

**Rapport**

**R127:1981**

**Sjövärme för 140 småhus  
i Torsång**

**Projektering och byggande**

**Jonas Hallenberg  
Henri Ulander**

INSTITUTET FÖR  
BYGGDOKUMENTATION

Accnr 81-2261

Plac *Ser*

*K  
M\**

**Byggeforskningsrådet**

R127:1981

SJÖVÄRME FÖR 140 SMAHUS I TORSÅNG  
Projektering och byggande

Jonas Hallenberg  
Henri Ulander

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 800035-8  
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB,  
Falun.

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

R127:1981

ISBN 91-540-3599-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

## INNEHÅLL

	SAMMANFATTNING	4
1	ALLMÄNT OM PROJEKTET	5
2	BEFINTLIGT VÄRMESYSTEM	7
2.1	<u>Inledning</u>	7
2.2	<u>Produktionsanläggning - panncentral</u>	8
2.3	<u>Distributionssystem</u>	9
2.4	<u>Effektbehov och årsenergiförbrukning</u>	10
3	KOMPLETTERING MED VÄRMEPUMPSYSTEM	11
3.1	<u>Inledning</u>	11
3.1.1	Värmepumpsystem - principlösning	11
3.1.2	Värmesystem - modifieringar	11
3.2	<u>Ledningsarbeten inklusive pumpstation</u>	12
3.2.1	Intagsledning med pumpstation	12
3.2.2	Utloppsledning	14
3.3	<u>Värmepumpbyggnad</u>	15
3.4	<u>Värmepumpanläggning</u>	16
3.4.1	Funktion och tekniska data	16
3.4.2	Systemlösning - detalj	18
4	INVESTERINGAR	19
4.1	<u>Inledning</u>	19
4.2	<u>Investeringar</u>	19
5	MÄTNING OCH UTVÄRDERING	21
5.1	<u>Inledning</u>	21
5.2	<u>Mätsystem och mätprogram</u>	21
6	RITNINGSFÖRTECKNING	23

## SAMMANFATTNING

I Torsång utanför Borlänge ligger ett bostadsområde om 140 enfamiljsvillor. Samtliga villor är anslutna till ett av AB Borlänge Industriverk ägt fjärrvärmenät, bestående av primärkulvertsystem för 120/70 °C, undercentraler i varje villa, i vilka hetvattnet värmeväxlas till radiatorvatten 80/60 °C och tappvarmvatten. Ursprunglig central produktionsanläggning är oljeeldad. Värmeeffektbehovet är ca 1.6 MW samt årsenergibehovet ca 3.2 GWh. För att studera ekonomi och teknik har under 1980 detaljprojekterats och under första halvåret 1981 anlagts ett värmepumpsystem om 750 kW värmeeffekt med sjövatten som energikälla. Sjövatten direktpumpas i tryckledning från en näraliggande sjö till en invid befintlig panncentral uppförd värmepumpbyggnad. Efter sjövattnets energiavgivning i värmepumpens förångare släpps vattnet tillbaka i sjöfallsledning till en med sjön förbunden tjärn. Full värmepumpeffekt, 750 kW, kan levereras ned till sjövattemperaturen +2.5 °C. Vid sjövattemperaturer mellan +2.5 °C och +0.6 °C nedregleras levererad värmepumpeffekt. Total investeringskostnad för värmepumpsystemet dvs., in- och utloppsledning, pumpstation, värmepumpbyggnad, värmepumpanläggning, elutrustning, detaljprojektering och byggadministration uppgår till ca 2495 kkr. För investeringskostnader har BFR anslagit 2.45 Mkr i form av sk experimentbyggnadslån. BFR har även lämnat bidrag för den mätning och utvärdering av anläggningen som påbörjas 1981-07-01 och pågår i två år.

## 1 ALLMÄNT OM PROJEKTET

Borlänge kommun har ett väl utbyggt fjärrvärmenät som förvaltas av AB Borlänge Industriverk. Som en satellit i Torsång ca 8 km från Borlänge äger AB Borlänge Industriverk ett mindre oljeeldat fjärrvärmenät till vilket ca 140 enfamiljsvillor är anslutna. I förhållande till det stora fjärrvärmesystemet i Borlänge är nätet i Torsång dyrt att driva och administrera. Av denna anledning diskuterade man 1978 andra alternativa energikällor än olja för drift av nätets värmecentral som ett alternativ att minska årsenergikostnaden. I detta skede presenterades möjligheten att utvinna energi via värmepump ur den från bostadsområdet sett närbelägna sjön Ösjön. I den av BFR finansierade och under 1979 utförda förstudien över projektet föreslogs en lösning där befintlig oljeeldad central kompletterades med ett värmepumpsystem dimensionerat för ca halva effektbehovet, 750 kW, i bostadsområdet. Lösningen, som är speciell bl a i det avseendet att sjövatten pumpas direkt till värmepumpens förångare ansågs så pass intressant att BFR även lämnade bidrag för den detaljprojektering som utfördes under 1980. I slutet av 1980 anslag BFR 2.45 Mkr i form av experimentbyggnadslån för den anläggningsetapp som utförts under 1:a halvåret 1981. Samtidigt anslags medel för mätning och utvärdering av projektet. Denna rapport beskriver anläggningsetappen. I figur 1 nedan ses bostadsområdet fotograferat från luften.



