



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R44:1980

**Värmepump för uppvärmning
av friluftsbad**

Förstudie i Sölvesborg

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	80-0744
Plac	Ser

**Hans Grafström
Staffan Lagergren**

V.
A. 1

Byggeforskningsrådet

Ser.

R44:1980

VÄRMEPUMP FÖR UPPVÄRMNING AV FRILUFTSBAD
Förstudie i Sölvesborg

Hans Grafström
Staffan Lagergren

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790699-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till VBB, Vattenbyggnadsbyrån, Stockholm.

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

R44:1980

ISBN 91-540-3224-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980

INNEHÅLL

BILAGEFÖRTECKNING	4
SAMMANFATTNING	5
1 INLEDNING	7
1.1 Orientering	7
1.2 Målsättning	8
2 MÄTNINGAR	9
2.1 Bakgrund	9
2.2 Instrument	9
2.3 Genomförandet, erfarenheter	11
3 UTVÄRDERING	13
3.1 Behandling av mätdata	13
3.2 Beräkningssamband	14
3.3 Simuleringsmodell	17
4 BESPARINGSÅTGÄRDER	19
4.1 Allmänt	19
4.2 Bassängövertäckning	19
4.3 Reduktion av vindhastighet med vegetation	21
4.4 Övriga besparingsåtgärder	21
5 UPPVÄRMNINGSSALTERNATIV	25
5.1 Förutsättningar	25
5.2 Konventionell pannanläggning, alt A	25
5.3 Värmepumpanläggning, allmänt	26
5.3.1 Värmepump luft/vatten, alt B	28
5.3.2 Värmepump vatten/vatten, alt C	30
5.4 Uppvärmning med solenergi, alt D	31
5.5 Årskostnader	32
5.6 Slutsatser	33
BILAGA 1-17	35-66

BILAGEFÖRTECKNING

BILAGA 1	Situationsplan över Hälleviksbadet	35
BILAGA 2	Mätprotokoll	36
BILAGA 3	Exempel på utskrift från mätdatabehandling	37
BILAGA 4	Beräkningssamband för värmebalans	41
BILAGA 5	Exempel på utskrift av värmebalans	44
BILAGA 6	Förslag till anordning för täckande av bassäng	45
BILAGA 7	Principer för anläggning och skötsel av läskydd i form av vegetationsskärmar	46
BILAGA 8	Energibesparingar, tappvarmvattensystem	50
BILAGA 9	Avskrivningstider, annuiteter, bränsle- och elpriser	51
BILAGA 10	Uppvärmningsalternativ A: Effekter av besparings- åtgärder	52
BILAGA 11	Antagen lufttemperatur i Hällevik	53
BILAGA 12	Uppvärmningsalternativ B: Effekter av besparings- åtgärder	54
BILAGA 13	Antagen havsvattentemperatur i Hällevik	55
BILAGA 14	Förslag till utformning av intagsledning	56
BILAGA 15	Uppvärmningsalternativ C: Effekter av besparings- åtgärder	57
BILAGA 16	Årskostnadens beroende av energiprisförändringar	58
BILAGA 17	Finansieringsanalys vid en värmepumpsinstallation med BFR-bidrag och -lån	64

SAMMANFATTNING

Föreliggande förstudie startades under försommaren 1979 och har haft till syfte att belysa alternativa uppvärmningsformers tekniska, ekonomiska och miljömässiga konsekvenser för ett friluftsbad. Syftet har dessutom varit att föreslå och utvärdera ett antal energibesparande åtgärder. Hälleviksbadet i Sölvesborgs kommun, vilket stod inför ett byte av uppvärmningsanläggning, har här varit föremål för denna förstudie.

Badet uppfördes 1968, varvid den oljeeldade pannanläggningen dimensionerades för 465 kW värmeeffekt, innefattande en eventuell utbyggnad av badet med en hoppbassäng.

För att fastställa det idag erforderliga effektbehovet samt för att ge underlag för en utvärdering av det senare genomförda uppvärmningssystemet gjordes vissa mätningar under badsäsongen 1979. Vid dessa mätningar registrerades klimatdata, såsom solinstrålning, lufttemperatur och -fuktighet, vindhastighet och badvattentemperatur. Dessutom kartlades tillförda värmemängder från pannanläggningen, elförbrukning etc.

Mätvärdena utvärderades och tjänstgjorde som indata till en matematisk modell som beskrev värmebalansen vid badet. Denna modell användes dessutom för att utvärdera besparingsåtgärdernas effekter på energitillförseln.

Genom att fastställa dimensionerande klimatdata och tappvarmvattenförbrukning kunde därefter en dimensionerande medelvärmeeffekt simuleras i ovan beskrivna modell. Med kännedom om den befintliga pannanläggningens brännartider kunde därefter det dimensionerande maximala värmeeffektbehovet fastställas till 350-375 kW.

Ett antal olika uppvärmningsalternativ har skisserats, varvid för varje alternativ olika besparingsåtgärder provats vad gäller ekonomisk genomförbarhet. De uppvärmningsformer som undersökts är:

- A - konventionell övertryckseldad oljepanna
- B - värmepump luft/vatten
- C - värmepump vatten/vatten
- D - soluppvärmning kompletterad med alternativ A

I alternativet C, värmepump vatten/vatten, tas värme ur havet beläget endast 150 meter från badanläggningen.

Bland de besparingsåtgärder som studerats noggrannare hör vindavskärmande vegetation och bassängövertäckning.

Genom anläggning av skyddande vegetation mellan havet och badet kan vindhastigheten enligt litteraturstudier minskas med 25 %. Denna åtgärd reducerar från uppvärmningsanläggningen tillförd värme med i genomsnitt 12 %.

På grund av Hälleviksbadets läge intill havet är den relativa fuktigheten i luften hög, vilket minskar avdunstningens "drivkraft" och därmed även dess storlek. Dessutom ökar den relativa fuktigheten kraftigt nattetid. Besparingseffekten av en rörlig bassängövertäckning blev därför ej så stor som man väntat. Vid en 95-procentig övertäckning av den största bassängen mellan klockan 22 och 06 minskade värmebehovet för badvattenuppvärmningen med 20 % räknat över hela dygnet.

De kompletta uppvärmningssystemen, inklusive genomförda besparingsåtgärder, utvärderades, varvid framkom att de bägge värmepumpalternativen redan idag ligger nära lönsamhet.

En känslighetsanalys där energipriserna varierades gav vid handen att 10 respektive 5 % energiökning på olja och el medförde att alternativet med värmepump typ vatten/vatten gav samma årskostnad som en konventionell oljeeldad pannanläggning redan år 1983. Vid förhållandet 10 % prisökning på både elenergi och olja blev skärningspunkten 1984. Om energipriserna stiger kraftigare än ovan antagits kommer tidpunkten för lönsamhet ännu tidigare.

Resultatet av förstudien pekar på att möjligheterna för en värmepumpbaserad värmeproduktion för friluftsbad ser gynnsamma ut inom några år. Detta innebär att de friluftsbad i landet som står inför ett byte av uppvärmningsanordning de närmaste åren bör undersöka värmepump som ett alternativ.

1. INLEDNING

1.1 Orientering

Hälleviksbadet i Sölvesborgs kommun är ett kommunalt friluftsbad beläget invid Hanöbukten, ca 10 km SO Sölvesborg. Avståndet till havet är ca 150 meter.

Anläggningen består av tre utomhusbassänger:

simbassäng	17,5 x 50 x 1,8 m
undervisningsbassäng	17,5 x 7,5 x 0,75-0,9 m
plaskbassäng	Ø 10 x 0,1-0,3 m

Totalt fri vattenyta är 1085 m², total vattenvolym 1700 m³.

Byggnader innehållande panna och reningsanläggning, omklädningsrum, administration och servering, återfinns i badets nordöstra del.

Badet hålls öppet för allmänheten från mitten av maj till slutet av augusti, och har totalt ca 40-45 tusen besökande per säsong. Situationsplan över badet återfinns som bilaga 1.

För uppvärmning av badvatten samt varmvatten till radiatorsystem, duschar och övrig varmvattenförbrukning finns en oljeeldad pannanläggning. Denna togs idrift vid badets färdigställande 1968, är av typ UNIC K 400 och har en nominell effekt av 400 Mcal/h, motsvarande ca 465 kW vid eldning med eldningsolja 1.

Badvattnet, som utgörs av havsvatten, uppvärms via en plattvärmeväxlare med totalt 32 st plattor, utbyggbar för ca 75 st plattor, och cirkuleras över diatomitfilter och kloreras.

Årsförbrukningen av Eo 1 är under ett normalår ca 75 m³, varav huvuddelen åtgår under själva badsäsongen, motsvarande en medelförbrukning av ca 700 l/baddag. Resterande oljemängd förbrukas under den övriga delen av året för varmhållning av vissa lokaler till ca + 10°C.

Förbrukningen av elenergi uppgår idag till ca 110-120 000 kWh/år. Huvuddelen av denna, ca 75 %, infaller mellan 6-22 och debiteras enligt högtariff till en kostnad av 24,1 öre/kWh (inkl skatt). Kostnad lågtariff under övrig tid 15,1 öre/kWh.

