

Rapport

R45:1982

**Värmepump vid friluftsbad
med havsvatten som
värmekälla**

**Hans Grafström
Staffan Lagergren**

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

A. nr

Plac *Ser*

*K
M/S*

R45:1982

VÄRMEPUMP VID FRILUFTSBAD MED
HAVSVATTEN SOM VÄRMEKÄLLA

Projektering, uppföljning och
utvärdering

Hans Grafström
Staffan Lagergren

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
791341-2 från Statens råd för byggnadsforskning
till VBB AB, Stockholm.

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

R45:1982

ISBN 91-540-3692-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

LiberTryck Stockholm 1982

INNEHÅLL

| | |
|--|----|
| SAMMANFATTNING | 5 |
| 1. INLEDNING | 7 |
| 2. PROJEKTERING | 8 |
| 2.1 Intagsarrangemang | 8 |
| 2.2 Inre VVS-arbeten | 8 |
| 2.3 Värmepumpaggregat | 10 |
| 2.4 Övriga arbeten | 11 |
| 3. UPPFÖLJNING AV DRIFTEN | 13 |
| 3.1 Mätningar | 13 |
| 3.1.1 Bakgrund | 13 |
| 3.1.2 Mätutrustning | 13 |
| 3.1.3 Mätresultat, jämförelse med 1979 års värden | 15 |
| 3.2 Drifterfarenheter | |
| 4. UTVÄRDERING | 18 |
| 4.1 Jämförelse med 1979 års värmebehov | 18 |
| 4.2 Korrigering för avvikelser från "normalår" | 19 |
| 4.3 Anläggningskostnader | 20 |
| BILAGOR | 21 |

BILAGEFÖRTECKNING

| | | |
|-----------|---|----|
| BILAGA 1 | Situationsplan | 21 |
| BILAGA 2 | Inkoppling av värmepumpaggregat | 22 |
| BILAGA 3 | Flödesschema | 23 |
| BILAGA 4 | Utformning av läskärmar vid Hälleviks- badet | 24 |
| BILAGA 5 | Mätutrustning för elförsörjning | 26 |
| BILAGA 6 | Mätutrustning för temperaturer, tryck- fall och värmemängder | 27 |
| BILAGA 7 | Mätprotokoll för Hälleviksbadet | 28 |
| BILAGA 8 | Instrålad solenergi mot horisontell yta, 1979 och 1981 | 30 |
| BILAGA 9 | Dygnsmedeltemperatur poolvatten, 1979 och 1981 | 31 |
| BILAGA 10 | Dygnsmedeltemperatur uteluft, 1979 och 1981 | 32 |
| BILAGA 11 | Dygnsmedelvärde relativ fuktighet, 1979 och 1981 | 33 |
| BILAGA 12 | Dygnsmedelvindhastighet, 1979 och 1981 ... | 34 |
| BILAGA 13 | El- och oljeförbrukning 1979 | 35 |
| BILAGA 14 | Elförbrukning 1981 | 36 |
| BILAGA 15 | Havsvattentemperatur, 1981 och "normalår".. | 37 |
| BILAGA 16 | Värmebehovsberäkningar, 1979 och 1981 | 38 |

SAMMANFATTNING

Vid ett utomhusbad i Hällevik, Sölvesborgs kommun, uppfördes under våren 1981 en värmepumpanläggning som ersättning för den tidigare installerade oljepannan. Värmepumpen utnyttjar värme ur havsvattnet för uppvärmning av bassäng- och tappvarmvatten. Nominell värmeeffekt är 410 kW.

Havsvattenintaget är beläget ca 200 meter från strandkanten och förses pumpstationen med vatten via en 250 mm PEH-ledning. Ledningen är vid intagspunkten försedd med en intagssil. Även vid pumpstationen, före den dränkbara länsumpen, finns en silduk som löper i gejdrar och som lätt kan tas upp för rengöring. Havsvattnet pumpas efter filtrering, via en 175 m lång 160 mm PVC-tryckledning, upp till värmepumpens förångare och går därefter i retur till havet via en befintlig tömningsledning.

Värmepumpens förångare och kondensor är av typ horisontell tubpannevärmeväxlare med köld- och värmebäraren inuti tuberna. Såväl förångare som kondensor är försedda med löstagbara gavlar för att möjliggöra mekanisk rengöring. Eftersom bassängerna fylls med salthaltigt havsvatten är tuberna i både förångare och kondensor tillverkade i en legerad aluminiumbrons med god korrosionsbeständighet.

Värmepumpaggregatet är utrustat med en 10-cylindrig semihermetisk kolvkompressor med kapacitetsreglering i 4 steg, 100-80-50-30 %. Kapacitetsregleringen aktiveras av sugtrycket, men kan även regleras manuellt så att optimal eltaxa kan utnyttjas. Värmepumpen är vidare försedd med hetgaskylare för tappvarmvattenberedning. Hetgaskylaren laddar en 3 m³ ackumulator med varmvatten. Som reserv och för topplast är ackumulatorn kompletterad med 3 st elpatroner à 15 kW. Elpatronerna kan endast kopplas in då värmepumpen ej är i drift.

Vid badanläggningen har även andra besparingsåtgärder vidtagits som exempelvis anläggandet av en vegetationsskärm för reduktion av vindhastigheten samt installation av flödesbegränsare och tidsstyrda ventiler i dusch- och tvagningsarmatur.

Under badsäsongerna 1979 (oljepanna) och 1981 (värmepump) har mätningar av solinstrålning, utelufttemperatur, vindhastighet, badvattentemperatur, olje- och elförbrukning m m utförts som grund för en utvärdering av värmepumpinstallationen. Resultatet tyder på att anläggningen ersätter ca 60 m³ Eo1 per år med en total elenergiförbrukning av 120 MWh inklusive el till värmepump, sjövattpump och komplettering av varmvattenbered-

ning. Den totala anläggningskostnaden uppgick i kostnadsnivå jan 1981 till 749 000 kr. Pay-off-tiden blir därmed 8-9 år med elpriset 20 respektive 25 öre/kWh.

1. INLEDNING

Med bidrag från BFR genomförde Sölvesborgs kommun 1979-80 genom VBB, Stockholm, en förstudie avseende värmeförsörjningen vid Hälleviksbadet. (Arbetet finns redovisat i BFR-rapport R44:1980.) De uppvärmningsanläggningar som studerades var

- A-konventionell övertryckseldad oljepanna
- B-värmepump uteluft/poolvatten
- C-värmepump havsvatten/poolvatten
- D-soluppvärmning kompletterad med oljepanna

Förstudien visade att alternativen med värmepump låg nära lönsamhet men att uppvärmning med hjälp av solfångare ej var intressant. Lägst årskostnad erhöles med en konventionell oljepanna, alt A. Sedan förstudien genomfördes har oljepriset (Eo1) ökat med drygt 70 % varför driftkostnadsdifferensen mellan oljeeldning och värmepumpalternativen ökat avsevärt till värmepumparnas fördel.

Med förstudien som underlag beslöt Sölvesborgs kommun att söka experimentbyggnadslån för uppförande av en värmepumpanläggning med havsvatten som värmekälla. Ansökan beviljades och VBB erhöi bidrag för projektering, uppföljning och utvärdering av installationen. Projekteringen har genomförts med Hugo Theorells Ingenjörbyrå som underkonsult för inre VVS-arbeten.

Under badsäsongen 1979 genomfördes ett omfattande mätprogram av meteorologiska data samt uppgifter om levererad värmemängd, el- och oljeförbrukning, badvattentemperatur etc. Under 1981, d v s den första badsäsongen som värmepumpanläggningen varit i drift, har ett liknande mätprogram genomförts. Avsikten har varit att kunna utvärdera installationen och då ta hänsyn till de olika meteorologiska förhållandena, besöksfrekvens, badvattentemperatur etc, som förelegat 1979 och 1981. Korrigering av uppmätt värmebehov har därefter utförts med hjälp av den värmebalansmodell som tagits fram i förstudien.

Mät- och utvärderingsperioden har av kostnadsskal begränsats av BFR till en badsäsong varför mer långsiktiga effekter av installationer ej har kunnat bedömas.

2. PROJEKTERING

2.1 Intagsarrangemang

Eftersom havsviken utanför Hälleviksbadet är mycket långgrund erfordras ca 200 meter sjöledning för att nå ned till 2 m djup. Sjöledningen är utförd av PEH-tryckrör med dimension 250x9,7 mm, NT4 och är förlagd i schaktad ledningsgrav samt försedd med permanent belastning vars vikt i vattnet skall uppgå till min 24 kg/m. Avståndet mellan belastningspunkterna är max 3,5 m.

Intaget utgörs av en cylindrisk sil med en diameter av 340 mm, höjd 400 m och spaltvidden 14 mm. Detta ger en maximal vattenhastighet vid intagsöppningen av 0,07 m/s, vilket minskar riskerna för att alger, sjögräs m m tillförs pumpstationen. Silen är utförd i varmgalvaniserat stål.

Pumpstationen är försedd med en dränkbar länsypump samt nivåvippor för start, stopp och låg nivå. Driftpunkt för pumpen är 20 l/s vid 10 mvp. Före länsypumpen filtreras sjövattnet genom en silplåt med 3 mm fri maskvidd. Silplåten löper vertikalt i u-järn så att upptagning för rengöring kan ske på ett enkelt sätt. Automatikskåp för pump är placerad i maskinbyggnaden i anslutning till värmepumpen. Sjövattenpumpen förreglar värmepumpaggregatet.

Markledning mellan pumpstation och värmepumpens förångare är utförd i PVC-tryckrör med dimension 160x4,7 mm, NT6. Utmed sin längd, 175 m, finns en nedstigningsbrunn och en inspektionsbrunn. Genom en avtappning vid simbassängens norrsida, kan intagsledningen användas för att fylla bassängerna som töms under våren för målning och andra underhållsarbeten. Tidigare år har brandkåren anlåtats för detta ändamål. Returvattenledning från värmepumpens förångare är utförd i PVC avloppsrör, 160x4,6 mm, klass T och ansluter till befintlig tömningsledning. Denna tömningsledning mynnar i en stenkista vid strandkanten.

Ritningar över plan, detaljer och profil redovisas i bilaga 2:1 och bilaga 2:2. Kompletta förfrågningsunderlag är framtaget och finns tillgängligt hos VBB, Malmö.

2.2 Inre VVS-arbeten

Inre VVS-arbeten omfattade dels demontering av befintlig uppvärmningsanläggning dels montering av utrustning för anslutning av värmepumpaggregat.

Demonteringen innefattade bl a oljepannor, oljetank inklusive oljerör, samtliga hetvattenledningar med ventiler och cirkulationspumpar samt plattvärmeväxlare för varmvattenberedning och bassängvattenvärmning.

Värmepumpens kondensor ansluter till befintlig poolvattenledning efter sandfiltret. Rörledningen är utförd i syrafast stål, SIS 2343, i dimension 154x2,0 mm. Önskat flöde genom kondensorn, ca 20 l/s, regleras in med strypventil på den befintliga poolvattenledningen. Vid uppstartning av anläggningen på våren, då poolvattnet håller låg temperatur, shuntas ett delflöde förbi kondensorn. Shuntningen, som styrs av utgående vattentemperatur och regleras med en motorventil, garanterar ett minsta kondenseringsstryck och är ett krav från värmepumpleverantörerna. Denna utrustning ingår därför i värmepumpentreprenaden. Anslutning till kondensorn sker via vibrationsdämpande anordning.