Av försvarsstaben godkänd för spridning 81.02.17

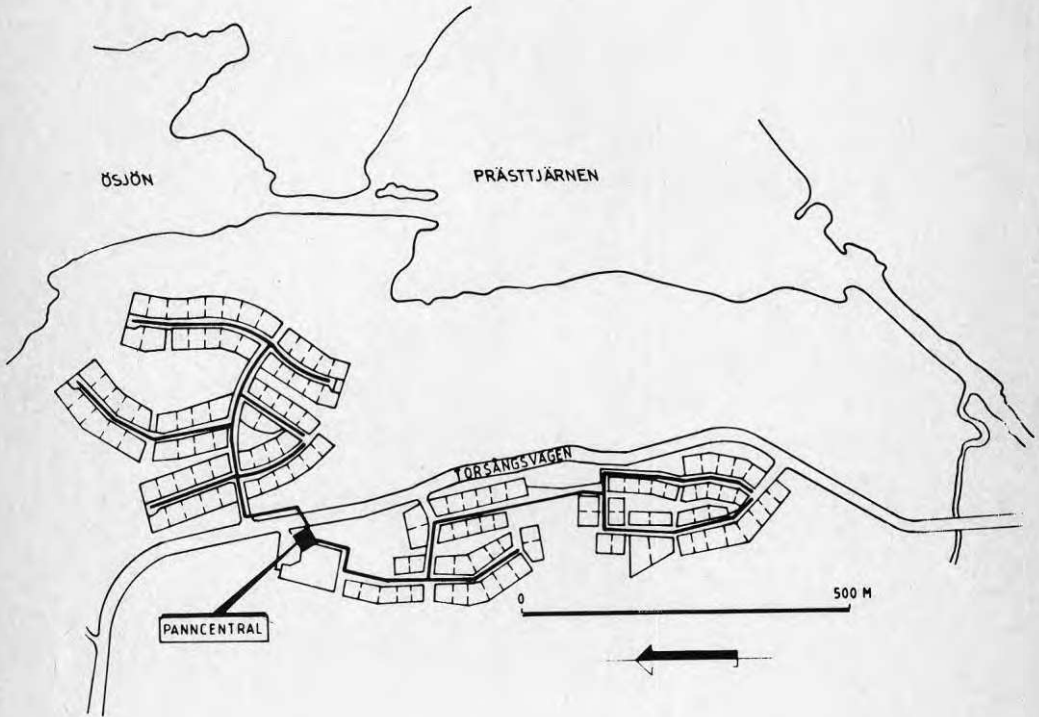
Figur 1 Aktuellt bostadsområde



## 2 BEFINTLIGT VÄRMESYSTEM

### 2.1 Inledning

Uppvärmningssystemet för de 140 enfamiljshusen i Torsång utgörs av en oljeeldad panncentral, primärkylvertsystem för 120/70 °C, undercentraler i varje villa, i vilka hetvattnet värmeväxlas till radiatorvatten 80/60 °C och tappvarmvatten. Se översiktsplan, figur 2

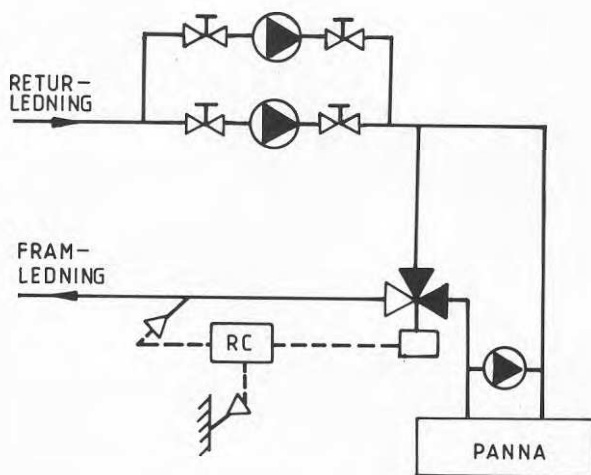


Figur 2 Översiktsplan -panncentral, kulvertsystem



## 2.2 Produktionsanläggning - panncentral

Befintlig panncentral är en prefabricerad anläggning av fabrikat VAPOR. Centralen är utrustad med två pannor om 1.6 respektive 1.0 MW. Rekommenderad eldningsolja är Eo4 eller Eo5. För närvarande används Eo4 normalsvavlig. Värmevattnets framledningstemperatur styrs med en motorstyrd 3-vägsventil, shuntgrupp. Styr signaler erhålls från två temperaturgivare, en utomhusgivare och en givare kopplad till värmevattnets framledning. Se principschema, figur 3.

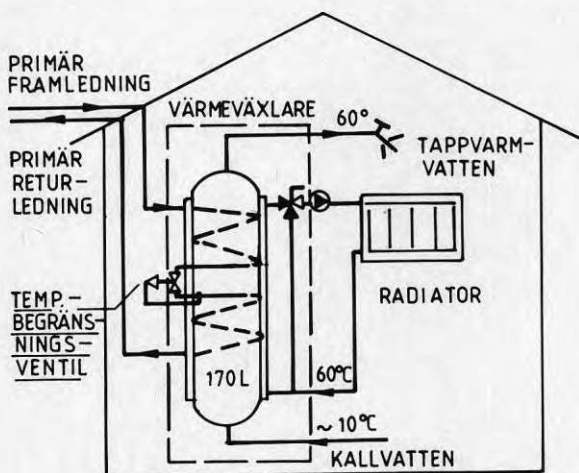


Figur 3 Principschema - befintlig panncentral

Maximal respektive minimal framledningstemperatur begränsas genom börvärdesinställning. Returtemperaturen begränsas uppåt genom förinställning av temperaturbegränsningsventiler, en i varje villavärmeväxlare. Se även 2.3.

