererad energi 1010 MWh avser verkligt levererat till värmesystemet utan hänsyn tagen till pannverkningsgrader. Totalt köpt energi för exempelvis olja 1259 MWh innefattar energi som går bort genom pannförluster.

Sammanställningstabell över energi som måste köpas					
Alternativ	Olja	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4
Olja m ³	125	34	31	31	31
Elenergi MWh	1	253	262	260	263
Totalt köpt energi MWh	1259	595	575	572	575
Totalt energi-behov MWh	1010	1010	1010	1010	1010
Besparing ca %	0	41	43	43	43

Fig 5.4 Sammanfattning och jämförelse mellan olika alternativ

Av fig 5.5 framgår investeringskostnaderna för de olika alternativen, lånemöjligheterna och driftskostnaderna. Alternativ 1 har en investeringskostnad på 275.000:- kr, alternativ 2, drygt 700.000:- alternativ 3, 800.000:- samt alternativ 4, 750.000:- kr.

Till dessa kostnader kommer byggherrekostnader omfattande moms, byggherreadministration och projektering som har kalkylerats till 21%. Som framgår av tabellen så varierar kapitalkostnaderna från 45.000:- kr upp till i det dyraste fallet 145.000:- kr.

Alternativa anläggningar	Olja	Alt. 1 VP-luft	Alt. 2 VP-luft, sol, vatten	Alt. 3 VP-luft, sol, vatten, is	Alt. 4 VP-luft, sol, sten
Kostnader					
Investering					
Värmepump		275.000	305.000	300.000	290.000
Solfångare			380.000	380.000	380.000
Värmelager			40.000	130.000	80.000
Summa		275.000	725.000	810.000	750.000
Byggherre kostn. 21%		57.750	152.250	170.100	157.500
TOTALT		332.750	877.250	980.100	907.500
Finansiering lån 3%		100.000	100.000	100.000	100.000
13%		232.750	777.250	880.100	807.500
Avskrivning tid år		15	15	15	15
Summa kap.kostn. förräntning och avskrivning		44.383	128.617	144.528	133.297
Elenergi- kostnad	300	49.335	51.180	50.750	51.285
Oljeenergi- kostnad	250.000	68.000	62.000	62.000	62.000
Abonnem. avgift		9.500	9.500	9.500	9.500
Service 2%	4.000	6.000	14.000	16.000	15.000
Summa årskostnad 1982	254.300	177.219	265.068	282.778	271.082
1985	293.700	187.934	275.068	292.549	280.853
1990	373.675	209.688	294.902	312.383	300.675
1995	475.700	237.439	320.222	337.703	325.989

Fig 5.5 Kostnadsjämförelse mellan de olika anläggningsalternativen

I tabellen redovisas också elenergikostnad, abonnemangavgifter och service. Servicekostnaderna per år har baserats på 2% av investeringskostnaden. Totala kostnaden för de olika alternativen varierar från 180.000:- kr upptill 280.000:- kr. Nuvarande oljeanläggning har en kostnad på 250.000:- kr. Det innebär att alternativ 2, 3 och 4 är något dyrare än nuvarande anläggning. Medan alternativ 1 ger en kostnadsbesparing på ca 80.000:- kr/år redan första året. I samtliga alternativ så redovisas endast jämförelsepriset.

I praktiken måste dock avsättas pengar för en förnyelse av oljepannorna och för skötsel, vilket innebär att de reella kostnaderna för samtliga alternativ inkl befintlig anläggning kommer att ligga något högre. Lönsamheten i ett 15-årigt tidsperspektiv är beroende av prisutvecklingen på olja.

I tabell fig 5.5 redovisas summa årskostnad varvid antagits att elenergi priset ökar i takt med inflationen medan oljan ökar 5% över inflationen.

År 1990 kommer nuvarande anläggning att ha en energikostnad på 370.000:- kr räknat i dagens penningvärde, medan alternativ 1 ligger på 210.000:- kr. År 1995 har skillnaden ökat så att inköpspriset på olja ligger på nästan 500.000:- kr, medan alternativen 2, 3 och 4 ligger inom intervallet 320.000:- - 340.000:- kr och alternativ 1 på ca 250.000:- kr.