Markledningen ansluter likaså till förångaren via vibrationsdämpande anordning. Via en avtappning kan spädvatten till bassängerna tillföras för att kompensera avdunstningen.

Värmepumpaggregatet är försett med s k hetgaskylare där ca 15 % eller max 60 kW av kondensoreffekten kan utnyttjas för varmvattenberedning. Avsikten var att cirkulerande varmvatten från hetgaskylaren skulle värmeväxlas i en befintlig plattvärmeväxlare mot varmvatten från en 3 m³ stor isolerad varmvattenackumulator. För exceptionella tappningar och som reserv skulle uppföras en elvarmvattenberedare på 3x15 kW och med volymen 1,5 m³. Av kostnadsskäl och med bedömningen att reservkapacitet för varmvattenberedning inte var motiverad vid badet, beslöt kommunen att elvarmvattenberedaren skulle utgå. Som reserv installerades elpatroner 3x15 kW istället i varmvattenackumulatorn.

Vid montering av varmvattenackumulatorn konstaterades att denna ej innehöll den tryckklass som erfordrades. Vissa ytterligare justeringar av inkopplingen var därför nödvändiga att göra. Beredningen av varmvatten sker nu genom att hetgaskylare och varmvattenackumulator arbetar i ett slutet system. Inkommande kallvatten värmeväxlas mot detta system dels i den befintliga plattvärmeväxlaren, dels i ett rörbatteri i ackumulatorn och blandas därefter till förinställd temperatur, +38°C, genom en temperaturstyrd trevägsventil. Vid låg temperatur i varmvattenackumulatorn kopplas elpatronerna in stegvis. Detta kan tänkas ske varma dagar då behovet av värme för bassänguppvärmning är litet och värmepumpen ej är i drift, men besöksfrekvensen är hög, medförande hög varm-

vattenförbrukning. Är värmepumpen i drift är inkoppling av elpatronerna spärrad.

Istället för att ersätta ett vattenburet varmlufts-batteri i omklädningsrummen med en likvärdig elekt-risk luftvärmare, kopplades den befintliga värma-ren in på cirkulationskretsen mellan hetgaskylare och varmvattenackumulator.

I poolvatten- och tappvarmvattenledning inkoppla-des värmemängdsmätare för registrering av leverera-rad värme från värmepumpaggregat. Likaså inmonter-ades termometrar och manometrar från utvärderings-synpunkt intressanta ställen.

Ritningar och flödesschema över inre VVS-arbeten återfinns som bilaga 2:3-2:5. I bilaga 2:6 visas de förändringar i inkoppling av varmvattenackumu-latorn som redovisats ovan. Kompletta förfrågnings- underlag är framtaget och finns tillgängligt hos Hugo Theorells Ingenjörbyrå AB, Solna.

Förutom dessa arbeten har i dusch- och tvagnings- armatur inmonterats flödesbegränsade och själv- stängande ventiler.

2.3 Värmepumpaggregat

Värmepumpaggregatet tar värme ur havsvatten och kondensoreffekten används för uppvärmning av bas-sängvatten. Såväl havs- som bassängvatten är salt- haltigt (bassängerna fylls på våren med havsvatten) varför speciella materialkrav ställs på såväl förångare som kondensor. Dessutom skall förångaren vara åtkomlig för rengöring då viss biologisk påväxt och igensättning kan uppstå.

Den typ av förångarkonstruktion som ansågs mest lämpad var en horisontell tubpanneförångare där havs- och bassängvattnet går inuti tuberna. Såväl förångaren som kondensorn är försedd med löstag- bara gavlar. Av de materialkvaliteter som inom den begränsade leveranstiden kunde erbjudas från de leverantörer som tillfrågades, föll valet på en värmeväxlare med tuber i aluminiumbrons legerat med Ni, Mn och Fe. Alternativ med standardaggregat och mellankrets med plattvärmeväxlare i Titan eller höglegerat rostfritt stål på såväl kalla som varma sidan diskuterades, men merkostnaden för denna lösning ansågs ej motiverad. Dessutom var den yta som kunde disponeras för uppställning av värmepumpaggregatet begränsad, varför platt- värmeväxlarna skulle inskränka på övriga verksam- heter.

Det valda aggregatet har en 10-cylindrisk semihermetisk kolvkompressor med kapacitetsreglering i 4 steg,

100-80-50-30 %. Kapacitetsregleringen aktiveras av ångtrycket. Aggregatet har vid dimensioneringsförutsättningarna (förångning-/kondenseringstemperatur 0°/35°C) följande data

| | |
|---------------------|------------------------------------|
| Kyleffekt | 336,1 kW |
| Värmeeffekt | 410,6 kW |
| Värmeffaktor | 5,5 |
| Kompressor | 10 cyl kolvkompressor, fabr Grasso |
| Kapacitetsreglering | 100-80-50-30 % |
| Effektbehov | 74,5 kW |
| Märkström | 140A |
| Startström | YD-start 300A |
| Köldmedium | R-22 |

| | |
|------------------|--|
| Kondensor | 2-stråks tubpannekondensor, fabr Helpman |
| Värmebärrarflöde | 19,6 l/s |
| Temperatur in/ut | 25°/30°C |
| Tryckfall | 2,9 mvp |
| Värmeväxlaryta | 59,8 m ² |

| | |
|------------------|--|
| Förångare | 4-stråks tubpanneförångare, fabr Helpman |
| Köldbärrarflöde | 20 l/s |
| Temperatur in/ut | 9°/5°C |
| Tryckfall | 4,1 mvp |
| Värmeväxlaryta | 150,8 m ² |
| Hetgasväxlare | ca 15 % av kond effekt, max 60 kW. |

Värmepumpaggregatet är monterat på maskinstativ och levererat av Industriell Värmeteknik AB, Tranås.

Efter montering har värmepumpens reglerutrustning kompletterats med manuell kapacitetsreglering (-begränsning) så att optimalt utnyttjande av eltaxan kan erhållas.

2.4 Övriga arbeten

Som konstaterats i den tidigare genomförda förstudien kan ett läskydd i form av vegetationsskärmar reducera medelvindhastigheten vid bassängerna med 25 till 50 %. Vid en 25 %-ig vindreduktion erhålls en bränslebesparing av ca 12 % ett "normaldygn".

Anläggandet av dessa vegetationsskärmar genomfördes under hösten 180 efter anvisningar som redovisas i bilaga 2:7.

Beredning av tappvarmvatten sker i två separata system:

- 1) Lågtemperaturvarmvatten, +25°C, betjänar de bägge uteduscharna

- 2) Normaltemperaturvarmvatten, +38°C, betjänar alla dusch- och tvagningsstappställen, toaletter, cafeteria och personalutrymme

Samtliga duschar har försetts med nya duschsilar med flödesbegränsare varvid duschvattenflödet kan reduceras från ca 0,9 l/s till ca 0,3 l/s. Dessutom har samtliga duschar samt armaturer vid tvagningsbänkar försetts med självstängande ventiler, vilka stoppar tappningen efter 5-10 sekunder.

Åtgärderna beräknas reducera energiförbrukningen med ca 67 MWh/år samt minska den årliga vattenförbrukningen med 2 900 m³.

3. UPPFÖLJNING AV DRIFTEN

3.1 Mätningar

3.1.1 Bakgrund

För att kunna göra en rättvisande uppföljning av driften med värmepumpanläggning är det nödvändigt att mäta och registrera de parametrar som styr värmebalansen vid badet. Vid en jämförelse med tidigare förhållanden, då oljeuppvärmning av badet utnyttjades, krävs att man tar hänsyn till de olika förhållandena som förelegat under uppvärmningssäsongen. Det är i första hand meteorologiska förhållanden samt badvattentemperatur och antalet besökande som avgör behovet av värme. Mätutrustning placerades därför ut för att registrera följande data.

- Solinstrålning
- Badvattentemperatur
- Utelufttemperatur
- Relativ luftfuktighet
- Vindhastighet

För att kunna utvärdera prestandan hos själva värmepumpaggregatet registrerades dessutom följande parameterar:

- Elenergi/effekt till värmepumpens motor
- Elenergi till elpatroner i varmvattenackumulator
- Drifttidsmätare för havsvattenpump
- Elenergi/effekt till övriga förbrukare
- Tryckfall över förångare
- Temperatur in/ut till förångare
- Temperatur in/ut till kondensor
- Levererad värmemängd till bassängvattnet
- Levererad värmemängd till tappvarmvattnet

3.1.2 Mätutrustning

Solinstrålning

För att mäta solinstrålningen användes en pyranometer bestående av ett termoelement vars svärtade inneslutna mätkropp placerades horisontellt ovanpå maskinrummets tak. Denna placering ansågs ur instrålningssynpunkt representativ för bassängytorna. Termoelementets referenspunkt fanns inbyggd i den registrerande enheten.

Mätinstrumentet var utrustat med två integrationsverk som växelvis avlästes och nollställdes var dag. Resultatet omräknades med en konstant varvid erhöles totalt instrålning i kWh/m²,d.

Badvattentemperatur

Badvattentemperaturen avlästes 3 gånger per dygn på temperaturmätare placerad på tillloppsledning till värmepumpens kondensator. Temperaturen avsåg därmed det blandade flödet från samtliga tre bassänger.

Utelufttemperatur och relativ luftfuktighet

Avlästes 3 gånger per dygn från befintliga instrument vid badet

Vindhastighet

Vindhastigheten bestämdes med en kontaktnemometer av fabrikat FUESS, vilken lämnade kontinuerliga uppgifter om vindstyrkan. Mätningarna överfördes på elektrisk väg via ringledningskabel till en registrerande enhet vars kontaktverk gav en markering för varje 500 meter vindväg. Skrivarpapper byttes varje morgon.

Elförbrukning

Samtliga elenergi- och eleffektmätare avlästes 3 gånger per dygn. Inkopplingen visas i bilaga 3:1.

Någon drifttidsmätare för havsvattenpumpen blev aldrig monterad, varför en uppskattning av dess förbrukning gjorts i senare avsnitt.

Tryckfall över förångare

En manometer placerades mellan in- och utlopp till förångaren. Manometern hade ett felaktigt mätintervall och sattes igen av föroreningar varför några mätvärden ej kunde registreras.

Temperatur in/ut till förångare respektive kondensator

Samtliga temperaturer avlästes 3 gånger per dygn på temperaturmätare placerade i dykrör på till- och frånloppsledningarna.

Levererad värmemängd

Värmemängdsmätare placerades i såväl poolvattenledningen som tappvarmvattenledningen för att registrera den värmemängd som levererades från värmepumpaggregatet. Värmemängdsmätaren för tappvarmvattnet har varit i drift hela säsongen medan den i poolvattenledningen inte har fungerat tillfredsställande.

Placering av temperaturmätare och värmemängdsmätare visas i bilaga 3:2.

Samtliga mätresultat som ej registrerades på skrivare fördes in på mätprotokoll vars utseende framgår av bilaga 3:3.