### 2.3 Distributionssystem

Från panncentralen cirkuleras primärt värmevatten i kulvertsystem dimensionerat för 120/70°C. Se figur 2. I varje villa värmeväxlas primärt värmevatten till sekundärt värmevatten 80/60 °C och tappvarmvatten. Tappvarmvattnet bereds och ackumuleras i en cylindrisk behållare om 170 liter. Villavärmeväxlarens funktion framgår av figur 4.



Figur 4 Principschema - villavärmeväxlare

I figur 4 angiven temperaturbegränsningsventil begränsar primär returledningstemperatur uppåt. Genom inställning av denna ventil kan returledningstemperaturen styras. Om effektbehovet i villan sjunker reglerar temperaturbegränsningsventilen primärt värmevattenflöde genom värmeväxlaren på sådant sätt att flödet sjunker.

Primärt kulvertsystem och sekundärt system i villorna är som nämnts dimensionerat på konventionellt sätt, dvs 120/70°C primärt och 80/60°C sekundärt. Driftstatistik från december 1980 och januari - mars 1981 ger dock vid handen att betydligt lägre temperaturer på värmevattnet erfordras än de dimensionerade, vilket är till fördel för värmepumpsystemet. I genomsnitt under februari månad erfordrades +79°C framledningstemperatur och +60°C returledningstemperatur. Vid en maximal returledningstemperatur av +60°C har icke vid något tillfälle under mätperioden, dec-mars 1980-81 erfordrats högre framledningstemperatur än +90°C.

#### 2.4 Effektbehov och årsenergiförbrukning

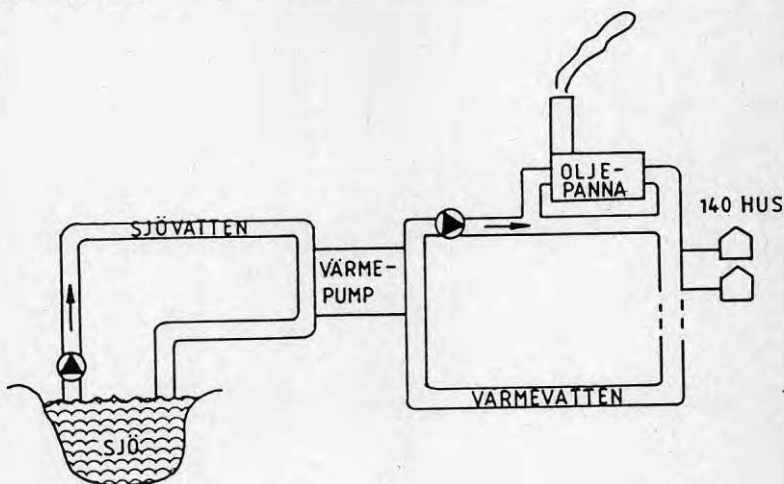
Beräknat effektbehov för bostadsområdet är 1.6 MW inklusive förluster. Erforderligt årsenergibehov är beräknat till 3.2 GWh, vilket motsvarar ca 400 m<sup>3</sup> Eo<sub>4</sub> vid verkningsgraden 75%. Eftersom bostadsområdet har byggts etappvis under de sista åren finns ingen komplett oljeförbrukningsstatistik. De förbrukningsuppgifter som hittills föreligger antyder dock att energiförbrukningen kan bli något lägre än den beräknade 3.2 GWh/år.

### 3 KOMPLETTERING MED VÄRMEPUMPSYSTEM

#### 3.1 Inledning

##### 3.1.1 Värmepumpssystem - principlösning

Befintlig panncentral har kompletterats med ett eldrivet värmepumpssystem som har sjövattnet som energikälla. Sjövattnet pumpas direkt i tryckledning från Ösjön till produktionsanläggningen. Efter sjövattnets avkylning i värmepumpens förångare släpps vattnet i självfallsledning till Prästtjärnen. Se figur 6 under 3.2. Värmepumpens kondensator är ansluten till fjärrvärmenätets returledning. Förenklad systemlösning framgår av figur 5 och en mer detaljerad av figur 12 under 3.4.2.



Figur 5 Systemlösning - värmepumpssystem/bef.oljeanl.

Värmepumpsystemet beräknas ge ca 750 kW värmeeffekt vid framledningstemperaturen  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  och sjövattemperaturen  $+2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  in respektive  $+0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  ut. Om sjövattemperaturen sjunker under  $+2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  nedregleras värmeeffekten från värmepumpen. Vid behov av framledningstemperaturer över  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  "spetsar" befintlig oljeeldad central.

##### 3.1.2 Värmesystem - modifieringar

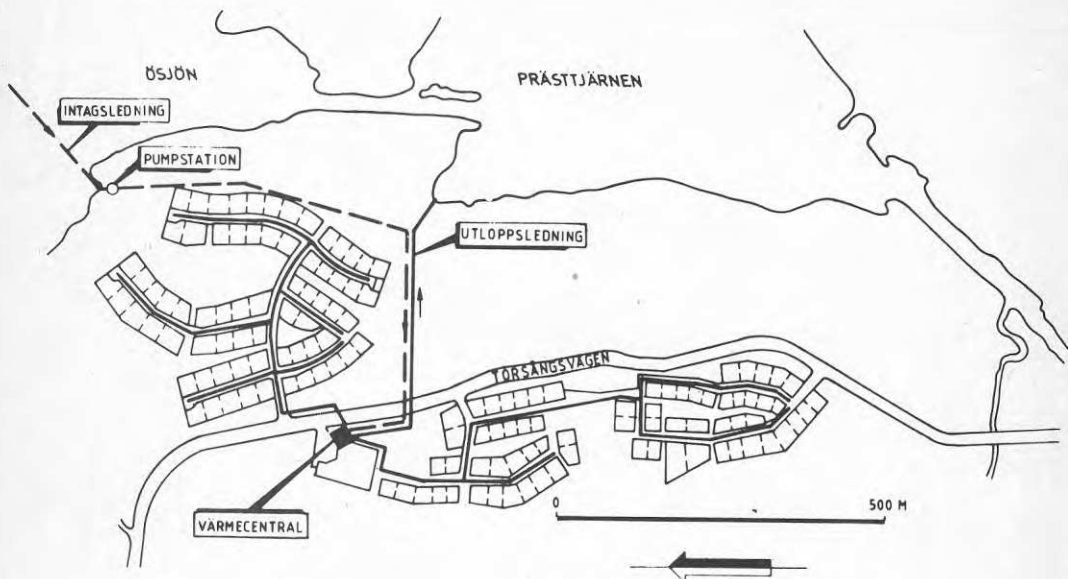
Kulvertsystem och villornas värmesystem är dimensionerade på konventionellt sätt. För att bättre anpassa värmepumpssystemets lågtempererade värmevatten till befintligt system var det därför från början meningen att fjärrvärmevattenflödet skulle höjas temporärt vintertid, genom i fjärrvärmenätet utplacerade tryckstegringspumpar. Enär