Totalt installerad eleffekt, innefattande pumpar, fläktar, bastuaggregat, belysning m m, är idag ca 70 kW. Nuvarande matningskabel och inkommande fack är dimensionerat för 125 A.

1.2 Målsättning

Pannanläggningens driftsäkerhet har på grund av dess ålder ifrågasatts, samtidigt som kostnaderna för drift och underhåll har ökat markant. Detta har medfört att kommunens energisparkommitté i samråd med fritidskontoret beslutat sig för att undersöka alternativa uppvärmningsformer för badet, med avsikt att ha dessa i drift vid badsäsongens början år 1980. Dessutom har man för avsikt att undersöka möjligheten att vidta vissa effekt- och energireducerande åtgärder.

De till en konventionell oljeeldad pannanläggning alternativa uppvärmningsmöjligheterna, som kan vara aktuella är:

- solenergi kompletterad med olja
- värmepump luft/vatten
- värmepump vatten/vatten

Vid värmepumpsalternativet vatten/vatten hämtas värmets ur havsvattnet.

De effekt och/eller energireducerande åtgärder, som kan vara aktuella är:

- fast bassängövertäckning
- rörlig "
- vindavskärmande vegetation
- tidsstyrd armatur i duschar, tappvarmvattenkranar m m
- snålspolande silinsatser i duschar m m

Med anslag från Statens råd för byggnadsforskning (BFR) har Sölvesborgs kommun genom VBB, Stockholm, genomfört denna förstudie avseende energiförsörjningen till Hälleviksbadet. Syftet har varit att redovisa tekniska, ekonomiska och miljömässiga konsekvenser av alternativa uppvärmningsformer kompletterade med vissa effekt- och energireducerande åtgärder. I en inledande del, här kallad Mätningar, har registrering av vissa klimatdata samt uppgifter om levererad värmemängd utförts. Dessa har därefter legat till grund för en bestämning av dimensionerande effekt- och energibehov.

2. MÄTNINGAR

2.1 Bakgrund

För en realistisk dimensionering och uppföljning av en alternativ uppvärmningsform vid Hälleviksbadet, var det önskvärt att göra vissa mätningar av de storheter, som styr värmebalansen vid badet. Dessa består till stor del av meteorologiska data samt uppgifter om levererad och ackumulerad värme i bassängvattnet. De uppgifter, som ansågs vara av betydelse för utredningens fullständighet var:

- solinstrålning
- lufttemperatur
- luftfuktighet
- badvattentemperatur
- vindhastighet
- till bassängvattnet levererat värme

Med dessa uppgifter som grund kunde därefter en modell utarbetas, där olika dimensionerande klimatdata som indata, gav erforderlig värmeeffekt.

De meteorologiska uppgifterna är även nödvändiga för en korrekt uppföljning av det senare genomförda uppvärmningsalternativet, innefattande eventuella besparingsåtgärder. För utvärdering av resultatet bör anläggningarna givetvis arbeta under likartade meteorologiska förhållanden.

2.2 Instrument

Solinstrålning

För att mäta solinstrålningen användes en pyranometer, se figur 2.1, bestående av ett termoelement vars svärlade inneslutna mätkropp placerats horisontellt på mätstället, vilket bör vara representativt för bassängytan. Referenspunkten återfinns vid skrivaren.

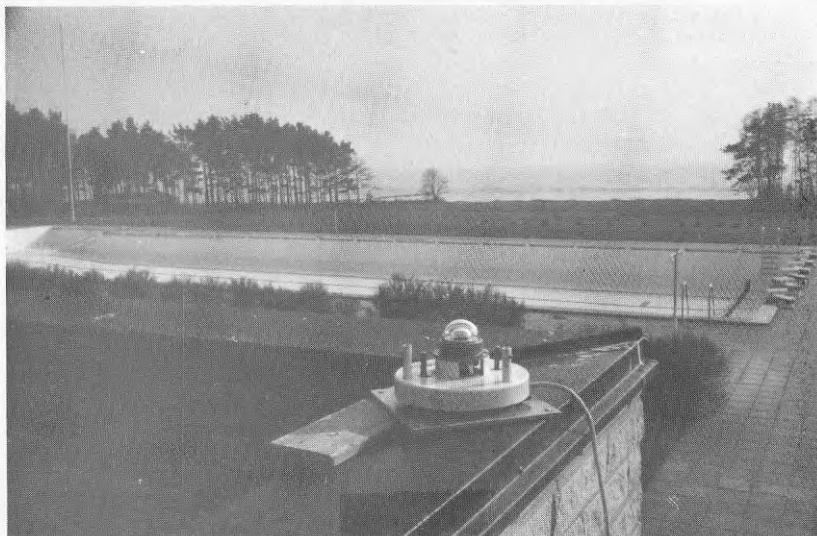


Fig 2.1 Hälleviksbadet, placering av pyranometer

Den elektromotoriska kraft, emk , som uppstår i kretsen är ett mått på den sökta solinstrålningen. Resistansen i termoelementet och i ledningarna är temperaturberoende, varför mätinstrumentet bör ha så hög resistans som möjligt, för att inte resistansändringar i kretsen skall påverka mätnoggrannheten i alltför hög grad.

Pyranometern, som givetvis mäter både direkt och diffus strålning, anslöts till en kanal på en 6-punkts fallbygelskrivare av fabrikat SIEMENS. Med lämpligt förkopplingsmotstånd registrerade skrivaren kontinuerligt 11.29 mW/cm^2 per skaldel. Exempel på utskrift nedan i fig 2.2. Vid kontinuerlig mätning, som i detta fall, krävdes byte av skrivarpapper endast en gång per månad.

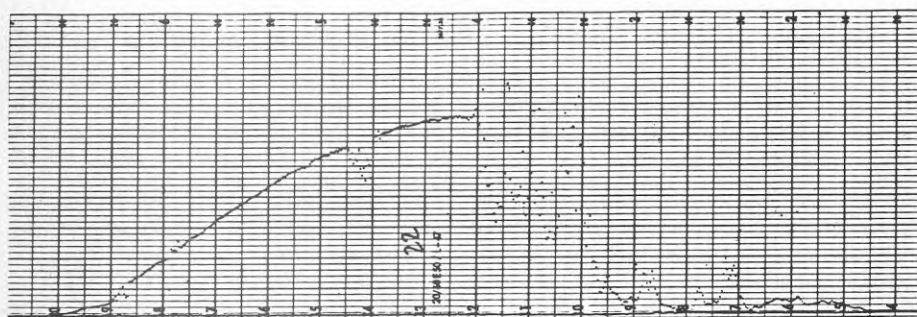


Fig. 2.2 Kontinuerlig registrering av solinstrålning med pyranometer och fallbygelskrivare. Numreringen längst ned på skrivarpappret anger klockslag.

Vindhastighet

Vindhastigheten bestämdes med en kontaktanometer av fabrikat FUESS, vilken lämnade kontinuerliga uppgifter om vindstyrkan. Mätsignalerna överfördes på elektrisk väg via ringledningskabel till en registrerande enhet, vars kontaktverk gav en markering för varje 500 meter vindväg. Avståndet mellan markeringarna var således ett mått på vindhastigheten. Skrivpapper byttes varje dag.

Luftfuktighet

Den relativa luftfuktigheten bestämdes med skrivande hygrometer. Hygrometern var av typ hårharpa, vars spännvidd förändrades med luftfuktigheten. Papperet byttes en gång i veckan.

Temperaturer

För mätning av luft- och badvattentemperaturer samt för bestämning av till bassängvattnet levererad värmemängd, användes sammanlagt sex stycken resistiva temperaturgivare, varav två var av anliggningstyp. En resistiv temperaturgivare består av ett motstånd hos vilket resistansens temperaturberoende är känt. De använda givarna var av platinatyp med resistansen 100Ω vid 0°C . Med god approximation kan resistansens temperaturberoende beskrivas såsom:

$$R = 100 + (0,39 - 5,88 \cdot 10^{-5} \cdot t) t \quad [\Omega]$$

De sex temperaturgivarna anslöts till en sexpunkts fallbygelskrivare av fabrikat GRANT, med ett temperaturmätområde från -30°C till $+70^{\circ}\text{C}$. Avläsningarna som automatiskt utfördes varje halvtimme, medförde att skrivarpappret räckte ca en månad.

2.3 Genomförandet, erfarenheter

Mätningarna av solinstrålningen, som ligger till grund för bedömningen av tillgodogjord solenergi, krävde att pyranometern placerades på en plats representativ för bassängerna. Då simbassängerna ligger relativt fritt från beskuggning samt då

pyranometerns känsliga konstruktion krävde garanti mot åverkan, placerades denna på administrationsbyggnadens tak, se bilaga 1. Pyranometern justerades därefter in i horisontalläge och förlängningskablar drogs till pannrummet, där samtliga skrivare placerades lättåtkomligt för avläsning och tillsyn.