3.1.3 Mätresultat, jämförelse med 1979 års värden

De mätvärden som registrerats under badsäsongen 1981 har på samma sätt som beskrivits i tidigare genomförd förstudie, behandlats och redovisats som "dygnsmedelvärden". För de registreringar som utförts manuellt endast under dagtid motsvarar dessa medelvärden "dagsmedelvärden".

I bilagorna 3:4-3:12 redovisas såväl 1979 som 1981 års värden för solinstrålning, badvattentemperatur, utelufttemperatur, relativ fuktighet och vindhastighet. Dessutom redovisas uppgifter för 1979 för olje- och elförbrukning och för 1981 för elförbrukning till värmepump, varmvattenberedare och övrig förbrukning samt havsvattentemperatur. Uppgifterna gäller enbart badsäsongen. Görs en summering över hela badsäsongen för de bägge åren vad beträffar dessa parametrar erhålls nedanstående sammanställning.

| | <u>1979</u> | <u>1981</u> |
|---|-------------|--------------------|
| Solinstrålning, medel kWh/m ² ,d | 5,41 | 5,23 |
| Badvattentemperatur, medel, °C | 24,2 | 24,7 |
| Utelufttemperatur, medel °C | 14,6 | 14,9 |
| Relativ fuktighet, medel, % | 87,9 | 88,7 |
| Vindhastighet, medel, m/s | 1,02 | 1,01 |
| Oljeförbrukning, totalt, m ³ /säsong | 64 | 3,7 ¹⁾ |
| - motsvarande $\eta=80\%$, MWh/säsong | 505,9 | 29,2 |
| Elförbrukning | | |
| - värmepump, totalt, MWh/säsong | - | 103,6 |
| - varmvattenberedare, totalt, MWh/säsong | - | 15,5 ²⁾ |
| - övrig förbrukning, totalt, MWh/säsong | 84,2 | 86,6 ³⁾ |
| Antal besökande, totalt | ca 62 000 | ca 63 000 |

Som framgår av sammanställningen är skillnaden mellan de två åren mycket små, vilket i senare avsnitt även visar sig på de teoretiska värmeberäkningarna.

- 1) Förbrukning under driftstopp 3/6-15/6
- 2) Varav ca 4,5 MWh under driftstopp 3/6-15/6
- 3) Inkluderar sjövattpump om max ca 8 MWh

3.2 Drifterfarenheter

Värmepumpanläggningen levereransprovades på plats den 11 maj och har sedan varit i drift över sommaren t o m den 23 augusti då badet stängdes. Under denna driftperiod har följande händelser inträffat.

Vid provdrift av intagsledningen flöt inget vatten in till pumpstationen varför man befarade att självfallsledningen var igensatt av schaktmassor eller andra föroreningar. Igensättningen lossnade efter det att man tätat ledningen inne vid pumpstationen och därefter med tryckluft "blåst" rent. Vid uppfyllning av bassängerna med hjälp av intagsledningen gick en av limfogarna på PVC-ledningen i maskinrummet upp. Flödet kortslöt tursamt elförsörjningen till sjövattpumpens motorskåp så att pumpen stoppade.

I början av juni upptäcktes missljud från kompressorn samtidigt som oljenivån i vevhuset sjönk under miniminivå då aggregatet gick på dellast. Provisoriskt åtgärdades detta genom att stora mängder olja fick fyllas på med jämna mellanrum. Servicepersonal från leverantören gjorde besök vid anläggningen men kunde inte åtgärda symtomet. Den 4 juni stängdes värmepumpen av p g a kompressorhaveri. Efter kompressorbyte kunde anläggningen startas åter den 15 juni. Under stilleståndsperioden inhyrdes en transportabel oljeeldad värmeanläggning för att sköta varmhållningen av bassängvattnet. Beredning av tappvarmvatten kunde klaras genom elpatronerna i varmvattenackumulatören.

Problemet med oljeåterföringen fanns fortfarande kvar efter kompressorbytet och var inte åtgärdat av leverantören vid badets stängning i augusti.

Värmepumpens reglerutrustning har kompletterats med manuell kapacitetsreglering (kapacitetsbegränsning) så att optimalt utnyttjande av eltaxan kan erhållas.

Rengöring av förångaren har utförts 3-4 gånger under sommaren efter det att alger och sjögräs satt igen inloppet till förångartuberna. Dessutom har intagssilen visat tendenser till igensättning och har fått rengöras ett flertal gånger. Sedan man ändrat på arbetsrutinerna för rengöringen av den silduk som finns i pumpstationen har förhållandena förbättrats. Den ram som håller silduken på plats, tätar dessutom inte helt mot de u-järn som den löper i, utan ett visst läckage av föroreningar sker kontinuerligt. Justering av detta kommer att utföras till nästa badsäsong.

För att underlätta upplyftning av silduken har en ställning för detta ändamål monterats.

De dykrör för temperaturmätare som monterats i poolvattenledningen var av felaktigt material och har på grund av korrosionsskador ersatts.

Eftersom man har behov av högre varmvattentemperatur i badets servering har man kompletterat denna med en separat elektrisk varmvattenberedare.

Under badsäsongen har vare sig rör eller varmvattenackumulator varit isolerade varför värmeförlusterna från dessa i framtiden kommer att minska då detta utförts.

4. UTVÄRDERING

4.1 Jämförelse med 1979 års värmebehov

För att ge en rättvisande bild av storleken på den energibesparing som installationen av värmepumpen innebär har en jämförelse med värmebehovet och oljeförbrukningen år 1979 gjorts. Jämförelsen har utförts med hjälp av den simuleringsmodell som tagits fram i förstudien och som beskriver värmebalansen vid badet. Modellen tar hänsyn till följande faktorer:

- Tillgodogjord solenergi
- Ledningsförluster till omgivande marklager
- Konvektionsförluster till omgivande luft
- Strålningsförluster
- Avdunstningsförluster
- Ackumulering av värme i bassängvattnet

Inverkan av kulvertförluster och tillskott från badande har försumrats. Differensen i tillskott och förluster måste täckas av värme från värmeanläggningen för att badvattentemperaturen skall kunna upprätthållas. En detaljerad redogörelse av beräkningssamband och metodik finns redovisad i förstudien.

Med användandet av 1979 och 1981 års dygnsmedelvärden för solinstrålning, badvattentemperatur, utelufttemperatur, vindhastighet och relativ fuktighet har värmebehovsberäkningar genomförts för de två badsäsongerna. För de dagar där mätvärden saknas, till följd av fel på mätutrustningen, har medelvärden för hela mätperioden utnyttjats. Resultaten har därefter summerats veckovis varvid de resultat som redovisas i bilaga 4:1 erhållits.

Som framgår av beräkningar var nettovärmebehovet för badvattenuppvärmning ca 30 MWh större 1981 än 1979. Vid en pannverkningsgrad av ca 80 % motsvarar detta en merförbrukning av olja med 4 m³ per säsong.

Genom de åtgärder som vidtagits på tappvarmvattensystemet och spädvattentillförseln har vattenförbrukningen kunnat reduceras från 7 000 m³ per säsong i medeltal under tidigare år, till 1 700 m³ under 1981. Genom installation av flödesbegränsare och självstängande ventiler har vattenförbrukningen för dusch och tvagning minskat med 2 900 m³/år från 4 300 m³/år till ca 1 400 m³/år. Genom att utnyttja intagsledningen för uppfyllning av bassängerna och för spädvattentillförsel har vattenförbrukningen för filterspolning (vid uppfyllningsperioden) och spädvatten minskat med ca 2 400 m³/år.

Den energibesparing som erhålls då tappvarmvattenförbrukningen reducerats, minskar detta behov med ca 67 MWh/år från 100 MWh/år till 33 MWh/år.

Det totala värmebehovet för badsäsongen 1979 och 1981 blir därmed fördelat enligt nedan.

| | <u>1979</u> | <u>1981</u> |
|---|--------------|-------------|
| Värme till bassängvattenuppvärmning, MWh | 405,8 | 435,2 |
| Värme till tappvarmvattenberedning, MWh | <u>100,0</u> | <u>33,0</u> |
| Totalt värmebehov, MWh | 505,8 | 468,2 |
| Ekvivalent oljeförbrukning vid 80 % pannverkningsgrad, m ³ | 64,0 | 59,2 |

Under den tid då värmepumpen var ur drift, d v s 3-15 juni, förbrukades sammanlagt 3,7 m³ Eo1 för värme till bassänguppvärmning motsvarande ca 25,5 MWh. Dessutom har elpatronerna i varmvattenberedaren totalt levererat ca 15,5 MWh under badsäsongen. Värmepumpen skulle därmed ha levererat 468,2 - 25,5 = 442,7 MWh. Eftersom värmemängdsmätarna aldrig varit kontinuerligt i drift kan denna teoretiskt framräknade uppgift inte verifieras.

För drift av värmepumpaggregatet åtgick sammanlagt 103,6 MWh el, vilket ger en årsmedelvärmefaktor av 4,12. Inkluderas sjövattpumpen (7 MWh/år) och elförbrukning till varmvattenberedning (10,9 MWh/år) erhålls en total värmefaktor om 3,61 för driften under badsäsongen 1981.

4.2 Korrigerigering för avvikelser från "normalår"

Havsvattentemperaturen, tidigare redovisad i bilaga 3:12, var i genomsnitt ca 2°C under vad som gäller för ett normalår i Hälleviken. Högre temperatur på inkommande havsvatten höjer förångningstrycket och -temperaturen varvid värmefaktorn kommer att förbättras. 2°C högre förångningstemperatur i medeltal över säsongen innebär teoretiskt att värmefaktorn höjs i detta fall från 4,12 till 4,41 för enbart värmepumpaggregatet.