driftstatistik över fram/returtemperaturer (se 2.3) antyder att fjärrvärmesystemet kan fungera vid betydligt lägre temperaturer inväntas denna åtgärd till dess tillräcklig information från värmepumpsdrift har inhämtats. Dessa driftdata utgör då underlag för att på bästa sätt välja tryckstegringspumpar både vad avser placering och pumpdata. Det sistnämnda är inte minst viktigt med tanke på att erhålla så låg elförbrukning för systemet som möjligt. Den enda direkta åtgärd som utförts i befintligt värmesystem är att fjärrvärmenätets primära cirkulationssystem kompletterats med en cirkulationspump i produktionsanläggningen som ger 75 m<sup>3</sup>/h vid 30 mvp. Denna pump skall tillsammans med planerade tryckstegringspumpar utnyttjas vintertid för att något höja fjärrvärmevattenflödet. Befintliga cirkulationspumpar, två stycken, ger 52 m<sup>3</sup>/h vid 30 mvp. Vidare sänks fjärrvärmevattnets maximala returledningstemperaturer genom justering av temperaturbegränsningsventiler i villa- värmeväxlarna från nuvarande +60 °C till +45 - 50°C beroende på varje villas temperaturbehov. Fjärrvärmenätets framledningstemperatur kommer att hållas så låg som möjligt.

### 3.2 Ledningsarbeten inklusive pumpstation

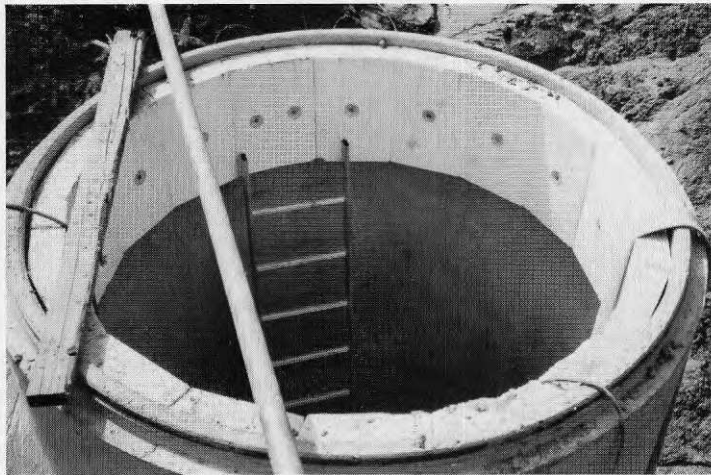
#### 3.2.1 Intagsledning med pumpstation

Från Ösjön pumpas sjövattnen, via en vid strandkanten belägen pumpstation, i tryckledning fram till värmepumpen som placerats i anslutning till panncentralen. Se figur 6.



Figur 6 Översiktsplan - sjövattnenledningar

Intagsanordningen är förlagd på sjöbotten ca 210 m från strandkant på djupet 7 m. Själva vattenintaget sker via en sil med håldiametern 20 mm. Intaget är placerat på intagsledningen och förankrat så att silen sitter ca 1 m över sjöbotten. Pumpstationen är anlagd vid strandkanten och består av två betongbrunnar,  $\varnothing = 2$  m. Se figur 7.



Figur 7 Pumpstation under uppförande.

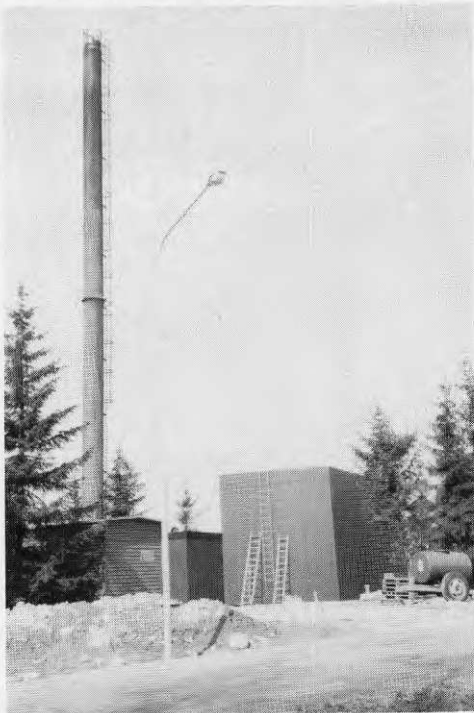
Den ena av dessa brunnar vattenfylls till hälften genom självtryck från sjön via sjöförlagd plastledning,  $\varnothing = 400$  mm. I den andra brunnen sitter två torrt placerade råvattenpumpar med kapaciteter ca 60 l/s vid 34 mvp respektive ca 30 l/s vid 24 mvp. Den större pumpen skall nyttjas vintertid och den mindre sommartid. Från pumpstationen trycks vattnet i en markförlagd plastledning,  $\varnothing = 225$  mm, längd ca 820 m, upp till värmecentralen. Ledningen är oisolerad och lagd på frostfritt djup, 2 m. Tryckledningen är delvis lagd i samma rörgrav som utloppsledningen. På detta avsnitt är isolering lagd mellan ledningarna.