Mätning av lufttemperatur och luftfuktighet skedde i en därtill avsedd termometerbur, vilken tillsammans med utrustning för sol- och vindmätning hyrdes från SMHI i Norrköping. Termometerburen placerades invid simbassängens NO kortsida, se bilaga 1, tillsammans med vindmätaren och ledningarna till skrivarna lades ned i gräsmattan. Den känsliga kontaktanemometern (vindmätaren) placerades under termometerburen, ca 0,2 m ovan mark, och ett skyddande grovmaskigt nät applicerades runt utrustningen, se fig 2.3. Nätets inverkan på vindhastighetens storlek ansågs försumbar.



Fig 2.3 Termometerbur innehållande temperaturgivare för lufttemperatur samt hygrometer. Under denna placerades kontaktanemometern.

För att få en riktig bild av temperaturförhållandena i den största bassängen utplacerades temperaturgivare på tre olika nivåer, vid botten, i mitten och vid ytan. På grund av åverkan från badande fick givarna emellertid flyttas in till en utjämningsbassäng i pannrummet, genom vilken vatten från samtliga bassänger passerade.

För att bestämma den värmemängd som åtgick för uppvärmning av bassängvattnet, planerades en installation av värmemängdsmätare. Då tiden fram till badets öppnande var alltför knapp samt då ingreppet bedömdes alltför stort och kostnadskrävande, bestämdes istället temperaturfallet på det pannvatten som passerar värmeväxlaren för badvattnet. Då flödet i pannkretsen är konstant kan avgiven värmemängd beräknas enligt:

$$W = \int \dot{q} c_p \Delta T dt \quad \text{kWh}$$

där \dot{q} = flödet i kg/s

c_p = specifikt värme i kJ/(kg K)

ΔT = temperaturfallet över VVX i K

t = tiden i timmar

Vid igångsättandet av pannanläggningen visade det sig emellertid att pannvattnets temperatur före värmeväxlaren låg över skrivarens mätintervall, varför mätningarna istället koncentrerades på temperaturhöjningen av badvattnet. Tyvärr var denna temperaturdifferens så liten att noggrannheten på avläsningarna försämrades. Detta medförde att dessa mätresultat ej fick den betydelse som var tänkt.

För att bestämma flödet på det cirkulerande badvattnet användes en transportabel induktiv flödesmätare.

En värmemängdsmätare för registrering av tillförd värme skulle ha sparat mycket tid vid utvärderingen och dessutom ökat noggrannheten avsevärt.

För att underlätta arbetet för badvaktmästaren upprättades en dagsrutin omfattande vissa åtgärder, som skulle utföras vid badets öppnande, mitt på dagen samt vid stängningsdags. Avläsningar samt observationer fördes därvid in på ett mätprotokoll, vars utseende framgår av bilaga 2. En gång i veckan samlades alla mätdata in och skickades till konsulten för utvärdering.

3. UTVÄRDERING

3.1 Behandling av mätdata

För behandling av mätdata användes en programmerbar kalkylator av fabrikat TEXAS TI 59 med skrivarenhet PC 100 C. Till denna matades mätvärden timma för timma, varefter medelvärden under dygnet framräknades. Exempel på utskrift återfinns som bilaga 3.

Dessa framräknade medelvärden tjänstgjorde senare som indata till värmebalansen över badet.

3.2 Beräkningssamband

För upprättande av värmebalans över badet krävs kännedom om energiflödena till och från bassängerna. Dessa består i huvudsak av:

Tillfört

- Tillgodogjord solenergi
- Från värmeanläggningen tillförd värme

Bortfört

- Ledningsförluster till omgivande mark och grundvatten
- Konvektionsförluster
- Strålningsförluster
- Avdunstning

Hänsyn måste även tas till eventuell ackumulering av värme i bassängvattnet.

Inverkan av kulvertförluster och tillskott från badande har försumrats.

Energiflödena framgår schematiskt av fig 3.1.

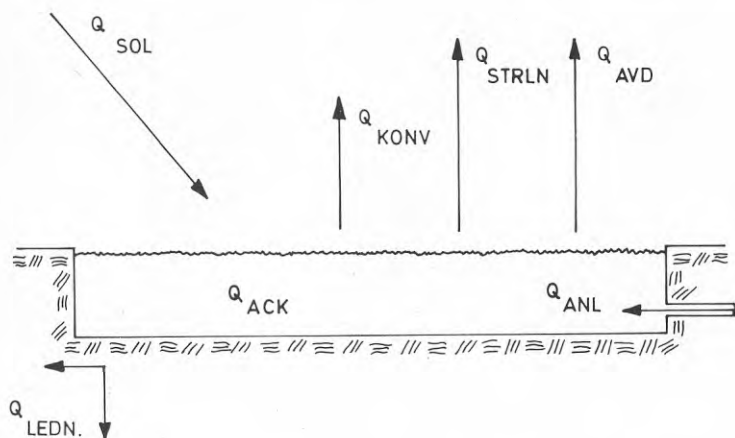


Fig 3.1 Energiflöden vid utomhusbassäng

Nedan redovisas översiktligt värmebalansens delkomponenter. En mer detaljerad redovisning återfinns i bilaga 4.

Tillgodogjord solenergi (Q (Sol))

Värmetillskottet från solen kan beräknas med utgångspunkt från uppmätt instrålning mot horisontell yta och med kännedom om vattnets reflexionsfaktor och solens höjd. Vattnets reflexionsfaktor är mycket liten vid de solhöjder, som ger något tillskott, se fig 3.2, och den energi som transmitteras genom vattnet absorberas helt i bassängens botten och väggar.

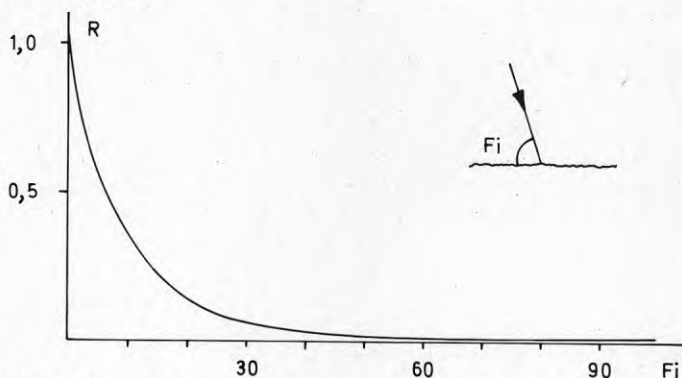


Fig 3.2 Reflexionsfaktor vid fri vattenyta

Den tillgodogjorda solenergin har från dessa uppgifter beräknats till 95 % av den instrålade .

Från värmeanläggningen tillförd värme (Q (Anl))

Tillförd värme kan beräknas med kännedom om temperaturhöjningen och flödet på det cirkulerande bassängvattnet så som redovisats i avsnitt 2.3

Förluster i rörledningar till och från bassängerna har här försummats eftersom både avstånd och temperaturdifferenser är små.

Ledningsförluster (Q (ledn))

Ledningsförlusterna består i dels värmeförluster till omgivande marklager, dels förluster till grundvattnet. Med kännedom om markens beskaffenhet och avståndet till grundvattennivån samt givetvis bassängkonstruktionen kan ledningsförlusterna bestämmas utgående ifrån badvatten- och lufttemperatur.

Konvektionsförluster (Q (konv))

Med uppgifter om badvatten- och lufttemperatur samt beräkningar av värmeövergångstal mellan vattenyta och omgivande luft kan konvektionsförlusterna bestämmas. Här approximeras strömningsförloppet med påtryckt strömning över en horisontell yta. Värmeövergångstalet kan då uttryckas som funktion av vindhastigheten.

Konvektionsförlusterna, som här uppgår till ca 20-30 % av de totala förlusterna kan begränsas genom att vindhastigheten och därmed värmeövergångstalet (α) reduceras.

Strålningsförluster (Q (strln))

Den långvågiga värmestrålningen från bassängen emitteras dygnet runt med en intensitet, som är proportionell mot fjärde potensen av vattenytans temperatur. Detta mycket stora värmeflöde kompenseras dock till viss del av atmosfärens motstrålning.

Strålningsförlusterna utgör här omkring 30-40% av de totala förlusterna från bassängerna.

Avdunstningsförluster (Q (avd))

På grund av skillnader i vattenångans partialtryck vid vattenytan och vid omgivande luft, kommer en transport av i vattenånga bundet värme att ske i riktning från bassängerna. Storleken av denna transport bestäms av differensens storlek, men naturligtvis även av vindhastigheten.

Normalt svarar avdunstningen för de största värmeförlusterna från en vattenyta. På grund av Hälleviksbadets lokalisering, i närheten av havet, har man normalt en relativt hög luftfuktighet. Detta medför att "drivkraften" är betydligt mindre än om badet låg i inlandet på betryggande avstånd från större fria vattenarealer. Avdunstningsförlusterna svarar ändå för omkring 35-40% av de totala förlusterna.

Akkumulering av värme (Q (Ack))

Den ackumulerade värmemängden beror av temperaturdifferensen på badvattnet mellan två tidpunkter. En grads temperaturhöjning motsvarar för Hälleviksbadet en ackumulerad energimängd av ca 2 MWh.