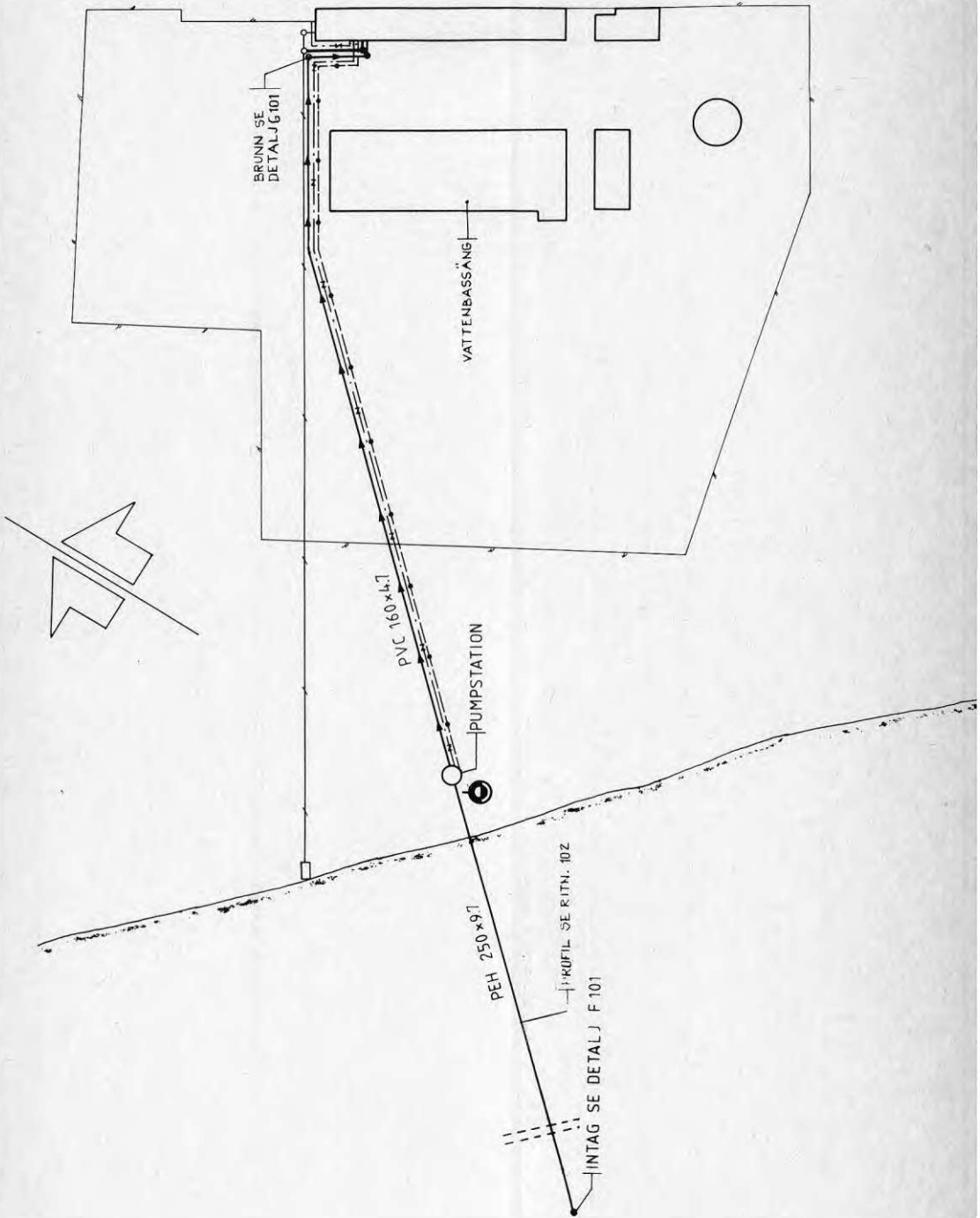
De upprepade driftstoppen har inneburit att elpatronerna i varmvattenackumulatort utnyttjats i högre grad än vad som måste anses som normalt. Dessutom har ackumulatort varit oisolerad hela säsongen. "Normal" elförbrukning för spetsning av varmvattentemperaturen förutsätts vara ca 500 kWh/vecka eller totalt ca 7 MWh per badsäsong. Den totala värmefaktorn med dessa ovanstående korrigeringar torde därmed öka från 3,61 till ca 3,9 räknat som ett medelvärde för hela badsäsongen.

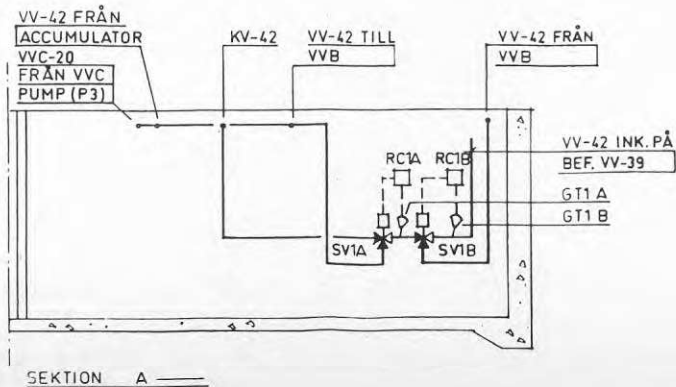
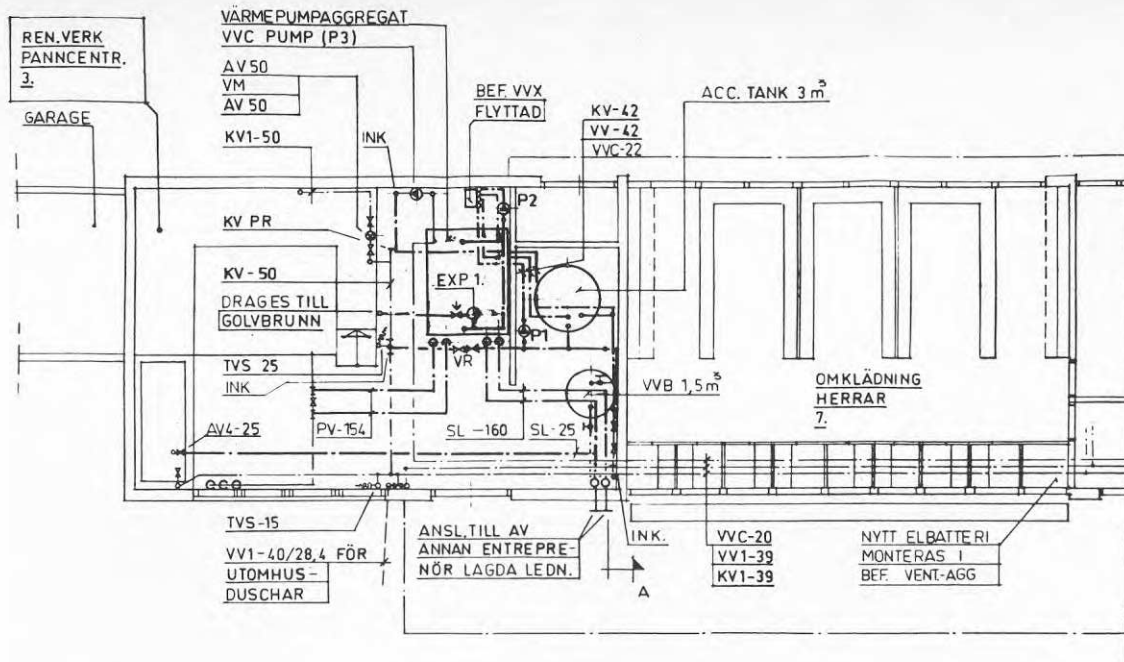
4.3 Anläggningskostnader

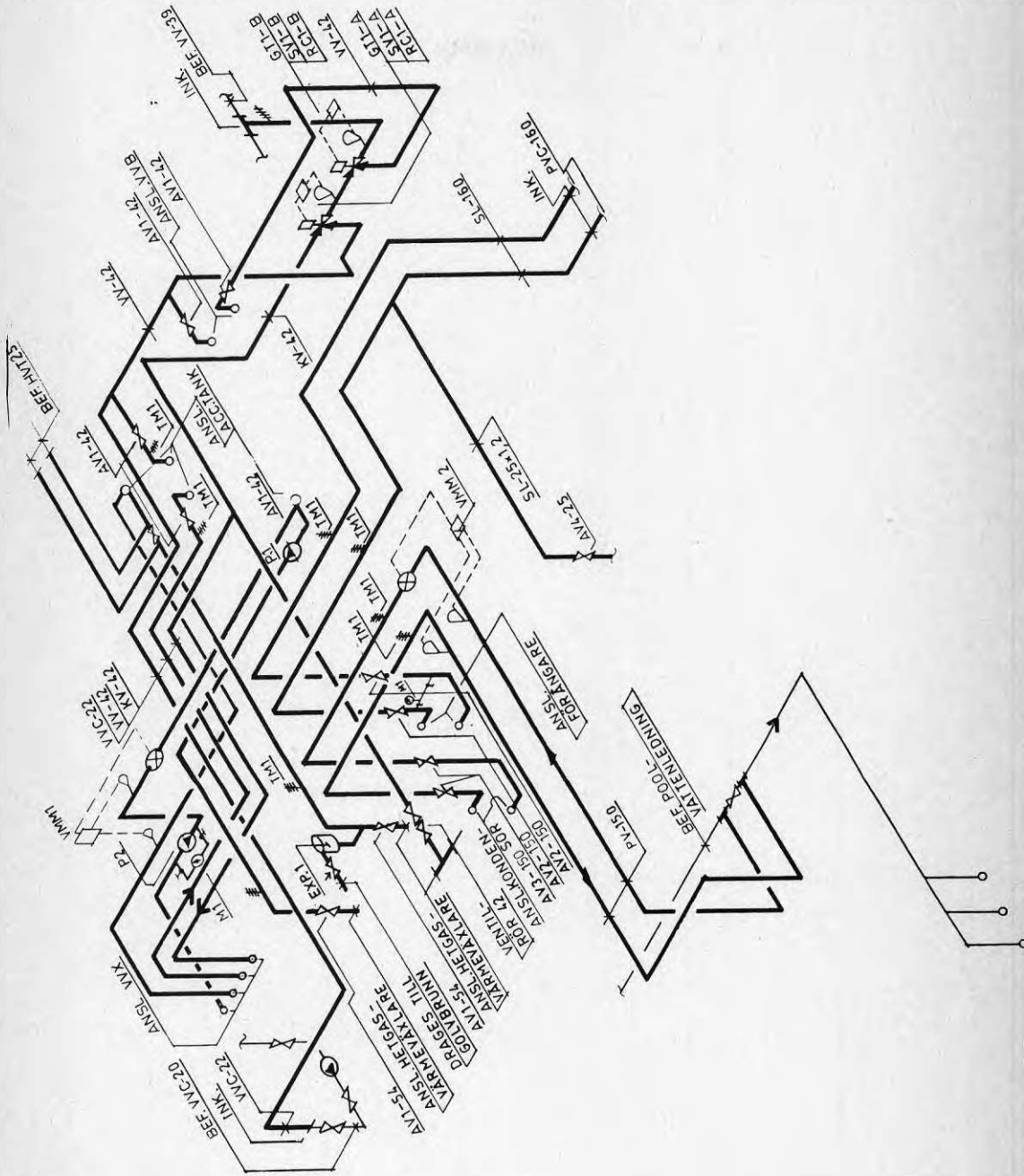
Investeringen för hela anläggningen redovisas i nedanstående uppställning och gäller 1981-01-15. Den preliminära kostnadskalkyl som framtogs i förstudien, 570 000 exklusive moms uppräknat i kostnadsnivå jan 1981, har överskridits med knappt 18 %. Huvuddelen av denna merkostnad ligger på intagsledningen som blev mer komplicerad än vad som kunde förutses. Även installationen av varmvattenackumulatorn, istället för utnyttjande av en befintlig oljecistern som värmemagasin, bidrar till att kostnaderna blev högre än vad förkalkylen visade.

| | |
|---|------|
| Intagsarrangemang inkl pumpstation, kkr | 231 |
| Inre VVS-arbeten, kkr | 135 |
| Div byggarbeten, kkr | 5 |
| Elanslutning, kkr | 13 |
| Värmepumpaggregat, kkr | 263 |
| Planteringar, kkr | 25 |
| <hr/> | |
| Kostnad exkl moms, kkr | 672 |
| Mervärdesskatt | |
| - intagsarrangemang, värmepump (3,95 %), kkr | 19,6 |
| - inre VVS-arbeten (12,87 %) | 17,4 |
| <hr/> | |
| Kostnad inkl moms, kkr | 709 |
| Diverse oförutsett (efter 1981-01-15) | 40 |
| <hr/> | |
| Beräknad totalkostnad, kkr | 749 |

Om anläggningen årligen ersätter 60 m³ Eo1 à 1 900 kr/m³ och ger en total värmefaktor av 3,9, inklusive el till sjövattpump och varmvattenberedare, blir pay-offtiden 8-9 år vid ett elpris av 20 respektive 25 öre/kWh.