### 3.2.2 Utloppsledning

Efter sjövattnets energiavgivning i värmepumpens förångare leds vattnet i självfallsledning av plast,  $\varnothing = 315$  mm, till Prästtjärnen. Sammanlagd ledningslängd är ca 460 m och läggningsdjup 2 m.

### 3.3 Värmepumpbyggnad

Intill befintlig panncentral har uppförts en separat byggnad för värmepumpen. Byggnaden har måtten  $L = 11$  m,  $B = 5.5$  m och  $H = 5.5$  m. Den relativt stora höjden, 5.5 m erfordras för de 3.3 m höga förångarna. Se figur 8.



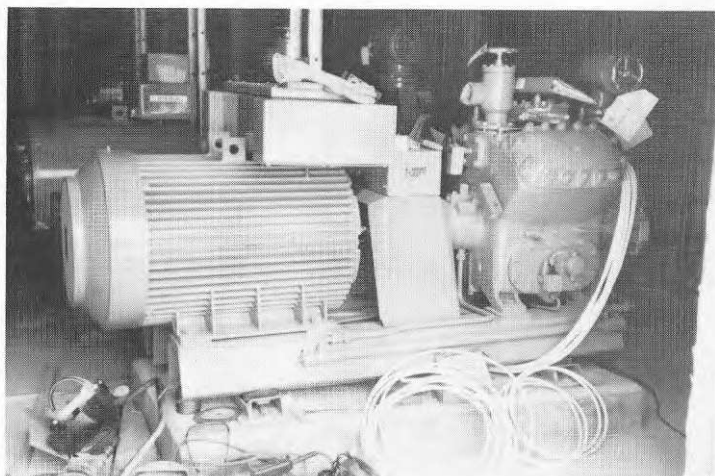
Figur 8 Värmepumpbyggnad under uppförande.



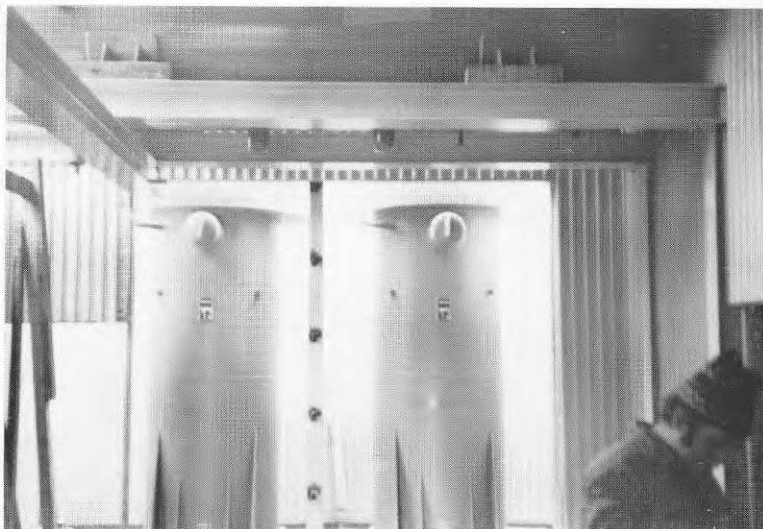
### 3.4 Värmepumpanläggning

#### 3.4.1 Funktion och tekniska data

Värmepumpanläggningen är levererad av Stal Refrigeration AB och består av tre kolvkompressorer, se figur 9, med gemensamt förångarsystem, se figur 10, och kondensor.

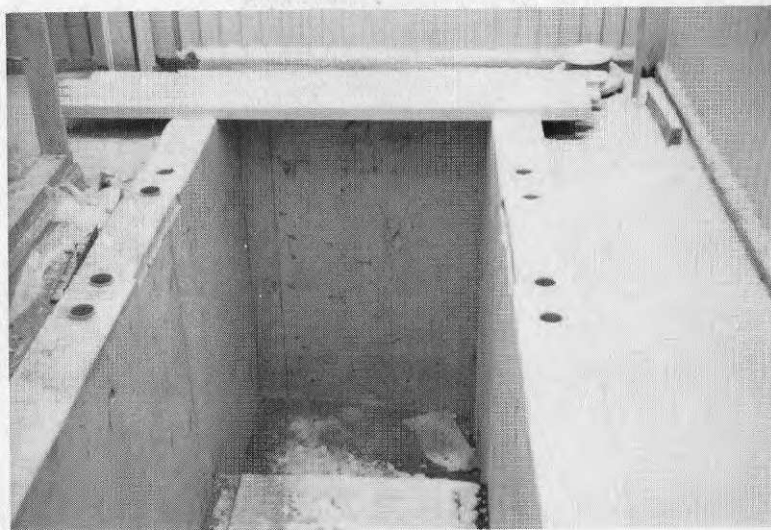


Figur 9 Kompressor



Figur 10 Förångare

Förångarsystemet består av två identiska enheter. Varje enhet innehåller 220 stycken parallella och vertikala rör,  $\varnothing = 37$  mm. Sjövattnet leds till varsin bassäng på toppen av respektive förångare varifrån vattnet strilar genom rören på dess insida till avloppet, se figur 11.