3.3 Simuleringsmodell

Genom att uttrycka värmebalansen med de samband som antytts ovan kan en matematisk modell för energiomsättningen vid badet uppställas. Modellen kan därefter, med hjälp av korrektionsfaktorer, avstämmas mot de vid mätningarna fastställda tillförda värmemängderna.

Korrektionsfaktorerna fås genom att värmebalanserna uppställs för ett antal tidsintervall till ett ekvationssystem. Ur detta löses därefter dessa för Hälleviksbadet specifika korrektionsfaktorer.

Värmebalansen kan därefter uppställas

$$AQ(\text{ledn}) + BQ(\text{Konv}) + CQ(\text{Strln}) + DQ(\text{Avd}) - EQ(\text{sol}) - Q(\text{Ack}) = Q(\text{Anl})$$

där A, B, C, D och E representerar dessa korrektionsfaktorer.

I bilaga 5 visas energiflöden för en vecka med klimatförutsättningar enligt bilaga 3. Indata till värmebalansmodellen utgörs således av totalt instrålad solenergi under ett dygn, medelvärden klockan 06-22 samt 22-06 av badvatten- och lufttemperaturer, vindhastighet och relativ fuktighet. Dessutom fordras uppgifter om skillnader i badvattentemperatur mellan början av dygnet och slutet samt en uppskattning av "medelmolnigheten" över dygnet. Resultatet, dvs värmebalansens vänstra led (se ovan) redovisas under SUMMA och motsvarar således den värmemängd som måste tillföras från uppvärmningsanläggningen, $Q(\text{Anl})$. Dessutom tillkommer naturligtvis värme för varmvattenberedning.

Genom att fastställa vissa dimensionerande klimatdata samt tappvarmvattenförbrukning, kan därefter ett erforderligt medeleffektbehov fastställas.

Med detta medeleffektbehov samt med uppgifter om oljeförbrukning och brännartider som grund, har det dimensionerande värmeeffektbehovet vid Hälleviksbadet fastställts till 350-375 kW. Det har dock visat sig att ogynnsamma klimatförhållanden medför låg besöksfrekvens och en därav låg tappvarmvattenförbrukning. Detta innebär att maximalt värmebehov för bassängvattenuppvärmning och tappvarmvattenberedning ej sammanfaller. Det sammanlagrade effektbehovet blir med andra ord lägre. Därför torde 350 kW innebära en fullt acceptabel dimensionerande värmeeffekt.

4. BESPARINGSÅTGÄRDER

4.1 Allmänt

En reduktion av de totala värmeförlusterna och ett därvid minskat värmebehov, kan åstadkommas genom en rad olika åtgärder.

Den största värmeförbrukningen vid Hälleviksbadet åtgår naturligtvis för att täcka de värmetransporter från bassängerna, som redovisats i avsnitt 3.2. Genom reduktion av de parametrar som styr dessa transporter kan avsevärda energibesparingar uppnås. Förutom ett minskat uppvärmningsbehov kan man på grund av systemets stora termiska tröghet påvisa ett reducerat effektbehov. De faktorer, som är möjliga att påverka för att minska värmebehovet till bassängvattnet är:

- vindhastigheten
- badvattentemperaturen
- avdunstningsförlusternas "drivkraft"

Detta kan ske genom anläggning av läskydd i form av vegetationsskärmar, reglering av utgående badvattentemperatur och täckning av bassängerna.

4.2 Bassängövertäckning

Fast bassängövertäckning

Genom att isolera bassängerna under uppvärmningsperioden i mitten av maj med en fast övertäckning bestående av block av styrencellplast, kan en avsevärd energibesparing erhållas. Genom cellplastlagrets isolerande effekt fås förutom en reduktion av avdunstningsförlusterna även en betydande minskning av utstrålningen och konvektionsförlusterna. Detta beroende på lägre yttemperatur och strålningstal än vid en fri vattenyta.

Konstruktionen av denna typ av övertäckning är enkel vilket därmed ger en låg investeringskostnad. Där emot ökar arbetskostnaden i och med tidskrävande över- och avtäckning. Dessutom kräver lagringen av cellplastblocken ett relativt stort utrymme.

Övertäckningen sker genom att de ca 800 cellplastblocken placeras en efter en intill varandra, så att hög täckningsgrad uppnås. Här har räknats med 95 %-ig täckning av de bägge större bassängerna.

Med en tjocklek av 100 mm på cellplastblocken uppnås en 45 %-ig reduktion av värmebehovet under uppvärmningsperioden. Dessutom minskar klorförbrukning och förbrukningen av spädvatten till bassängerna.

Investeringen har vid ett pris av 30 kr/m² på fri-golitskivorna bedömts till 31 000 kr.

Rörlig bassängövertäckning

Avsikten med denna typ av övertäckning är att nattetid och under dagar med otjänlig väderlek minska i första hand avdunstningsförlusterna från den största bassängen. Täckmaterialets lägre strålningstal och isoleringsförmåga ger även en viss reducering av strålnings- och konvektionsförlusterna.

Avdunstningsförlusterna räknas normalt som en av de större energitransporterna från en utomhusbassäng. På grund av Hälleviksbadets läge intill havet är dock den relativa fuktigheten i luften hög vilket minskar avdunstningens "drivkraft" och därmed även storlek. Dessutom ökar den relativa fuktigheten kraftigt nattetid.

Genom en övertäckning av vattenytan reduceras strålningstalet och i viss mån även den utstrålande ytans temperatur. Minskningen av strålningstal beror av täckduksmaterial, men har här antagits till 10 %. Yttemperaturen på övertäckningen beror av dess tjocklek och materialets värmeledningstal. För att bassängövertäckningen skall vara lätt att hantera och ej vara för utrymmeskrävande hoprullad, har vi här antagit att tjockleken ej är av den storleksordningen att någon påtaglig sänkning av yttemperaturen är att räkna med.

En simulering i den modell som beskrivits i avsnitt 3.3 med en 95 %-ig övertäckning av den största bassängen och med antaganden enligt ovan förda resonemang, medförde ca 20 % reduktion av från uppvärmningsanläggningen tillfört värme.

En idéskiss på hur en sådan övertäckning skulle se ut återfinns som bilaga 6.

Dukmaterialet är tänkt som en sandwichkonstruktion med en ovansida av terylenarmerad PVC-plast och en undersida av luftkuddefolie som gör övertäckningen självbärande. Kostnadskalkylen visar på en total kostnad på ca 65 000 kr, varav 35 000 kr för själva dukmaterialet. Dessutom tillkommer årliga drift- och underhållskostnader på uppskattningsvis 1 000 kr.

4.3 Reduktion av vindhastighet med vegetation

Såsom nämnts i avsnitt 3.2 spelar vindhastigheten en avgörande roll för storleken på konvektions- och avdunstningsförlusterna.

Hälleviksbadet måste, ur vindsynpunkt, betraktas som relativt utsatt, enär ingen skyddande vegetation återfinns mellan badet och havet.

Den oftast förekommande vindriktningen är sydvästlig, dvs det blåser från havet, vilket medför att omkringliggande trädvegetation (se fig 2.1) fungerar som en venturidysa och accelererar vinden förbi badet.

Med ett riktigt anlagt läskydd i form av vegetationsskärmar, är det möjligt att reducera medelvindhastigheten vid bassängerna med 25 till 50%.

Principer för anläggning av läskydd samt en idéskiss för Hälleviksbadet återfinns som bilaga 7.

En simulering av vindreduktion i den modell som beskrivits i avsnitt 3.3, gav följande resultat:

en 25%-ig vindreduktion under ett "normaldygn" medförde en bränslebesparing på ca 12%. Vid 50% minskning, ca 23%.

Vi har här räknat med att en helt uppvuxen vegetationsskärm ger en 25%-ig minskning av vindhastigheten och därmed reducerar från uppvärmningsanläggningen tillfört värme med i genomsnitt 12 %.

Investering för anläggandet av detta läskydd uppskattas till 20 000 kr.

En reducering av vindhastigheten vid badet förbättrar dessutom komforten för de badande, vilken tidigare ej varit tillfredsställande under blåsiga perioder. Därför är kravet på återbetalning i form av energibesparing ej nödvändig.

4.4 Övriga besparingsåtgärder

Förutom åtgärder som syftar till att minska värmebehovet till bassängvattnet, finns även möjligheter att reducera värmebehovet för tappvarmvattenberedning och minska el- och vattenförbrukning. Vidare kan värmen i frånluften från bastuanläggningen tas tillvara.

Tappvarmvattensystemet

I panncentralen bereds tappvarmvattnet enligt två olika system:

- 1) lågtemperaturvarmvatten, $+25^{\circ}\text{C}$, betjänar de bägge uteduscharna
- 2) normaltemperaturvarmvatten, $+42^{\circ}\text{C}$, betjänar alla dusch- och tvagningsutrymmen, toaletter, cafeteria och personalutrymmen.

Åtgärder:

Alla duschar förses med nya duschsilar samt utrustas med flödesbegränsare. Därvid kan duschvattenflödena begränsas från ca 0,9 l/s till 0,3 l/s.

Dessutom förses alla duschar och armaturer vid tvagningsbänkar med självstängande ventiler, vilka stänger av duscharna efter 5-10 sek.