Bilaga 4
Sid 1(2)

Utformning av läskärmar vid Hälleviksbadet.
Sölvesborgs kommun

Efter besiktning av platsen kan konstateras att läplanteringen bör koncentreras till området kring staketet mot stranden samt i zonen längs bassängerna. Viss ytterligare plantering för att höja trivsel och upplevelsevärden inom badet kan vara värdefull.

Plantering

För att begränsa framtida skötsel- och underhållskostnader bör väljas en sk naturpräglad plantering av flerskiktad typ. Den sandiga marktypen anger att man bör välja bland hedartade växter samt att en täckgröda bör användas för att förbättra näringsstatus och jordmånbildningen. För att få läeffekt så snabbt som möjligt bör en snabbväxande art användas som amträäd t ex poppel (*Populus canadensis bacheleri*). Lämpliga övriga trädarter är tall (*Pinus silvestris*) och ek (*Quercus robur*) samt björk (*Betula verrucosa*) som är gynnsam för jordmånbildningen. Lämpliga buskarter är vanlig fläder (*Sambucus nigra*), äppelros (*Rosa canina*) och måbär (*Ribes alpinum*). Som täckgröda föreslås vitklöver, som skall ympas med en baljväxtkultur för vitklöver. Kulturen kostar i storleksordningen 50 kronor per portion och räcker till ca 1/2 ha. Den kan köpas från Sveriges lantbruksuniversitet, Baljväxtlaboratoriet.

De planterade arterna kan väljas som unga exemplar. Längs staketet mot stranden bör läplanteringen göras ca 20 meter bred med ett plantavstånd på 1 m. Planteringen bör utföras så att åtminstone buskarna och någon trädrad står på badtomten.

| | | | | |
|---|-----------------|---|----------------|----------|
| H | huvudart (tall) | 1 | brynplantering | fläder |
| E | sidoart (ek) | 2 | " | äppelros |
| B | " (björk) | 3 | " | måbär |
| P | amträäd | | poppel | |

Planteringen bör ske i nedanstående mönster.

```

T E T T P T T B T T P T T E
P T T B T T P T T E T T P T
T T P T T E T T P T T B T T
T E T T P T T B T T P T T E
P T T B T T P T T E T T P T
T T P T T E T T P T T B T T
T E T T P T T B T T P T T E
1 1 1 2 2 2 3 3 3 1 1 1 2 2
1 1 2 2 2 3 3 3 1 1 1 2 2 2

```

Planteringen längs plattytan vid bassängen bör planteras med stora buskexemplar av häckoxbär (*Cotoneaster lucidus*) eller oxel (*Sorbus intermedia*). Plantavstånd max 40 cm i två rader med raderarna förskjutna 20 cm. Radavståndet skall vara 30 cm. All vegetation måste ges ett bra skydd under de första 5 åren.

Andra planteringar längs staket etc kan i princip utföras enligt figur 5 i tidigare redovisad förstudie daterad 1979-07-06.

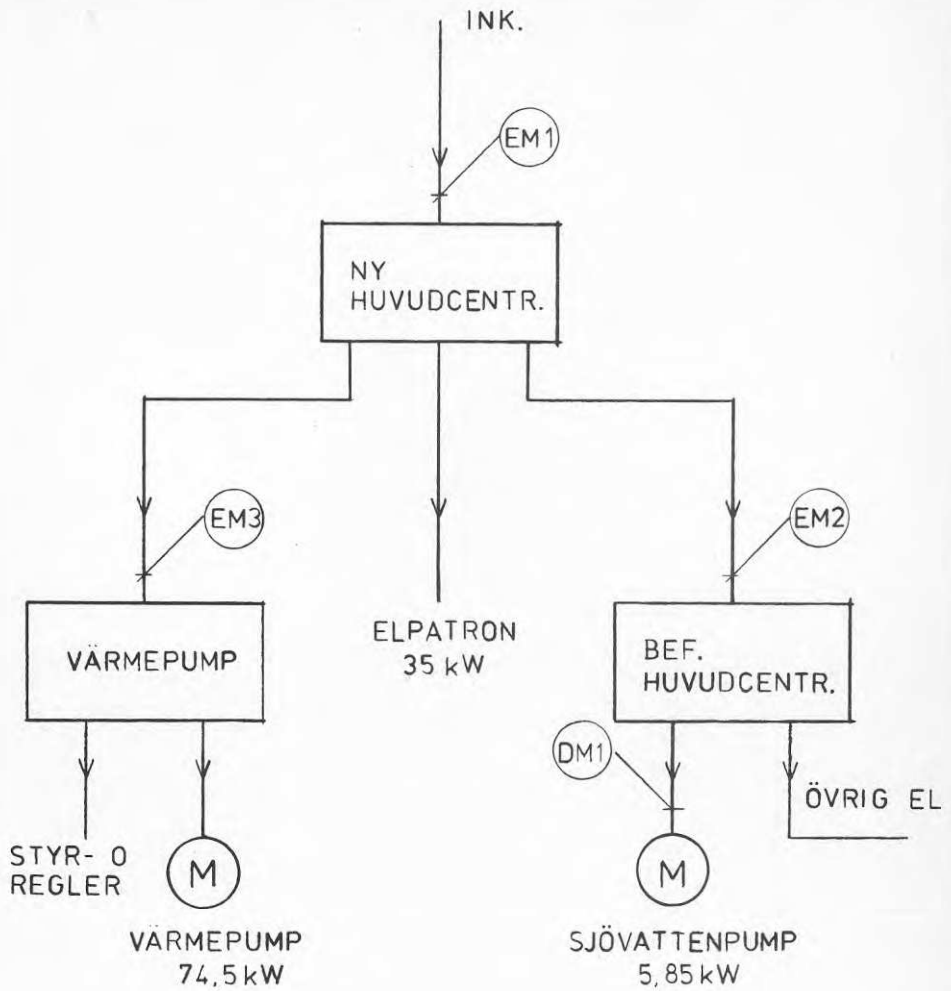
Skötsel

Marken ska grundgödslas och kalkas som en normal planteringsyta. En övergödsling bör ske efter 3 och 6 år.

Amträden skall successivt tas bort när de börjar konkurrera med och undertrycka de andra träden. Detta kan förväntas ske efter ca 10 år. Även gallring i brynplanteringen och bland träden bör ske. Vid denna gallring får ej skogliga avkastningsinriktade principer styra. Målsättningen för gallringen måste vara önskade läförhållanden samt biologiska och estetiska faktorer.

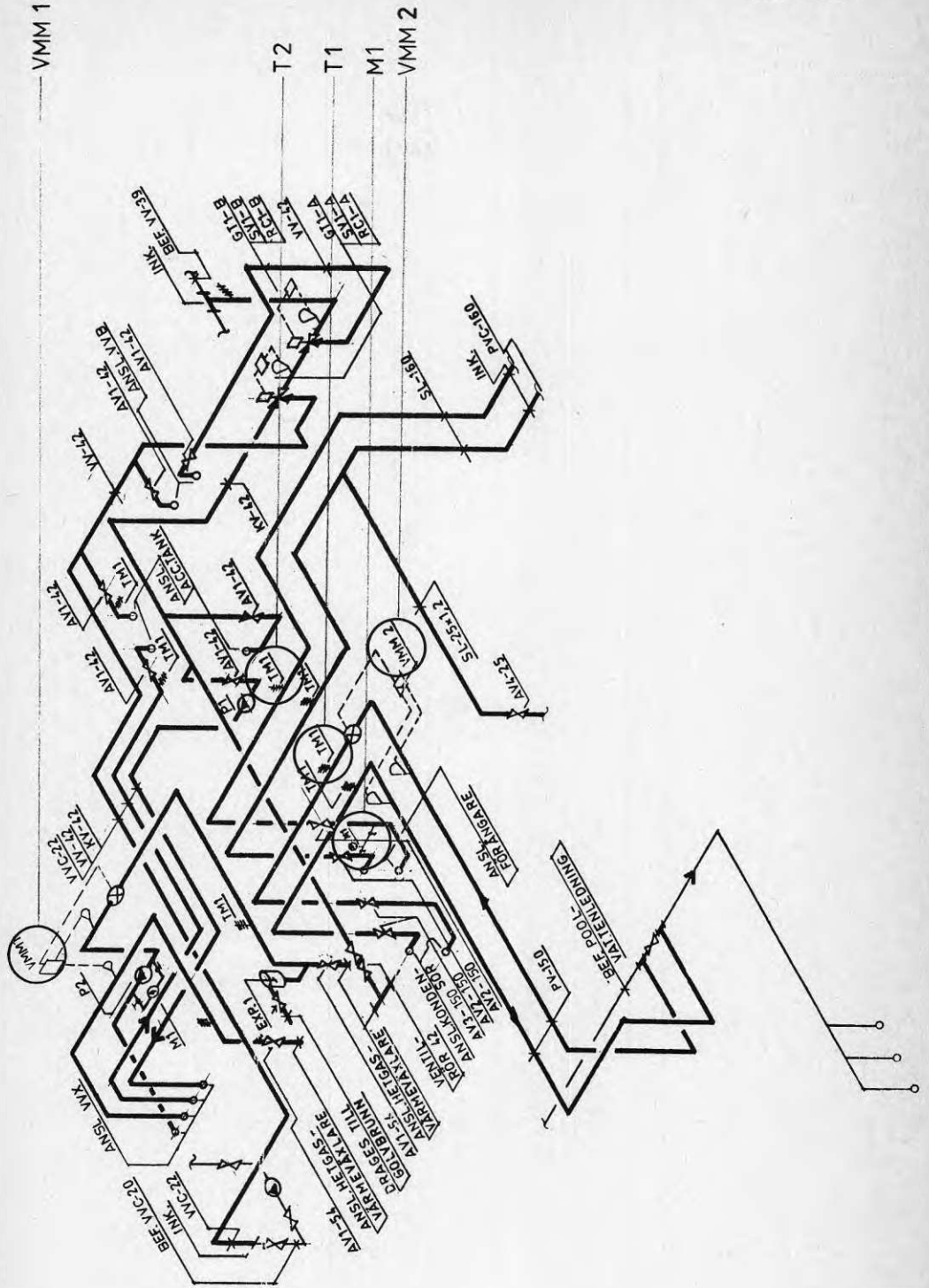
Stockholm 1979-10-18

Lars Sandberg



EM-ELENERGIMÄTARE
DM-DRIFTTIDMÄTARE

MÄTUTRUSTNING FÖR
ELFÖRSÖRSÖRJNING
HÄLLEVIKSBADET



VBB

Byggforskningsrådet MÄTPROTOKOLL FÖR HÄLLEVIKSBADET

BFR-projekt nr 791341-2

| Vecka / - / | Tid | EM1 | | Elmätare | | EM3 | | Drift- tid DM1 | Tryckfall | | Temperatur | | | | Relativ fukthalt |
|----------------|------|--------|---------|----------|--------|--------|----|----------------------|-----------|----|------------|----|----|--|---------------------|
| | | Energi | Gradtal | EM2 | Energi | Effekt | P1 | | P2 | T1 | T2 | T3 | T4 | | |
| Måndag | 0600 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1300 | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| | 1800 | | | | | | | | — | — | | | | | |
| Tisdag | 0600 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1300 | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| | 1800 | | | | | | | | — | — | | | | | |
| Onsdag | 0600 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1300 | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| | 1800 | | | | | | | | — | — | | | | | |
| Torsdag | 0600 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1300 | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| | 1800 | | | | | | | | — | — | | | | | |
| Fredag | 0600 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1300 | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| | 1800 | | | | | | | | — | — | | | | | |
| Lördag | 0600 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1300 | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| | 1800 | | | | | | | | — | — | | | | | |
| Söndag | 0600 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1300 | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | | | |
| | 1800 | | | | | | | | — | — | | | | | |