Figur 11 Sjövattenavlopp

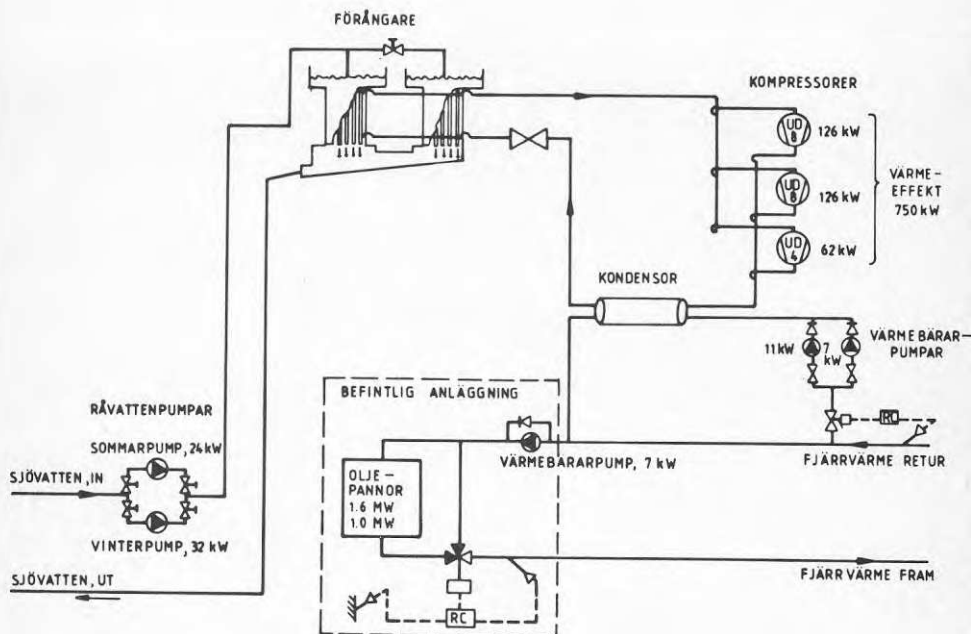
Genom takluckor på värmepumpbyggnaden är rören åtkomliga för mekanisk rengöring. Utanpå rören leds freon, R12, som förångas när sjövattnet avger delar av sitt värmeinnehåll. Vintertid nyttjas båda förångarenheterna vid sjövattenflödet ca 60 l/s medan man sommartid nyttjar bara den ena vid ca 30 l/s.

Två kompressorer är identiska och har typbeteckningen UD8 medan den tredje har typbeteckningen UD4. UD8 levererar 302 kW värmeeffekt vid förångningstemperaturen  $-6^{\circ}\text{C}$ , motsvarar ca  $+0.6^{\circ}\text{C}$  sjövattnet ut, och kondenseringstemperaturen  $+67^{\circ}\text{C}$ , motsvarar ca  $+60^{\circ}\text{C}$  värmevattentemperatur. Eleffektförbrukningen är därvid ca 126 kW. Kompressorn betecknad UD4 är utrustad med tvåhastighets reglering och ger med samma förutsättningar som ovan 147 kW värmeeffekt vid det högre varvtalet och 98 kW värmeeffekt vid det lägre. Eleffektförbrukningen är därvid ca 62 kW respektive ca 39 kW. Anledningarna till att 3 mindre kolvkompressorer valts istället för en stor skruvkompressor är i huvudsak två, dels av säkerhetsskäl vid exempelvis kompressorhaveri och dels för att erhålla bästa systemverkningsgrad. Den minsta kompressorn är exempelvis dimensionerad för att klara småhusområdets effektbehov sommartid.

Kompressorernas gemensamma kondensor är ansluten till fjärrvärmenätets returledning. I kondensorn upptas sjövattnets avgivna värme tillsammans med till kompressorerna tillförd elenergi av fjärrvärmenätets värmevatten. Tekniskt kan värmepumpsystemet värma returvärmevattnet upp till  $+65^{\circ}\text{C}$   $+70^{\circ}\text{C}$ . Avsikten är dock att ej värma värmevattnet högre än  $+60^{\circ}\text{C}$  eftersom verkningsgraden, värmefaktorn, blir sämre vid högre temperaturer. När högre värmevattentemperaturer än  $+60^{\circ}\text{C}$  erfordras skall i första hand befintlig oljeanläggning komplettera.

### 3.4.2 Systemlösning - detalj

I nedanstående förenklade principschema, figur 12, redovisas hela systemet från sjön fram till fjärrvärmenätets fram/returledning. Erforderliga eleffekter är angivna för pumpar och kompressorer. Endast en av de tre värmebärarpumparna är i drift åt gången. Angivna eleffektbehov för kompressorer avser "sämsta" vinterdriftfall d v s förångningstemperaturen  $-6^{\circ}\text{C}$  och kondenseringstemperaturen  $+67^{\circ}\text{C}$ .



Figur 12 Principschema - värmepumpsystem/bef.oljeanl.

## 4 INVESTERINGAR

4.1 Inledning

Värmepumpsystemet har i huvudsak upphandlats i två entreprenader, den ena avseende ledningsarbeten, pumpstation och värmepumpbyggnad och den andra avseende komplett värmepumpanläggning från och med intagsledningens anslutning till värmepumpens förångare och fram till värmepumpens anslutning till befintligt fjärrvärmenät. Komplettering av elkraftförsörjning, elkabeldragning och elmontage har ombesörjts av AB Borlänge Industriverks elavdelning. Ledningsentreprenaden upphandlades 1980-12-03 av Grytnäs Gräv och Schackttjänst, Avesta till fast pris 1100 kkr utan indexreglering men exkl. moms. Värmepumpentreprenaden upphandlades 1980-11-27 av Stal Refrigeration AB till fast pris 1050 kkr utan indexreglering men exkl. moms.