Detta förutsätter att dessa förbrukningsställen temperaturregleras med en central blandningsanordning till $+38^{\circ}\text{C}$. Idag förbrukas ca 4 300 m³ tappvarmvatten per badsäsong. Åtgärderna enligt ovan skulle, enligt beräkningarna i bilaga 8, ge en årlig energibesparing av 67 000 kWh samt minska den årliga vattenförbrukningen med 2 900 m³. Kostnaderna för besparingsåtgärderna uppgår till ca 20 000 kr.

Övrig vattenförbrukning

Bassängerna fylls idag genom insatser från brandkåren som pumpar upp vatten från havet. Detta vatten är kraftigt förorenat av uppvirvlat bottensediment och alger, varför filtren får spolas uppprepade gånger innan badvattnet når godkänd kvalitet. För att ersätta från bassängerna avdunstad vattenmängd tillförs idag spädvatten från vattenledningsnätet.

Åtgärd:

I fallet värmepump av typ vatten/vatten som beskrivs senare i avsnitt 5.3.2 kan påfyllning innan samt spädnings under badsäsongen ske från avtappning på köldmedieförsörjningens framledning från havet.

Kostnaderna för en dylik avtappning torde bli marginella men har här uppskattats till 3 000 kr, och ger en årlig besparing av 8 000 kr.

Värmeåtervinning ur ventilationsluften

Möjligheterna att återvinna värme ur ventilationsluften begränsar sig till frånluften från bastuanläggningarna. Möjlig återvinning är svår att uppskatta och beror av avnämaren och dess temperaturnivå.

Bastuanläggningen är öppen vardagar 9-11 samt 16-18 och under helgdagar 14-16.

Frånluften kan värmeväxlas mot tappvarmvattnet och möjliggör då ett maximalt uttag av 4 kW då aggregaten är igång. Detta motsvarar en årlig energibesparing av 3 000 kWh.

Kostnaden för ett sådant värmeåtervinningssystem är 15 000 kr.

Då bastuaggregaten kommer att arbeta växelvis kan frånluften användas till förvärmning av tilluften till det bastuutrymme vars aggregat står avställt. Värmeöverföringen sker då förslagsvis i en plattvärmeväxlare eller i en roterande regenerativ värmeväxlare. Ett spjäll som reglerar tilluftens väg styrs av tidsautomatiken för bastuaggregaten. Energibesparingen är beräknad till 2 000 kWh och investeringen uppskattas till 20 000 kr.

Uppvärmning vintertid

Varmhållning av lokalerna under icke-badsäsong möjliggörs idag av följande system:

Garage + maskinrum - en radiator för vattenburet värme i vardera utrymme. Vid behov inkopplas lösa element.

Omklädningsrum - ingen uppvärmning.

Personalrum - ingen uppvärmning.

Kiosk, servering - elradiatorer, ingen uppvärmning november-februari.

Den låga belastningen på pannan vintertid medför att den får arbeta under mycket ogynnsamma förhållanden.

Åtgärd:

Installation av elradiatorer i garage och maskinrum för varmhållning vintertid. Eventuell tätning och tilläggsisolering av dessa utrymmen.



5. UPPVÄRMNINGSSALTERNATIV

5.1 Förutsättningar

Det nuvarande maximala värmeeffektbehovet har vid mätningar enligt avsnitt 3 fastställts till 350-375 kW. Den befintliga pannanläggningen är dimensionerad för en högre effekt, 465 kW, beroende på att en utbyggnad i form av en hoppbassäng var planerad vid projekteringen av badet.

Genom att vidta de effekt- samt energireducerande åtgärder som beskrivits under avsnitt 4 skulle dimensionerande värmeeffekt ytterligare kunna reduceras. Funktions-tillförlitligheten av en rörlig bassängövertäckning av den storlek som här har föreslagits kan diskuteras då erfarenheter av liknande konstruktioner saknas.

En vegetationsskärmseffekt på vindhastigheten vid badet de första åren efter anläggandet, måste betraktas som begränsade. Först efter en något längre tidsperiod kan vegetationsskärmen få de vindreducerande effekter som beskrivits i bilaga 7.

På grund av dessa praktiska skäl kan man ej räkna med att dessa besparingsåtgärder kan innebära annat än en teoretisk reduktion av den dimensionerande värmeeffektbehovet. Däremot kan en reduktion av värmeenergieffektivitet naturligtvis påräknas.

I nedanstående beräkningar har de bränslepriser, elpriser och avskrivningstider som anges i bilaga 9 använts.

5.2 Konventionell pannanläggning, alt A

För att öka driftsäkerheten och minska drift- och underhållskostnaderna vid badet, kan den befintliga pannan ersättas med en ny pannanläggning. Beroende på kommunens krav på alternativbränsleledning kan ersättningspannan antingen vara av typ kombinationspanna eller också vara en övertryckseldad oljepanna av samma typ som finns idag. Vid det första alternativet krävs vissa omändringar i rördragning m m. Här antas att den nuvarande övertryckseldade oljepannan utbyts mot en panna av samma fabrikat och med samma mått men med den lägre effekten enligt ovan. Härmed kan kostnaderna för montering av den nya anläggningen minimeras eftersom nuvarande rördragning kan bibehållas.

Någon omkonstruktion av det nuvarande systemet för tappvarmvattenberedning behöver dessutom inte göras. En ny pannanläggning av typ som beskrivits enligt ovan

är kostnadsberäknad till 30 000 kr inklusive montering samt demontering av den gamla pannan. Utvärdering av de energisparåtgärder som beskrivits i föregående kapitel redovisas i bilaga 10.

Nedanstående investeringskostnader har beräknats översiktligt och inkluderar uppskattat installationsarbete.

Investeringsbehov för komplett pannanläggning inkl montage, kr	30 000
Vindavskärmande vegetation, kr	20 000
Övriga besparingsåtgärder, kr	25 000
Kostnader för projektering, kr	<u>5 000</u>
Totalt investeringsbehov, kr	80 000

I nedanstående sammanställning redovisas beräknade årliga drifts- och underhållskostnader för den nya pannanläggningen inklusive genomförda besparingsåtgärder.

Driftskostnader	61 000
Kostnader för periodisk tillsyn, service, ersättningsmaterial, kr	4 000
Uppfyllning och spädning av bassängvatten, kr	<u>8 000</u>
Summa drift och underhåll	73 000

5.3 Värmepumpanläggning, allmänt

Under badsäsongen kan friluftsbadets hela värmebehov för badvattenuppvärmning, tappvarmvattenuppvärmning och eventuell lokaluppvärmning tillgodoses med en värmepumpsinstallation.

Värmepumpssystemet kan vara utrustat med ett "luftvärt" flänsbatteri, som tjänstgör som förångare, varvid värmets hämtas från utomhusluften.

Hälleviksbadets lokalisering, ca 150 meter från havet, gör det möjligt att utnyttja havsvattnet som värmekälla. Värmepumpssystemet blir då av typen vatten/vatten. En värmepumps utbyte brukar anges med dess värmefaktor, \emptyset , vilken definieras som:

$$\emptyset = \frac{\text{avgiven värmeenergi}}{\text{tillförd drivenergi}}$$

Storleken av den värmefaktor som enligt termodynamiken kan uppnås beror på vilka temperaturnivåer som värmepumpen arbetar med. Förenklat kan temperaturskillnaden mellan den temperatur vid vilken värmets avges och upptas betraktas som värmepumpens "uppforderingshöjd". Vid små uppforderingshöjder kan mycket höga värden erhållas på värmefaktorn.

I det fall som är aktuellt för Hälleviksbadet är det endast kondensortemperaturen, dvs den temperatur vid vilken värmets avges, som kan påverkas. Ju lägre kondensortemperatur som kan accepteras, ju högre blir värmefaktorn, dvs driftsekonomin.

Begränsande faktorer vid val av kondensortemperatur är befintliga installationer för uppvärmning, krav på tappvarmvattentemperatur m m.

För Hälleviksbadet har lägsta acceptabla matarvattentemperatur för radiatorsystem och tappvarmvatten bedömts vara $+40^{\circ}\text{C}$. Motsvarande kondenseringstemperatur blir då ca $+45^{\circ}\text{C}$.

Genom att montera en s k hetgasvärmväxlare i värmepumpens tryckgasledning efter kompressorn, kan den upphettade gasens överhettningvärme återvinnas vid en högre temperatur än i kondensorn. Vid för Hälleviksbadet normala driftförhållanden kan en effekt motsvarande ca 10 % av aggregatets kyleffekt återvinnas vid 57°C vattentemperatur. Detta möjliggör en reduktion av kondenseringstemperaturen till ca $+35^{\circ}\text{C}$, medförande ca 20 % höjning av värmefaktorn.

För att jämna ut belastningstopparna i varmvattenförbrukningen utnyttjas den befintliga oljecisternen för ackumulering av värme.

Värmepumpen är utrustad med ett elektroniskt regler-system, vilket styr värmeeffekten efter utgående värmebärartemperatur (badvattentemperatur). Detta innebär en klar förbättring mot dagens system, där utgående badvattentemperatur regleras "på känn" genom manuell shuntning.