Bilaga 7
Sid 1 (2)

BFR-projekt nr 791341-2

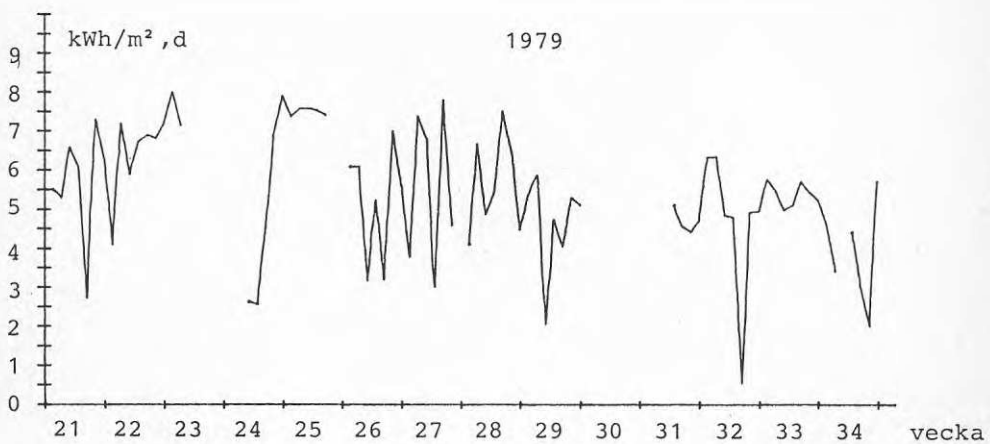
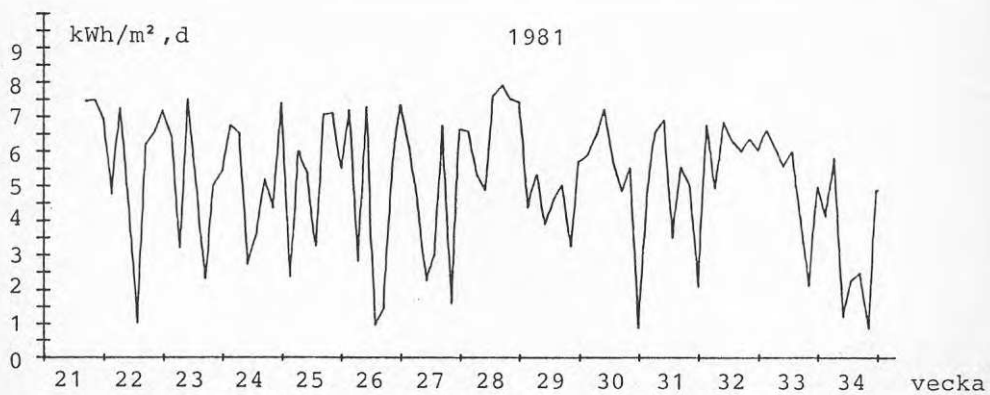
| | Tid | Värmemängdsmät. | | Solinstrålning |
|---------|------|-----------------|------|----------------|
| | | VMM1 | VMM2 | |
| Måndag | 0600 | | | |
| | 1300 | — | — | — |
| | 1800 | | | |
| Tisdag | 0600 | | | |
| | 1300 | — | — | — |
| | 1800 | | | |
| Onsdag | 0600 | | | |
| | 1300 | — | — | — |
| | 1800 | | | |
| Torsdag | 0600 | | | |
| | 1300 | — | — | — |
| | 1800 | | | |
| Fredag | 0600 | | | |
| | 1300 | — | — | — |
| | 1800 | | | |
| Lördag | 0600 | | | |
| | 1300 | — | — | — |
| | 1800 | | | |
| Söndag | 0600 | | | |
| | 1300 | — | — | — |
| | 1800 | | | |

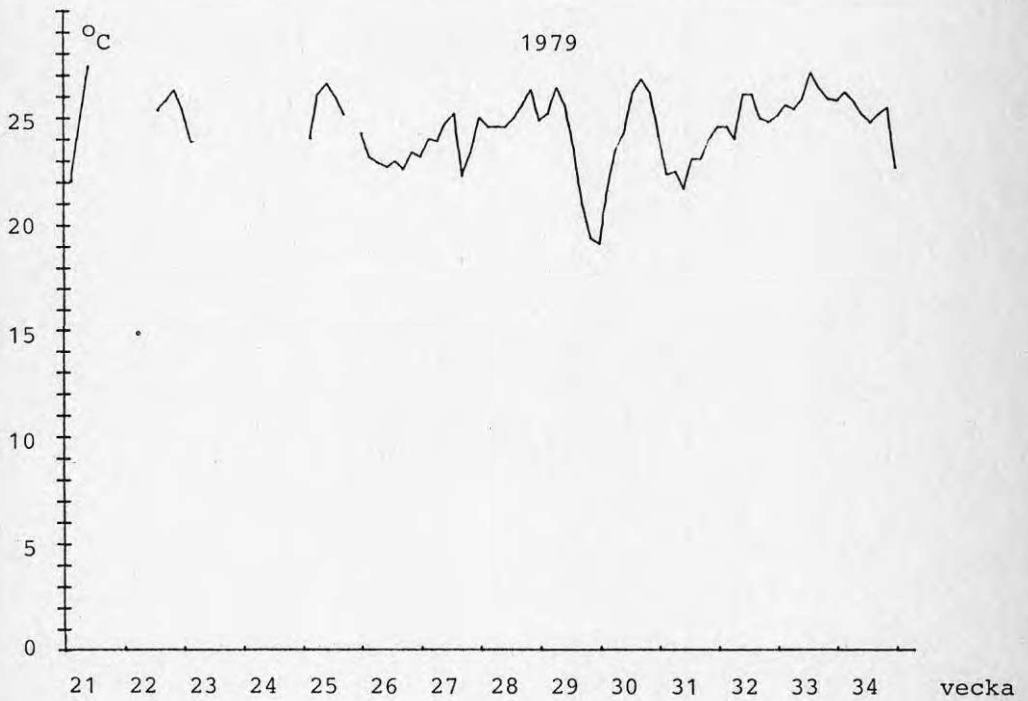
FÖRKLARINGAR

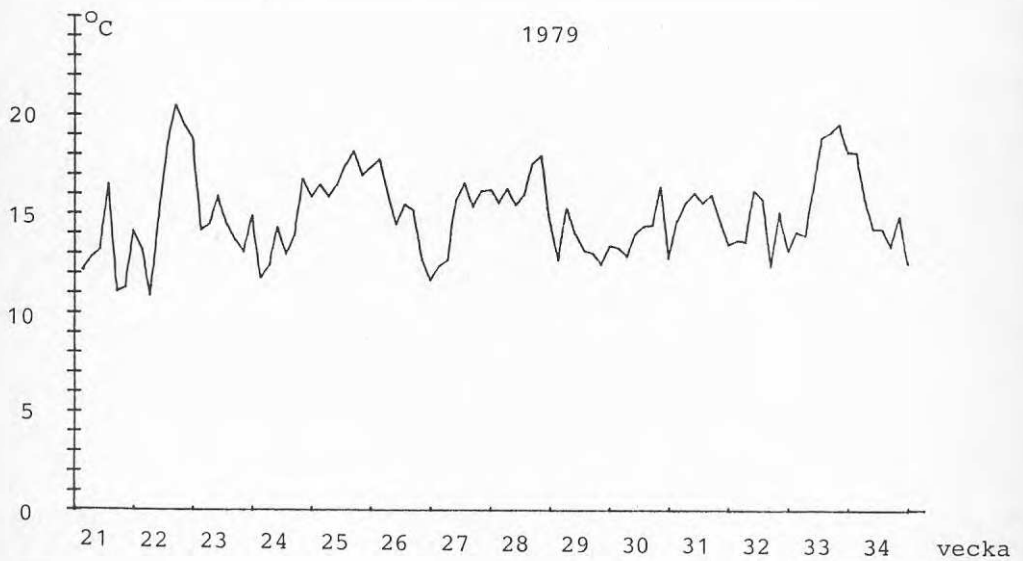
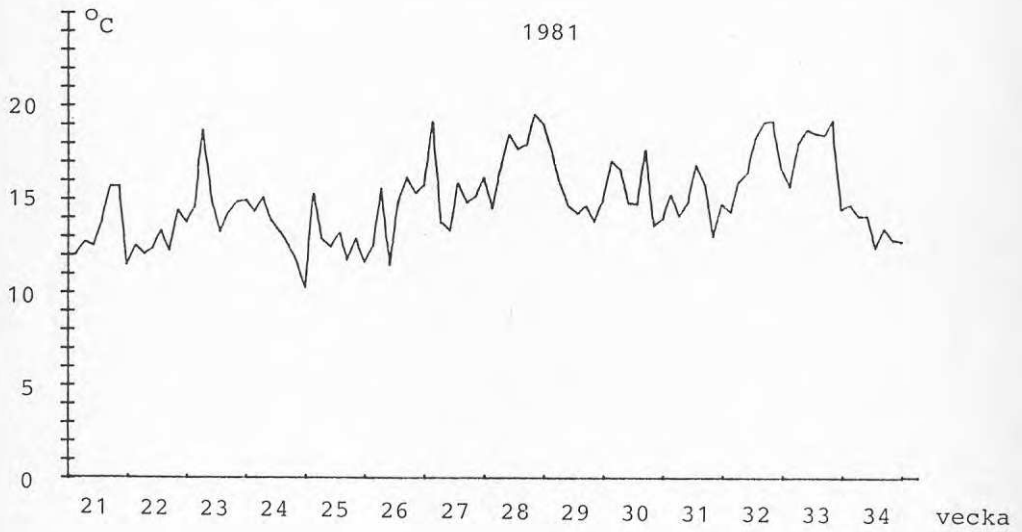
| | |
|------|-------------------------------------|
| VMM1 | Värmemängdsmätare 1, tappvarmvatten |
| VMM2 | " 2, poolvatten |
| EM1 | Elmätare, ny huvudcentral |
| EM2 | " , gamla huvudcentralen |
| EM3 | " , värmepump |
| DM1 | Drifftidsmätare sjövattpump |
| P1 | Tryck före förångare |
| P2 | Tryck efter förångare |
| T1 | Temperatur ink poolvatten |
| T2 | " ink sjövattpump |
| T3 | " utg " |
| T4 | " uteluft |