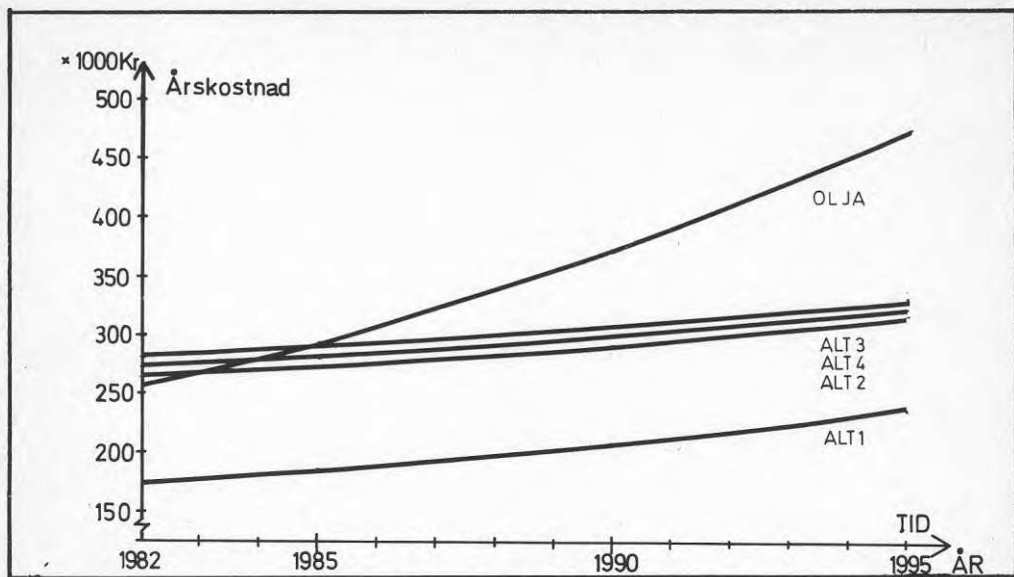


Fig. 5.6 Årskostnadsutvecklingen för de olika alternativen

Den ackumulerade kostnadsbesparingen för de olika alternativen under en 15-årsperiod blir följande:

Luftvärmepumpenläggningen - alternativ 1 - kan i dagens penningvärde under en 15-årsperiod spara in ca 1,5 milj kr, medan de övriga alternativen har en inbesparingspotential på ca 0,5 milj kr. Årskostnadsutvecklingen på de olika alternativen framgår också av fig 5.6.

Fig 5.7 visar hur den fasta och rörliga kostnaden förändras vid olika investeringar samt hur energiförbrukningen minskar. Förbrukningen omräknad till ekvivalenta lit olja/m² sjunker till drygt 10 lit/m².