Värmepumpanläggningen utförs således för optimal drift under badsäsongen. Under vintern är exempelvis drift av värmepump enligt principen vatten/vatten idag inte tekniskt möjligt med föreslaget system.

För att upprätthålla en temperatur av lägst $+5^{\circ}\text{C}$ i garage och maskinrum året om installeras elradiatorer i dessa utrymmen.

Kommunens kostnader för förbrukning av elenergi vid Hälleviksbadet är beroende av bland annat tillämpad taxekonstruktion. Genom en tidsstyrd växelvis in-

koppling av i första hand befintliga bastuaggregat kan en förmånligare taxa erhållas.

Hälleviksbadets nuvarande elkraftbehov är ca 72 kW. Installerad effekt fördelar sig på befintlig utrustning enligt följande tabell:

Installation	Installerad effekt
Bastuaggregat	2x16 kW = 32 kW
Badvattenpump 1	15 kW
Badvattenpump 2	7,5 kW
Cirkulationspumpar	2x0,6 kW = 1,2 kW
Till- och frånluftsfläktar	ca 1,8 kW
Belysning, elradiatorer och övrigt	ca <u>14 kW</u>
Summa	ca 72 kW

Med en effektfaktor ($\cos \varphi$) för samtliga motorer på 0,8 motsvarar den installerade effekten ca 95 A. Detta under förutsättning att de bägge bastuaggregaten körs växelvis.

Vid en värmepumpsinstallation motsvarande 350-375 kW värmeeffekt vid förutsättningar beskrivna ovan krävs ytterligare ca 180 A framledningskapacitet i fallet värmepump av typ luft/vatten. Motsvarande för vatten/vatten-värmepumpen blir då 150 A. Detta kräver dock kompletteringar av nuvarande elektriska installationer i form av ny servisledning samt en ombyggnad av badanläggningens elcentral.

5.3.1 Värmepump luft/vatten, alt B

Värmepumpen effektdimensioneras för att ge erforderlig värmeeffekt vid drift den 15 maj under ett normalår. Antagen lufttemperatur framgår av bilaga 11. Under övriga delen av badsäsongen kommer värmepumpen att lämna en högre värmeeffekt beroende på högre utomhus-temperatur.

Värmepumpanläggningen kan antingen bestå av ett eller två aggregat som sammankopplas med utomhusplacerade förångare, förslagsvis placerade på taket. Systemet utförs för direktexpansion varvid freon cirkulerar mellan förångarbatterier och aggregat.

En värmepumpanläggning av typ luft/vatten med en

värmeeffekt enligt ovan är kostnadsberäknad till 370 000 kr inklusive montering och anslutning av elledningar enligt kostnadsförfrågan till ett antal tillverkare och leverantörer.

Utvärdering av de besparingsåtgärder som beskrivits i föregående kapitel redovisas i bilaga 12.

Nedanstående investeringskostnader har beräknats översiktligt och inkluderar uppskattat installationsarbete.

Investeringsbehov för komplett värmepump inkl montage, kr	370 000
Demontering av befintlig panna, kr	5 000
VVS-kompletteringar, kr	35 000
Elektrisk matning, kr	12 000
Ökad anslutningsavgift, kr	21 000
Vindavskärmande vegetation, kr	20 000
Övriga besparingsåtgärder, kr	25 000
Projektering, kr	20 000
Diverse oförutsett, kr	<u>12 000</u>
Totalt investeringsbehov, kr	520 000

I nedanstående sammanställning redovisas beräknade årliga drifts- och underhållskostnader för den nya värmepumpanläggningen, inklusive genomförda besparingsåtgärder.

Totalt elenergibehov för värmepumpalternativ luft/vatten inklusive fläktarbete och uppvärmning vintertid är beräknat till 115 700 kWh. Utav värmepumpanläggningens energi-behov infaller 65 % under nattetid och resterande 35 % under tid då högtariff på elförbrukningen tillämpas.

Energikostnad, kr	23 800
Kostnader för periodisk tillsyn och service, kr	3 000
Diverse ersättningsmaterial, kr	1 000
Rengöring av förångare, kr	1 000
Uppfyllning och spädning av bassängvatten, kr	<u>8 000</u>
Summa drift och underhåll, kr	36 800

5.3.2 Värmepump vatten/vatten, alt C

Värmepumpen dimensioneras för att lämna erforderlig värmeeffekt den 15 maj under ett normalår och är tänkt att ta värme ur havet, beläget ca 150 meter från badanläggningen. Antagen havsvattentemperatur vid Hällevik framgår av bilaga 13. Under övriga delen av badsäsongen kommer värmepumpenläggningen att leverera en högre effekt beroende på högre havsvattentemperatur.

Försörjningen av köldbärare, dvs havsvatten, sker genom en dränkbar länsump placerad på en flotte alternativt i en pumpgrop vid stranden. Köldbäraren transporteras fram till värmepumpens förångare, temperaturen sänks ca 5^o varefter vattnet överförs till befintlig tömningsledning. Den principiella utformningen framgår av bilaga 14.

Genom att placera en avtappning på köldbärarledningen kan pumpanläggningen även utnyttjas för att fylla bassängerna samt för att kompensera avdunstningen genom spädvattentillförsel.

Värmepumpaggregatet inklusive förångare för havsvatten (material: koppar-nickellegering) och montering och elanslutning erfordrar en kapitalinvestering av 200 000 kr och grundar sig på kostnadsförfrågningar till ett antal tillverkare och leverantörer. Dessutom tillkommer kostnader för köldbärarförsörjningen.

Utvärdering av de besparingsåtgärder som beskrivits i föregående kapital redovisas i bilaga 15.

Nedanstående investeringskostnader har beräknats översiktligt och inkluderar uppskattat installationsarbete.

Investeringsbehov för komplett värmepump inkl montage, kr	200 000
Demontering av befintlig panna, kr	5 000
Intagsledning, kr	100 000
VVS-kompletteringar, kr	35 000
Elektrisk matning, kr	12 000
Ökad anslutningsavgift, kr	18 000
Vindavskärmande vegetation, kr	20 000

Övriga besparingsåtgärder, kr	25 000
Projektering, kr	25 000
Diverse oförutsett, kr	<u>7 000</u>
Totalt investeringsbehov, kr	447 000

I nedanstående sammanställning redovisas beräknade årliga drifts- och underhållskostnader för den nya värmepumpanläggningen, inklusive genomförda besparingsåtgärder.

Totalt elenergibehov för värmepumpalternativ vatten/vatten inklusive havsvattenförsörjningens pumparbete och inklusive uppvärmning vintertid är beräknat till 111 300 kWh. Utav värmepumpanläggningens energibehov infaller 65 % under natttid och resterande 35 % under tid då högtariff tillämpas på elförbrukningen.

Energikostnad, kr	23 100
Kostnader för periodisk tillsyn och service, kr	3 000
Diverse ersättningsmaterial, kr	1 000
Rengöring av förångare, kr	<u>1 000</u>
Summa drift och underhåll, kr	28 100

5.4 Uppvärmning med solenergi, alt D

De solfångare som har varit aktuella vid Hälleviksbadet har varit plana och monterade i en fast stativkonstruktion med en lutning av 40-45 grader. Vid de låga arbetstemperaturer som gäller för bassänguppvärmning blir värmeförlusterna förhållandevis små och kraven på isolering minskar.

Kommunens energisparkommitté har granskat ett förslag där plana solfångare av polypropylen utan glasning och isolering, föreslagits. 1 100 m² solfångaryta med en 45 gradig lutning skulle tillgodose omkring 70 % av det totala energibehovet. Eftersom uppvärmningsanordningen kräver någon form av stödvärme föreslås här en konventionell övertryckseldad oljepanna enligt avsnitt 5.1. Denna pannanläggning tjänar även till att höja temperaturen på tappvarmvattnet.

Den totala investeringskostnaden innefattande solfångare, stativ, rör- och reglersystem samt ny pannanläggning har uppskattats till 820 000 kr.

På grund av både ekonomiska, estetiska och tekniskt praktiska skäl har kommunen beslutat att soluppvärmning av Hälleviksbadet ej kan komma ifråga. Den främsta orsaken till detta beslut var bristen på uppställningsplats för solfångarsystemet. Även utseendemässiga skäl bidrar till ovanstående beslut.

5.5 Årskostnader

Med ledning av kalkylerade kapitalkostnader samt drift- och underhållskostnader, kan årskostnaderna för de olika uppvärmningsalternativen beräknas. Räntesatsen för investerat kapital har satts till 12 % varvid annuiteter har beräknats enligt bilaga 9.

Alternativ	A	B	C
Kapitalkostnad, kr	12 400	87 400	74 700
Service, underhåll, kr	4 000	5 000	5 000
Uppfyllning och spädvatten, kr	8 000	8 000	0
Energi, kr	<u>61 000</u>	<u>24 000</u>	<u>23 100</u>
Summa årskostnad, kr	85 400	124 400	102 800

Huvudsakligen beroende av värmepumpsanläggningarnas höga kapitalintensitet medför alternativ B och C en högre årskostnad.