Protokollet sänds till:

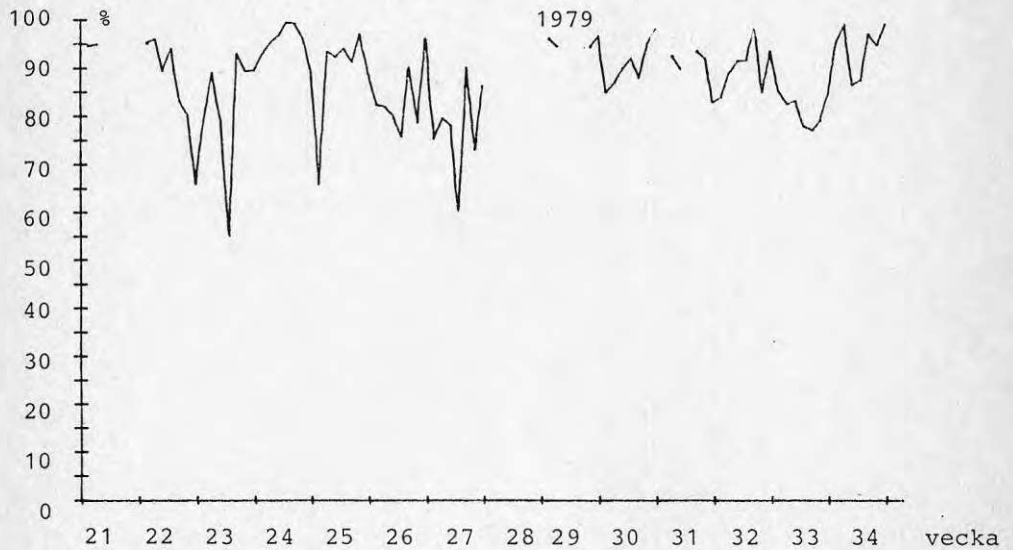
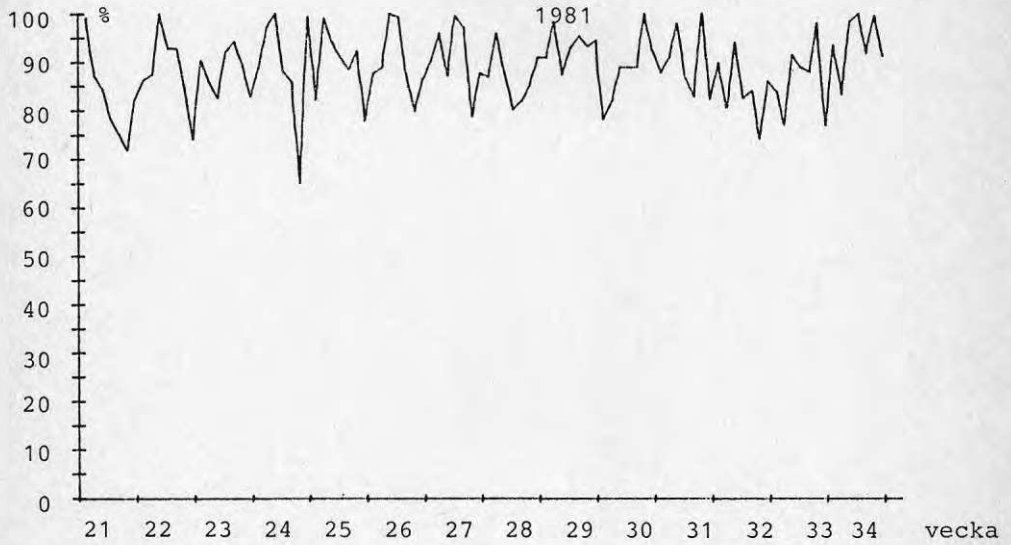
VBB
 Att: Hans Grafström
 Box 5038
 102 41 Stockholm

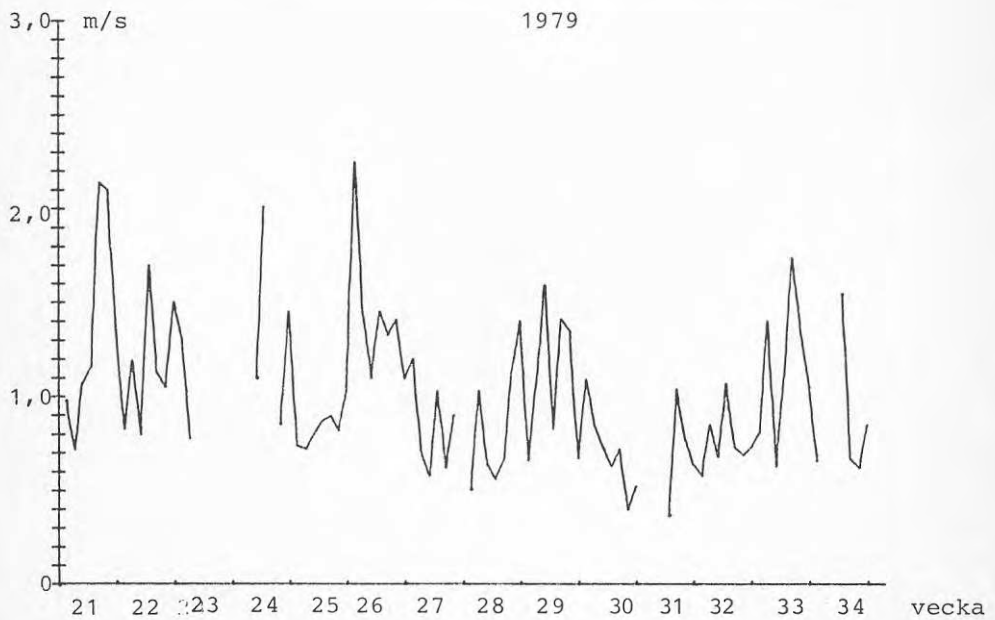
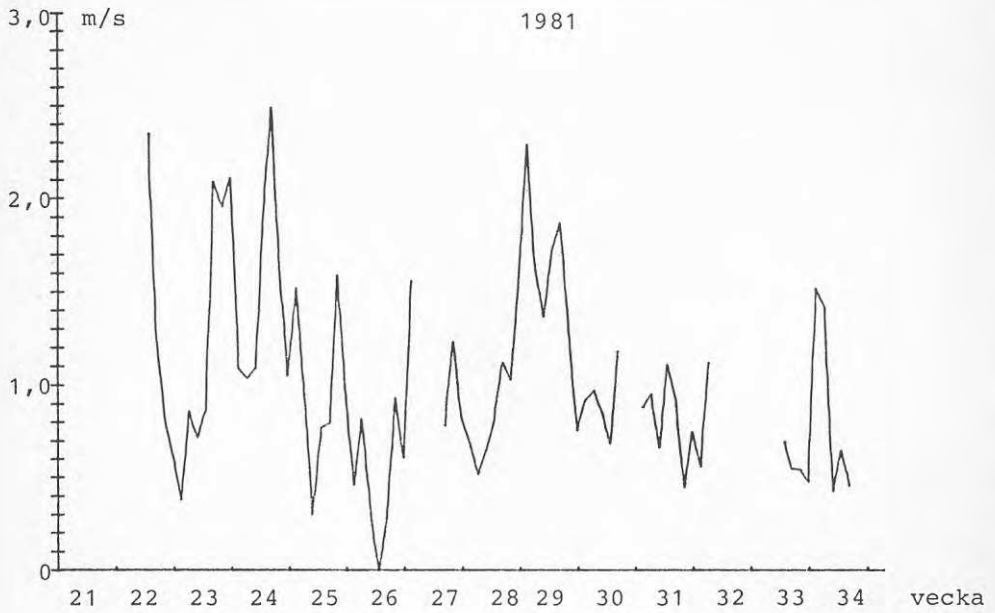
INSTRÅLAD SOLENERGI MOT EN HORIZONTELL YTA

DYGNSMEDELTEMPERATUR PÅ BASSÄNGVATTNET

DYGNSMEDELTEMPERATUR PÅ UTELUFTEN

DYGNSMEDELVÄRDE PÅ RELATIVA LUFTFUKTIGHETEN



DYGNSMEDELVINDHASTIGHET

EL- OCH OLJEFÖRBRUKNING VID HÄLLEVIKSBADET 1979

| <u>Vecka</u> | <u>El (kWh/vecka)</u> | <u>Olja (l/vecka)</u> |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| 21 | 6 476 | 3 918 |
| 22 | 5 674 | 4 862 |
| 23 | 5 458 | 4 600 |
| 24 | 5 916 | 5 520 |
| 25 | 5 787 | 3 200 |
| 26 | 6 055 | 4 600 |
| 27 | 6 182 | 5 000 |
| 28 | 6 047 | 4 450 |
| 29 | 6 396 | 4 330 |
| 30 | 6 599 | 4 616 |
| 31 | 6 211 | 3 954 |
| 32 | 6 136 | 5 150 |
| 33 | 6 104 | 4 340 |
| 34 | 5 953 | 5 324 |
| Totalt: | <hr/> 84 994 kWh | <hr/> 63 864 l |

ELFÖRBRUKNING VID HÄLLEVIKSBADET 1981

Samtliga uppgifter i kWh/vecka om inte annat uppges

| Vecka | EM 1 | EM 2 | EM 3 | VVB | Anmärkning |
|---------|---------|--------|---------|--------|-----------------------------------|
| 21 | 14 826 | 5 117 | 9 234 | 475 | |
| 22 | 15 570 | 5 472 | 9 912 | 186 | |
| 23 | 9 588 | 5 780 | 2 082 | 1 726 | Driftstopp onsd-sönd |
| 24 | 9 498 | 6 250 | 162 | 3 086 | Driftstopp månd-sönd |
| 25 | 16 440 | 6 746 | 7 470 | 2 224 | Driftstopp måndag |
| 26 | 16 590 | 7 093 | 8 856 | 641 | |
| 27 | 16 752 | 6 918 | 9 480 | 354 | |
| 28 | 13 944 | 6 664 | 5 610 | 1 670 | "Varm vecka" många stillestånd |
| 29 | 17 160 | 6 729 | 9 864 | 567 | |
| 30 | 15 720 | 6 539 | 7 992 | 1 189 | Många stillestånd |
| 31 | 17 478 | 6 836 | 10 098 | 544 | |
| 32 | 15 672 | 6 592 | 7 224 | 1 856 | "Varm vecka" |
| 33 | 15 888 | 6 383 | 8 154 | 1 351 | "Varm vecka" |
| 34 | 16 374 | 5 977 | 10 290 | 107 | |
| <hr/> | | | | | |
| Totalt: | 211 500 | 89 096 | 106 482 | 15 976 | |