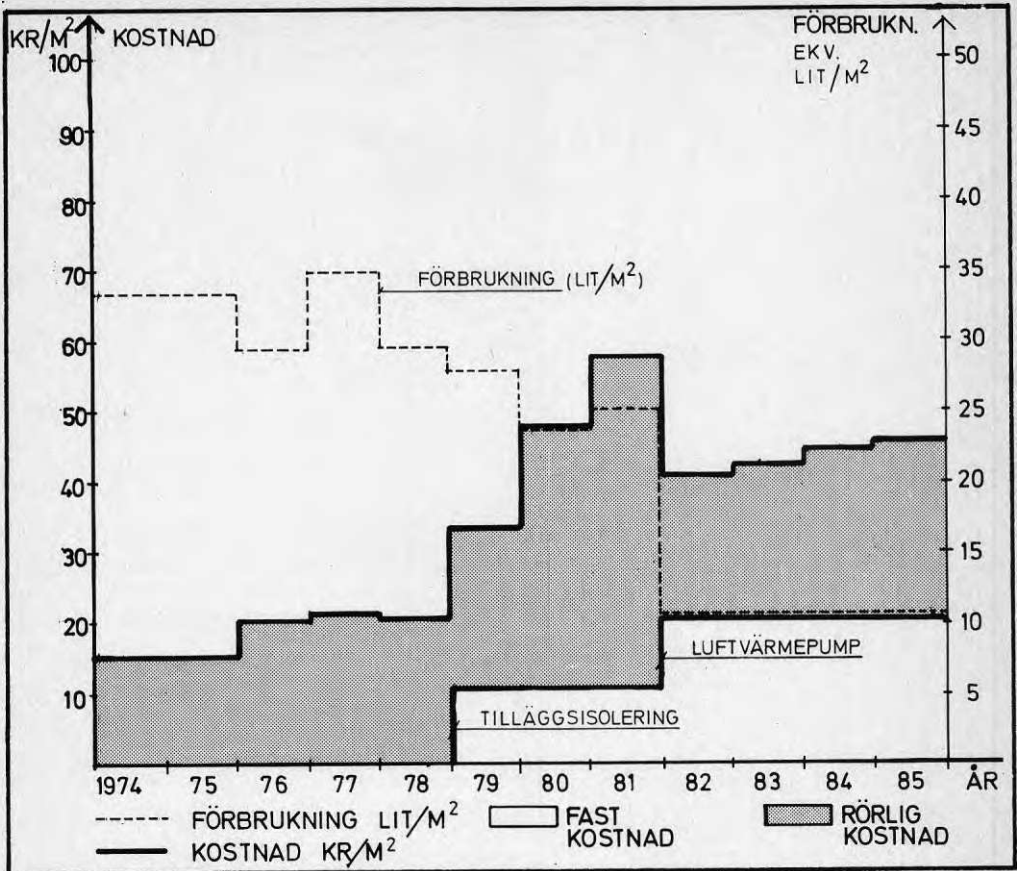


Fig. 5.7 Rörliga och fasta kostnader samt förbrukning vid olika investeringar.

6. REKOMMENDATIONER

6.1 Utformning av anläggningen i kvarteret Bräm-
gårdar.

Föreliggande förstudie har redovisat att en luft-
värmepumpanläggning är mycket lönsam, vilket inne-
bär att den bör kunna finansieras inom normala lå-
leformer och åtgärdas relativt omgående. På längre
sikt kan det vara intressant att konvertera till
anläggningar som nyttjar sol. Dessutom kan det va-
ra intressant att se hur en komplettering i flera
steg rent praktiskt kan gå till.

Man skulle exempelvis kunna testa luftvärmepump-
anläggningen under ett mätår. Under nästa år kom-
pletterar man med sol och testar den färdiga an-
läggningen under ett nytt mätår. Därigenom kan man
få en utvärdering av ett komplext värmesystem med
sol och uteluft som primära värmekällor. Vilket av
alternativen 2, 3 och 4 som skall ligga till grund
för fortsatta studier har inte slutligt analyserats
i detta projekt. Som en första insats rekommenderas
en installation av en luftvärmepump så utformad att
den är förberedd för en senare konvertering till
ett mer omfattande lågenergisystem. Denna investe-
ring ligger på ca 340.000:- kr och kan täckas med
statliga bostadslån.

Om man senare önskar en konvertering till sol till-
kommer en kostnad på ca 540.000:- kr. Denna konver-
tering skulle utformas som ett experimentbyggnads-
lån.

6.2 Generell tillämpning av systemet hos AB Bostäder.

Gruppcentraler olja

AB Bostäder har idag i sina hyresfastigheter en total oljeförbrukning på ca 1.300 m³ olja per/år.

Genom en installation av luftvärmepumpar kan man spara ca 800 m³ olja, varav en del överförs till drivenergi, motsvarande 2.350 MWh (ca 250 m³ olja).

800 m³ olja har idag en inköpskostnad på 1,6 miljoner kronor.

I nedanstående tabell har gjorts en schematisk beräkning av energibesparingen i de 14 oljeeldade fastigheterna. Av denna framgår att man tar hänsyn till kapitalinvestering, driftskostnader, inköp av elenergi så kan AB Bostäder spara ca 500.000:- kr/år genom att investera i luftvärmepumpar.

Anläggning	Värmepump-luft	Bef oljeanläggning
Investering	3.900.000:-	
Finansiering		
Lån 3%/15 år	118.000:-	
" 13%/15 år	450.000:-	
Summa kap. kostn	568.000:-	
Driftskostnad		
Abonnem. avg	133.000:-	
Service	80.000:-	40.000:-
Olja	806.000:-	2.528.000:-
El	458.000:-	9.000:-
Totalt kronor	2.045.000:-	2.577.000:-

Fjärrvärmeanslutna fastigheter

AB Bostäder har ett stort antal fastigheter anslutna till Borås fjärrvärmenät. Den totala oljeförbrukningen för dessa fastigheter uppgår till ca 11.000 m³ olja. Om man installerade luftvärmepumpar lokalt i de olika fastigheterna som ingår i fjärrvärmenätet så skulle man kunna spara 7.000 m³ olja och endast behöva ca 4.000 m³ från fjärrvärmenätet. Dock behöver man ett tillskott av ca 20.000 MWh drivenergi i form av el, för att driva kompressorerna i värmepumpanläggningarna.

Kostnadsbilden är svår att klarlägga pga ändrade kostnader på effektabonnemang för befintliga fjärrvärme-centraler.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810684-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till AB Bostäder i Borås.**

R90: 1982

ISBN 91-540-3758-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700590

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 25 kr exkl moms