I takt med att energipriset stiger kommer dock årskostnadsbilderna att förändras.

I bilaga 16:1-6 har årskostnaderna för åren 1979 fram till 1991 beräknats för de olika alternativen med antagandet av 5, 10 resp 15 % årlig energiprisökning på el respektive olja. Som jämförelseobjekt har även ett alternativ med enbart utbyte av oljepanna (alt O) medtagits. Jämförelsebar årskostnad för detta alternativ med dagens kostnadsbild blir 110 300 kr inklusive den höga tappvarmvattenförbrukning som idag föreligger.

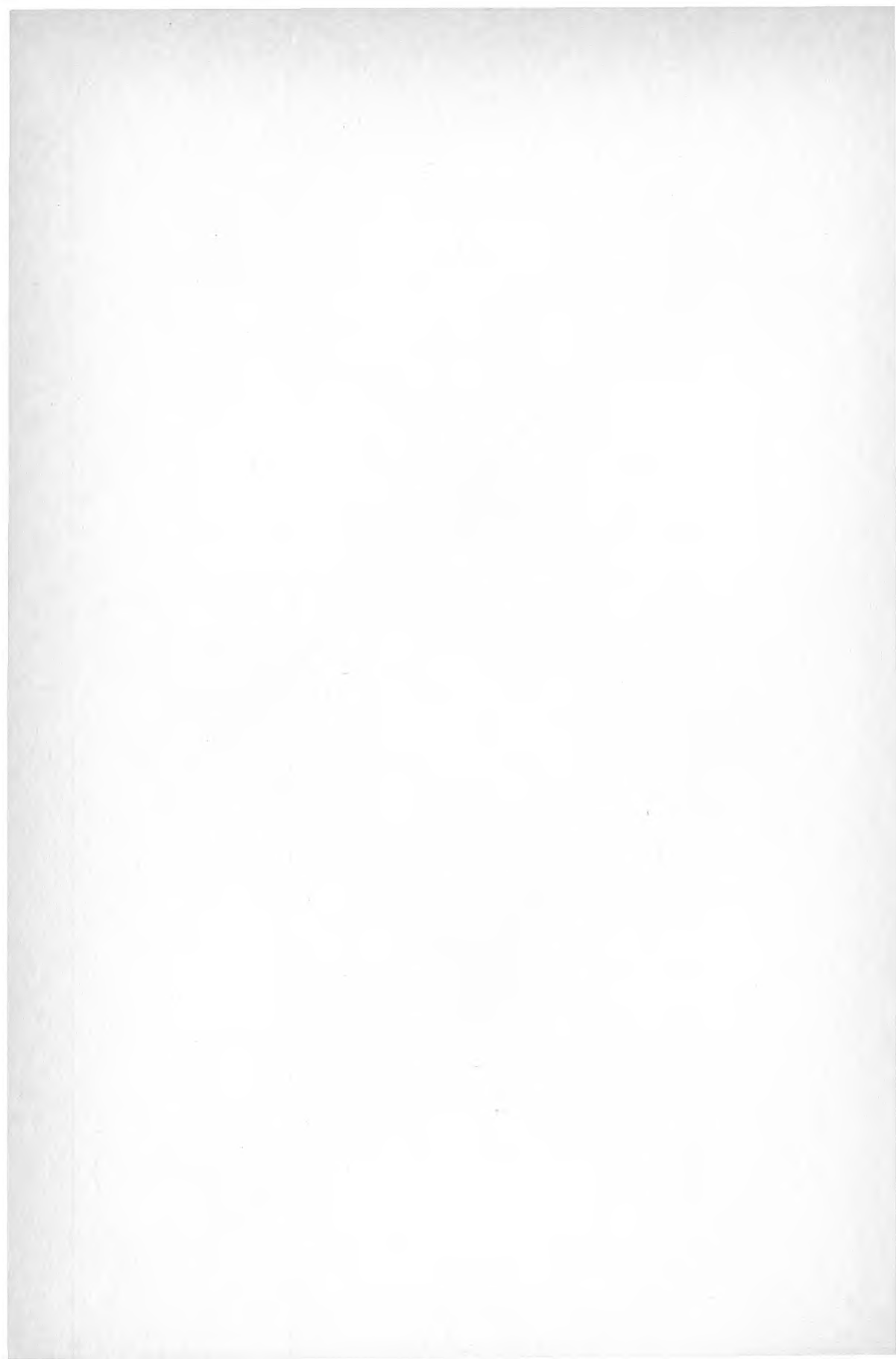
Av diagrammen framgår att alternativ C, dvs värmepump typ vatten/vatten, är ekonomiskt fördelaktigt redan år 1983 vid 10 resp 5 % energiprisökning på olja och el eller år 1984 vid en 10 %-ig årlig ökning av bådadera. Jämförs värmepumpalternativet C med O-alternativet framstår denna tendens ännu tydligare. Värt att notera är även värmepumpsalternativens relativt ringa känslighet för förändringar i energipriset.

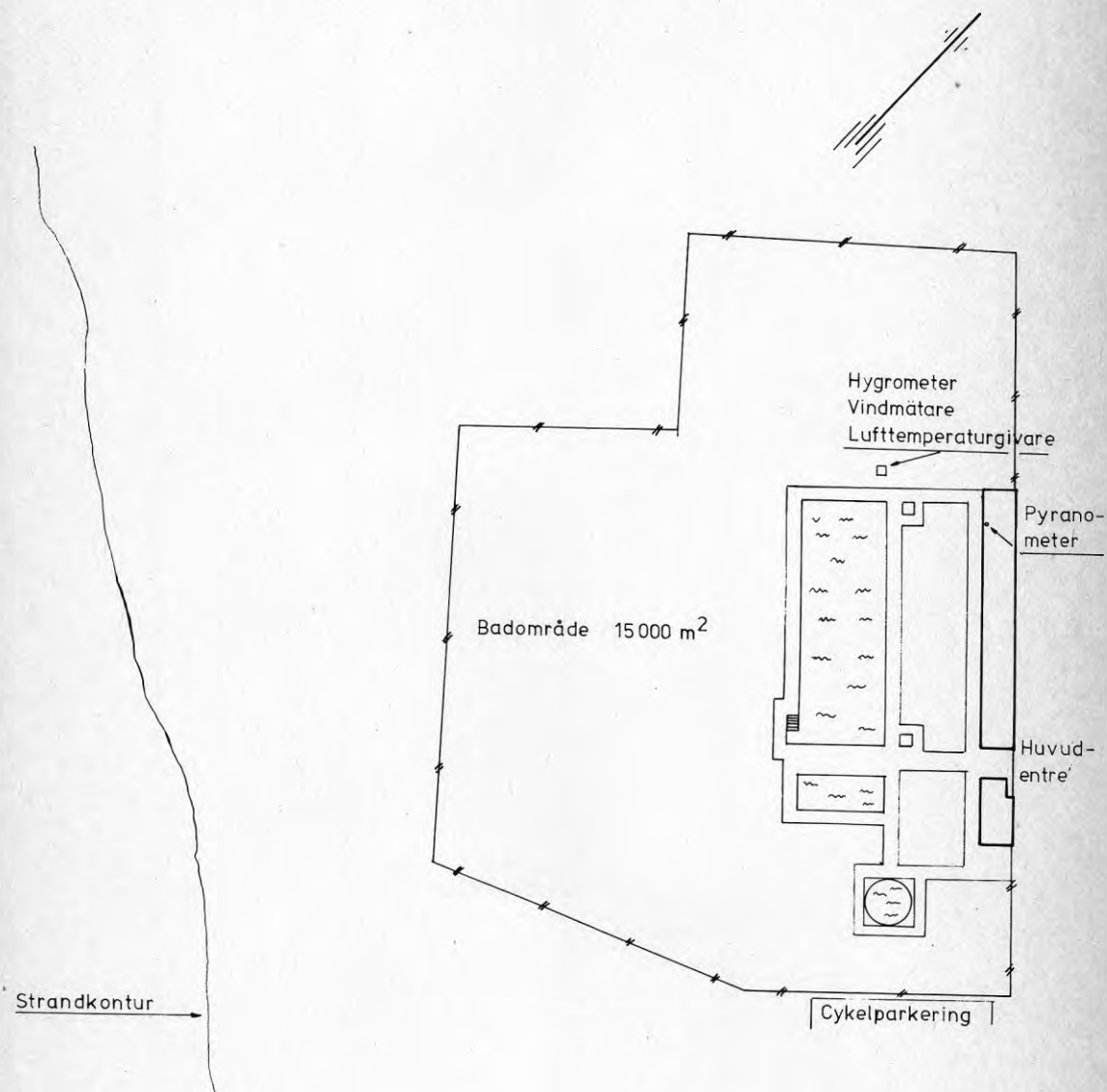
5.6 Slutsatser

Av känslighetsanalysen i föregående avsnitt framgår att de bägge undersökta värmepumpsalternativen redan idag ligger mycket nära lönsamhet. Statlig subvention i någon form kan således möjliggöra en värmepumpsinstallation.

Denna subvention skulle kunna utgöras av Statens Industriverks (SIND) 35%-iga bidrag för energibesparande åtgärder.