EM 1 = Nya huvudcentralen

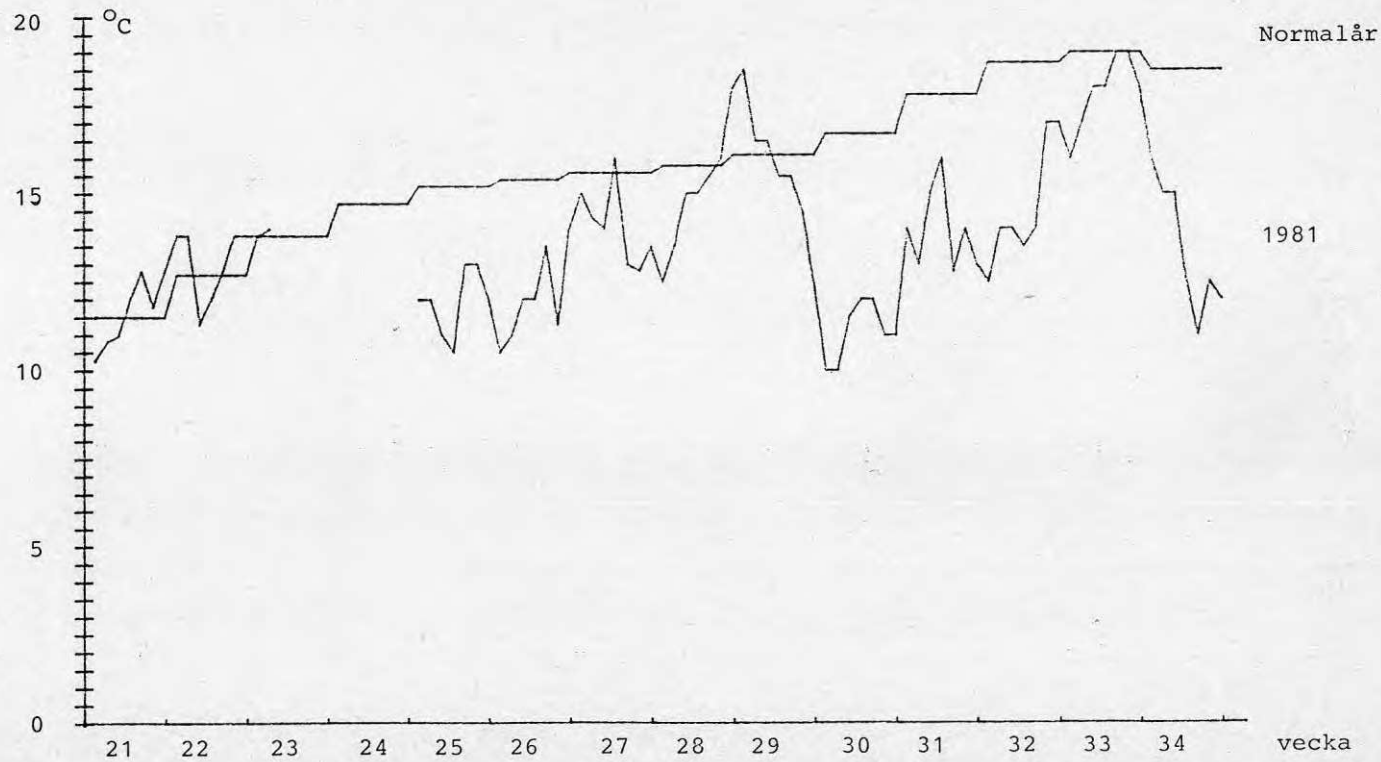
EM 2 = Gamla huvudcentralen

EM 3 = Värmepumpaggregat

VVB = Elpatroner i varmvattenberedare

För mätarplacering se bilaga 3:1

HAVSVATTENTEMPERATUR I HÄLLEVIKEN "NORMALÅR" OCH 1981

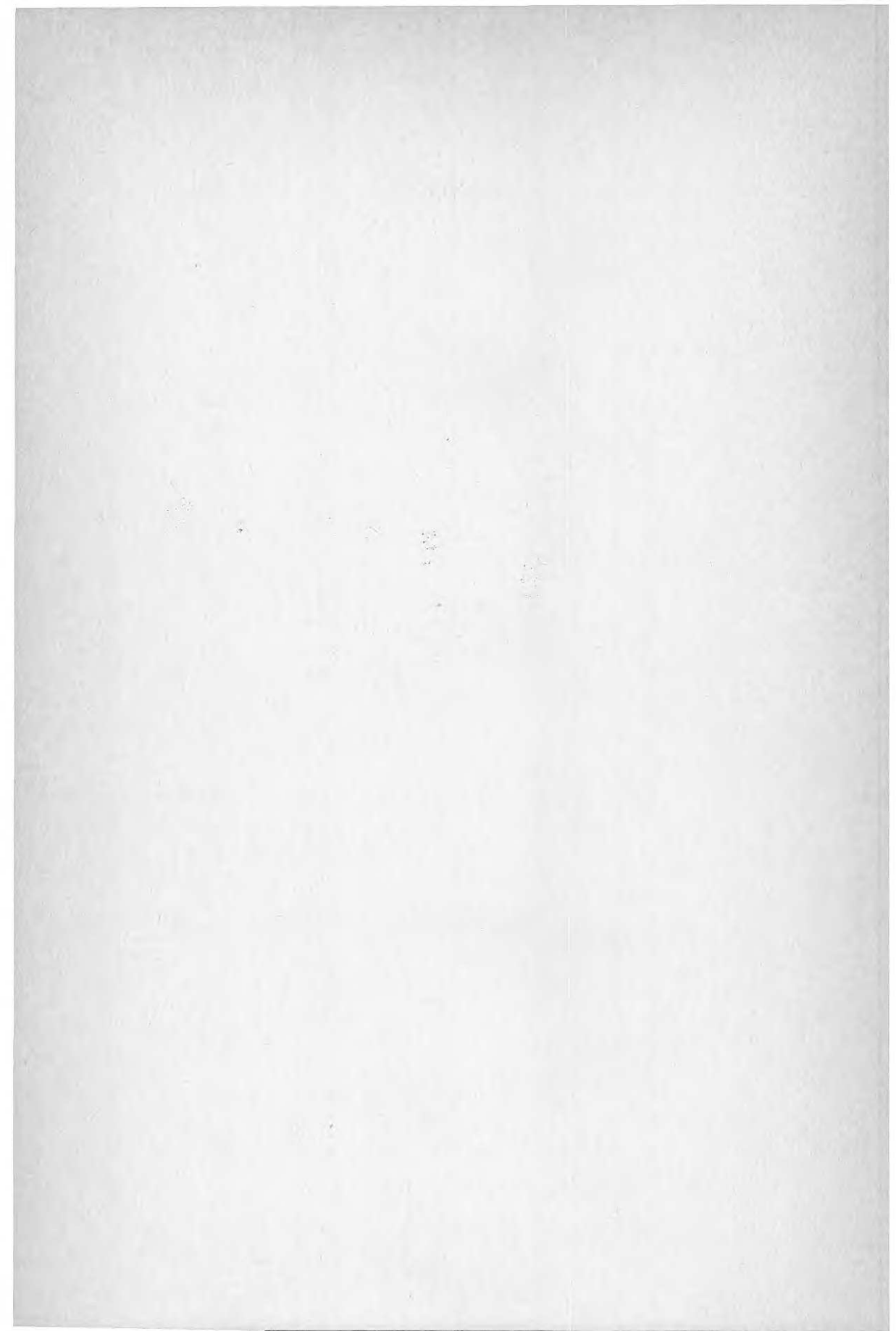


VÄRMEBEHOVSBERÄKNINGAR FÖR BADSÄSONGEN 1979 OCH 1981

Teoretiska veckovisa nettovärmebehov exkl varmvattenberedning i MWh/vecka

| År 1979 | Tillgodogjörd solenergi | Ledningsförluster | Konvektionsförluster | Strålningsförluster | Avdunstningsförluster | Netto värmebehov |
|---------|-------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------------------|
| 21 | 35,3 | -1,5 | -20,2 | -26,9 | -26,1 | 39,4 |
| 22 | 39,5 | -1,5 | -14,5 | -25,0 | -22,8 | 24,3 |
| 23 | 33,4 | -1,4 | -14,4 | -25,2 | -23,2 | 30,8 |
| 24 | 30,3 | -1,5 | -17,5 | -25,8 | -22,6 | 37,1 |
| 25 | 46,3 | -1,5 | -11,6 | -24,5 | -18,1 | 9,4 |
| 26 | 32,1 | -1,3 | -14,4 | -24,4 | -23,2 | 31,2 |
| 27 | 34,3 | -1,4 | -12,7 | -25,0 | -22,2 | 27,0 |
| 28 | 35,0 | -1,5 | -12,4 | -24,8 | -19,2 | 22,9 |
| 29 | 28,8 | -1,3 | -14,6 | -25,2 | -19,2 | 31,5 |
| 30 | 33,4 | -1,5 | -14,0 | -26,1 | -19,7 | 27,9 |
| 31 | 29,0 | -1,3 | -10,4 | -24,1 | -15,4 | 22,2 |
| 32 | 28,9 | -1,5 | -14,5 | -26,2 | -20,5 | 33,8 |
| 33 | 33,5 | -1,5 | -13,9 | -24,8 | -24,1 | 30,8 |
| 34 | 23,9 | -1,5 | -14,5 | -25,8 | -19,7 | 37,6 |
| Totalt | 463,7 | -20,2 | -199,6 | -353,8 | -296,0 | 405,9 |
| År 1981 | | | | | | |
| Vecka | | | | | | |
| 21 | 45,2 | -1,4 | -17,5 | -25,8 | -26,6 | 26,1 |
| 22 | 33,0 | -1,4 | -17,9 | -26,2 | -25,2 | 37,7 |
| 23 | 30,9 | -1,5 | -16,9 | -25,8 | -24,7 | 38,0 |
| 24 | 32,1 | -1,5 | -20,7 | -26,8 | -28,4 | 45,3 |
| 25 | 32,8 | -1,4 | -15,1 | -25,8 | -21,3 | 30,8 |
| 26 | 29,0 | -1,4 | -10,9 | -25,2 | -15,7 | 24,2 |
| 27 | 27,1 | -1,4 | -13,8 | -24,8 | -19,9 | 32,8 |
| 28 | 42,0 | -1,5 | -10,9 | -24,3 | -17,9 | 12,6 |
| 29 | 28,4 | -1,4 | -16,3 | -24,8 | -22,0 | 36,1 |
| 30 | 32,1 | -1,5 | -13,9 | -25,4 | -20,9 | 29,6 |
| 31 | 30,3 | -1,5 | -13,8 | -25,6 | -20,0 | 30,6 |
| 32 | 38,3 | -1,5 | -12,3 | -24,8 | -20,6 | 20,9 |
| 33 | 31,5 | -1,5 | -11,0 | -24,9 | -17,3 | 23,2 |
| 34 | 19,2 | -1,5 | -16,4 | -26,6 | -22,4 | 47,7 |
| Totalt | 451,9 | -20,4 | -207,4 | -356,8 | -302,9 | z35,6 |

Differensen, 29,7 MWh, motsvarar ca 4 m³ Eo 1 vid 80 % pannverkningsgrad.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
791341-2 från Statens råd för byggnadsforskning
till VBB AB, Stockholm.**

R45: 1982

ISBN 91-540-3692-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700545

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 25 kr exkl moms