4.2 Investeringar

Erforderliga investeringar exkl. moms för värmepumpkompletteringen i Torsång fördelar sig på de olika delarna enligt:

Värmepumpanläggning komplett med montering exkl. elkabeldragning.	1050 kkr
Intagsledning, sjöförlagd inkl. sil.	152 kkr
Pumpstation.	232 kkr
Ledningsarbeten i mark.	434 kkr
Byggnad inkl. grund.	276 kkr
Transformatorstation inkl. anl. arbeten.	77 kkr
Elkabeldragning till transformatorstation och pumpstation samt elmontage inom värmepumpbyggnad.	ca 54 kkr
Detaljprojektering	140 kkr
Byggledning, kontroll och besiktning	<u>ca 80 kkr</u>
Total investeringskostnad 1981-05-21	ca 2495 kkr

x Beräknade kostnader, eftersom dessa arbetsmoment ej är helt slutförda i skrivande stund. Ev. avvikelse från verklig kostnad är ej mer än 10 kkr.

Total investeringskostnad uppgår således till ca 2495 kkr. Härtill kan eventuellt tillkomma kostnader för installation av tryckstegringspumpar. Vid behov installeras dessa pumpar sommaren 1982.



## 5 MÄTNING OCH UTVÄRDERING

5.1 Inledning

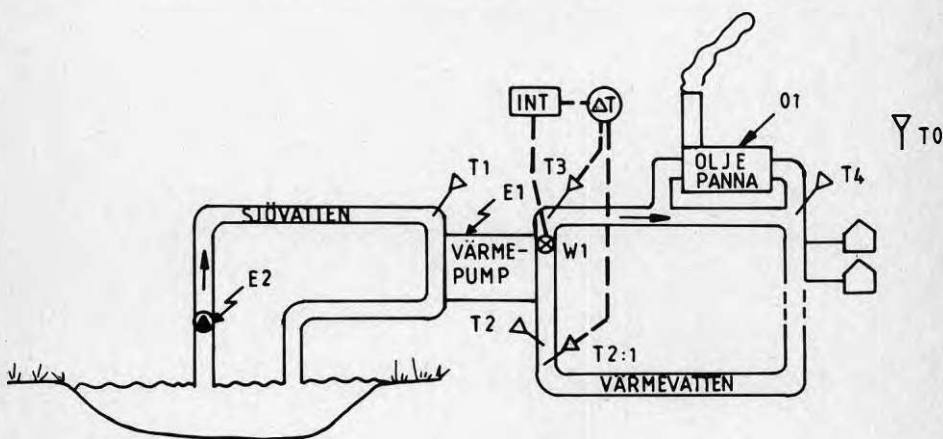
För att utvärdera skillnaden i energiförbrukning mellan nytt system med värmepump och befintligt med enbart oljepannor räcker det i princip med att mäta el- och oljeförbrukningen för det nya systemet och jämföra denna energiförbrukning med oljeförbrukningen i det gamla systemet. Detta förutsätter dock omfattande oljeförbrukningsuppgifter från befintligt system, men eftersom bostadsområdet utbyggts etappvis under de senaste åren finns bara begränsade uppgifter vad beträffar oljeförbrukning. Av detta skäl måste även till bostadsområdet levererad energimängd mätas.

5.2 Mätsystem och mätprogram

I huvudsak skall följande mätas:

- sjövattemperatur före förångare
- kompressorernas elförbrukning
- värmevattenflöde genom kondensorn
- värmevatten temperaturdifferens över kondensorn
- värmevattentemperatur före kondensorn
- värmevattentemperatur efter oljepannor
- energileverans från värmepumpsystemet
- oljeförbrukning
- utomhustemperatur
- vattentemperaturer i sjön vid intag och utlopp, stickprov
- råvattenpumparnas elförbrukning

I nedanstående figur 13 framgår placering av mätpunkter samt i tabell 1 typ av mätutrustning.



Figur 13 Placering av mätpunkter.

Tabell 1

<u>Beteckning</u>	<u>Funktion</u>	<u>Typ</u>
T0	Utomhustemp	Givare PT-100
T1	Temp före förångare	"-
T2	Temp före kondensor	"-
T2:1	"-	"-
T3	Temp efter kondensor	"-
T4	Temp efter oljepanna	"-
ΔT	Diff tempbildare över kondensor	Digital-instrument
INT	Energileverans från kondensor	Integreringsverk
W1	Flöde genom kondensor	Induktiv
E1	Elförbrukning kompressor	
E2	Elförbrukning råvattenpumpar	
O1	Oljeförbrukning	

Samtliga instrument läses av manuellt i samband med den ordinarie driftuppföljningen, en gång per dygn i två år från driftstart 1981-07-01. En automatisk datasamlingsenhet med möjlighet till kontinuerliga avläsningar är ett alternativ men anledningen till att en automatisk avläsningsprocedur ej väljs beror på att energisystemet är stort och trögt, d v s värmevattentemperaturer och flöden ändrar sig obetydligt från dygn till dygn. En fördel med manuella avläsningar är vidare att anläggningen får en daglig tillsyn både med tanke på driftsaspekter och upptäckt av möjliga fel i mätutrustning. Vattentemperaturerna i sjön mäts stickprovsmässigt ca 10 ggr per år under höst, vinter och vår. Avsikten med de senare mätningarna består i att följa sjöns uthållighet som energikälla och de störningar i den naturliga temperaturskiktningen som kan uppstå. Från miljöstörningssynpunkt skall även sjöns bottenfauna undersökas med avseende på art-sammansättning och individtäthet, före och efter projektets genomförande.

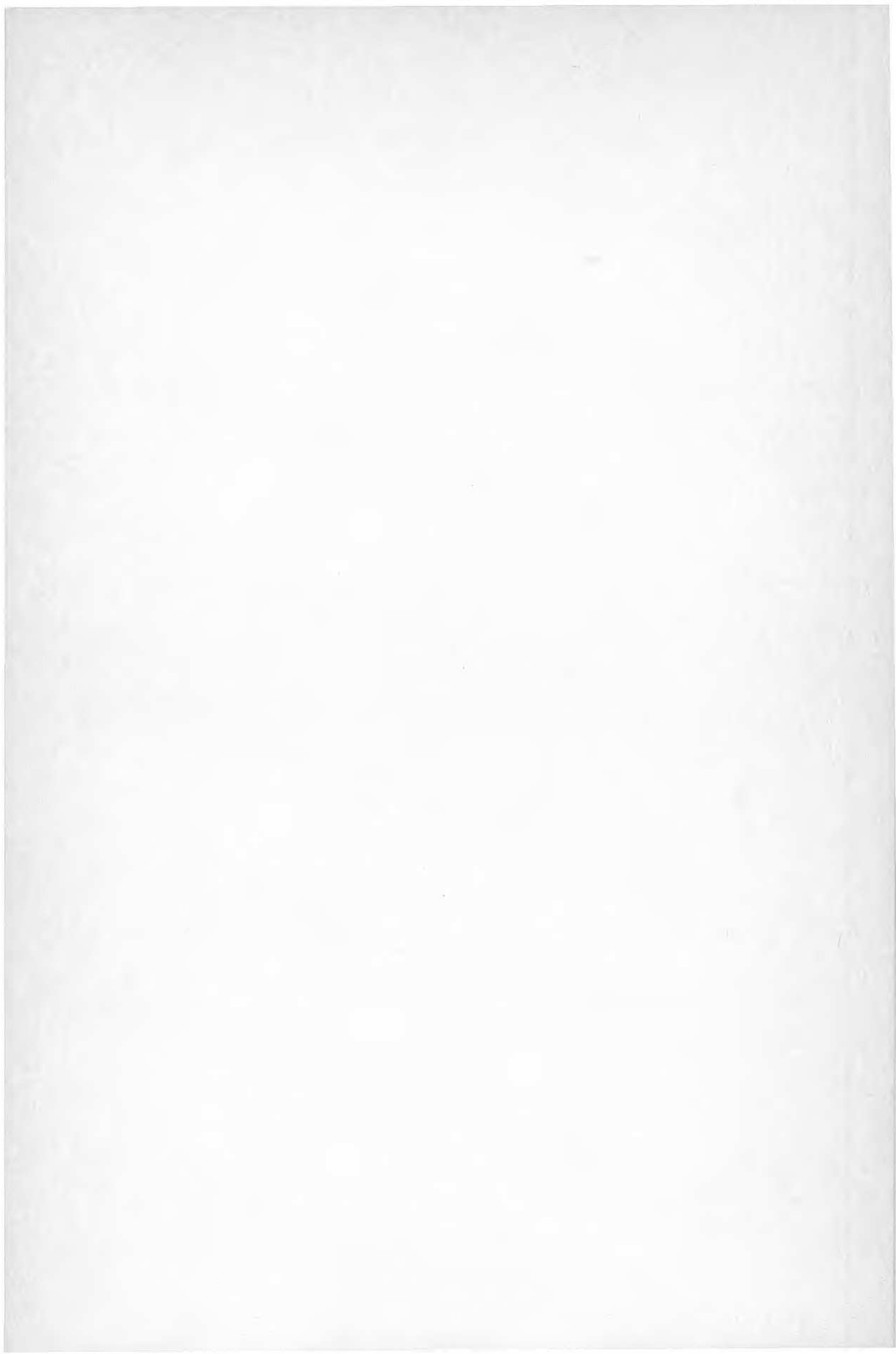
## 6 RITNINGSFÖRTECKNING

Nedan redovisas de för projektet konstruerade och upprättade ritningarna. Dessa kan beställas genom Byggdok.1)

<u>Ritningsbeteckning</u>	<u>Beskrivning</u>
5711.7987 -01	Översiktsplan, råvattenpumpstation med ledningar
"- -02	Råvattenledning, plan
"- -03	"- , plan
"- -04	"- , profil
"- -05	"- , profil
"- -06	"- , profil
"- -07	"- , profil
"- -13	"- , ritningsbeteckning
"- -08	Råvattenpumpstation, situationsplan
"- -09	"-
"- -10	Råvattenpumpstation, armeringsritning gallerduk med upphängningsanordning
"- -11	Intagssil
"- -12A	Värmepumpbyggnad, situationsplan och fasader
"- -12B	Värmepumpbyggnad, golvfundament och överbyggnad
"- -12C	Uppställningsritning för gallerduk till förångare
"- -12D	Mått- och armeringsritning, utloppsässäng. Isolering i väggar och tak.
	Värmepumpanläggning, rörschema
	"- , detaljförteckning
00290434 -3B	"- , maskinrumsuppställning

1) Institutet för byggdokumentation  
Häsingegatan 49, 113 31 Stockholm  
Telefon 08/34 01 70





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 800035-8  
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB,  
Falun.**

**R127: 1981**

**ISBN 91-540-3599-6**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700427**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirka pris: 20 kr exkl moms**