Statens råd för byggnadsforskning (BFR) har från juli 1977 uppgiften att stödja forskningsinriktat experimentbyggande i syfte att förbättra energihushållningen. Detta innebär att teknik för att utnyttja lokala och förnyelsebara energikällor är aktuell. I stödet för experimentbyggande ingår dels stående, räntefria lån till de förhöjda investeringskostnaderna dels direkta bidrag till projektering, uppföljning och utvärdering av experimenten. Byggnadsforskningsrådet har visat intresse för en värmepumpsanläggnings potential som alternativt uppvärmningssystem för friluftsbad. I bilaga 17 redovisas därför en finansieringsanalys baserad på BFR-bidrag och lån.





BFR-projekt nr 790699-7

Mätprotokoll för Hälleviksbadet, Sölvesborgs kommun

Vecka / - /	Tid för observation	Molnighet		Vind- riktning	Temperatur		Oljenivå	Elmätare	Värmenäings- mätare	Anmärkning
		Solligt	Halv- klart		Stim- bassäng	Under- visn.b. Plask- damm				
Måndag	06.00									
	15.00									
	22.00									
Tisdag	06.00									
	15.00									
	22.00									
Onsdag	06.00									
	15.00									
	22.00									
Torsdag	06.00									
	15.00									
	22.00									
Fredag	06.00									
	15.00									
	22.00									
Lördag	06.00									
	15.00									
	22.00									
Söndag	06.00									
	15.00									
	22.00									

Protokollet insänds till: VBB
 Att: Hans Grafström
 Box 5038
 102 41 STOCKHOLM

VEB-HALLEVIKSBADET**

Bilaga 3:1

VECKA 26

SOL***** LUFT-TEMP*****

MAND			MAND			LORD		
MEDEL	4-21		MEDEL6-22			MEDEL6-22		
	338.70	W/M ²		16.74	C		12.44	C
TOTAL			MEDEL22-6			MEDEL22-6		
	6.10	KWH		15.09	C		8.68	C
		/M ²	MEDELTEMP*			MEDELTEMP*		
				16.17	C		11.14	C
TISD			MAX- TEMP*			MAX- TEMP*		
MEDEL	4-21			18.00	C		14.90	C
	338.07	W/M ²						
TOTAL			TISD			SOND		
	6.09	KWH	MEDEL6-22			MEDEL6-22		
		/M ²		16.73	C		10.67	C
			MEDEL22-6			MEDEL22-6		
DNSD				15.34	C		9.27	C
MEDEL	4-21		MEDELTEMP*			MEDELTEMP*		
	176.25	W/M ²		16.25	C		10.18	C
TOTAL			MAX- TEMP*			MAX- TEMP*		
	3.17	KWH		18.40	C		12.10	C
		/M ²	DNSD					
			MEDEL6-22					
TORS				15.56	C			
MEDEL	4-21		MEDEL22-6					
	291.03	W/M ²		12.91	C			
TOTAL			MEDELTEMP*					
	5.24	KWH		14.64	C			
		/M ²	MAX- TEMP*					
				18.20	C			
FRED			TORS					
MEDEL	4-21		MEDEL6-22					
	177.57	W/M ²		14.51	C			
TOTAL			MEDEL22-6					
	3.20	KWH		13.52	C			
		/M ²	MEDELTEMP*					
				14.17	C			
LORD			MAX- TEMP*					
MEDEL	4-21			17.80	C			
	388.25	W/M ²						
TOTAL			FRED					
	6.99	KWH	MEDEL6-22					
		/M ²		14.38	C			
SOND			MEDEL22-6					
MEDEL	4-21			11.07	C			
	312.36	W/M ²	MEDELTEMP*					
TOTAL				13.23	C			
	5.62	KWH	MAX- TEMP*					
		/M ²		18.20	C			

BADV-TEMP*****

MAND		LORD	
MEDEL6-22		MEDEL6-22	
23.59	C	23.24	C
MEDEL22-6		MEDEL22-6	
22.58	C	23.63	C
MEDELTEMP*		MEDELTEMP*	
23.24	C	23.37	C
MAX- TEMP*		MAX- TEMP*	
23.90	C	24.90	C
TISD		SOND	
MEDEL6-22		MEDEL6-22	
22.59	C	22.94	C
MEDEL22-6		MEDEL22-6	
23.33	C	23.74	C
MEDELTEMP*		MEDELTEMP*	
22.85	C	23.22	C
MAX- TEMP*		MAX- TEMP*	
24.00	C	25.10	C
DNSD			
MEDEL6-22			
22.30	C		
MEDEL22-6			
23.44	C		
MEDELTEMP*			
22.70	C		
MAX- TEMP*			
24.10	C		
TORSD			
MEDEL6-22			
22.84	C		
MEDEL22-6			
23.17	C		
MEDELTEMP*			
22.95	C		
MAX- TEMP*			
24.10	C		
FRED			
MEDEL6-22			
22.29	C		
MEDEL22-6			
23.13	C		
MEDELTEMP*			
22.58	C		
MAX- TEMP*			
23.90	C		

VBB-HALLEVIKSBADET**

VBB-HALLEVIKSBADET**

VECKA 26

VECKA 26

VIND*****

FUKT*****

MAND

MEDEL 6-22		
	2.51	M/S
MEDEL 22-6		
	1.73	M/S

MAND

MEDEL 6-22		
	82.44	%
MEDEL 22-6		
	89.20	%

TISD

MEDEL 6-22		
	1.82	M/S
MEDEL 22-6		
	0.71	M/S

TISD

MEDEL 6-22		
	81.67	%
MEDEL 22-6		
	89.20	%

ONSD

MEDEL 6-22		
	1.32	M/S
MEDEL 22-6		
	0.66	M/S

ONSD

MEDEL 6-22		
	80.00	%
MEDEL 22-6		
	82.20	%

TORSD

MEDEL 6-22		
	1.19	M/S
MEDEL 22-6		
	1.99	M/S

TORSD

MEDEL 6-22		
	75.78	%
MEDEL 22-6		
	95.40	%

FRED

MEDEL 6-22		
	1.58	M/S
MEDEL 22-6		
	0.83	M/S

FRED

MEDEL 6-22		
	90.11	%
MEDEL 22-6		
	90.00	%

LORD

MEDEL 6-22		
	1.58	M/S
MEDEL 22-6		
	1.06	M/S

LORD

MEDEL 6-22		
	78.67	%
MEDEL 22-6		
	95.00	%

SOND

MEDEL 6-22		
	1.28	M/S
MEDEL 22-6		
	0.74	M/S

SOND

MEDEL 6-22		
	96.00	%
MEDEL 22-6		
	98.20	%

EL*****

3:4

MAND
 LAG-TARIFF
 194.00 KWH
 HDG-TARIFF
 679.00 KWH
 TOTAL
 873.00 KWH

TOTALEL***
 LAG-TARIFF
 1448.00 KWH
 HDG-TARIFF
 4607.00 KWH
 TOTAL
 6055.00 KWH

TISD
 LAG-TARIFF
 200.00 KWH
 HDG-TARIFF
 821.00 KWH
 TOTAL
 1021.00 KWH

DNSD
 LAG-TARIFF
 203.00 KWH
 HDG-TARIFF
 525.00 KWH
 TOTAL
 728.00 KWH

TORSD
 LAG-TARIFF
 201.00 KWH
 HDG-TARIFF
 631.00 KWH
 TOTAL
 832.00 KWH

FRED
 LAG-TARIFF
 198.00 KWH
 HDG-TARIFF
 720.00 KWH
 TOTAL
 918.00 KWH

LORD
 LAG-TARIFF
 232.00 KWH
 HDG-TARIFF
 673.00 KWH
 TOTAL
 905.00 KWH

SOND
 LAG-TARIFF
 220.00 KWH
 HDG-TARIFF
 558.00 KWH
 TOTAL
 778.00 KWH

Tillgodogjord solenergi (Q (Sol))

Utifrån reflexionsfaktorns och instrålningens variation över dygnet har tillgodogjord solenergi beräknats till 95 % av den instrålade och kan således uttryckas som:

$$0,95 \int I \cdot A \cdot dt$$

Förenklat kan I uttryckas som ett medelvärde för varje timme och därefter summeras under dygnet.

$$0,95 \cdot A \cdot \bar{\Sigma I}_i ;$$

där \bar{I}_i anger medelinstrålningen under timme i.

Från värmeanläggningen tillförd värme (Q (Anl))

Tillförd värme kan beräknas med kändedom om temperaturhöjning och flöde på det cirkulerande bassängvattnet enligt:

$$\int \dot{q} \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot dt$$

Om flödet är konstant och fram- och återledningstemperaturerna approximativt konstanta kan tillförd värme beräknas utifrån:

$$\dot{q} \cdot c_p \cdot \int \Delta T \cdot dt$$

Förluster i rörledningar till och från bassängen försummas.

Ledningsförluster

Med kännedom om markens beskaffenhet och avstånd till grundvattennivån kan ledningsförlusterna uttryckas som:

$$\frac{A_S}{M_S} \int \Delta T_S dt + \frac{A_B}{M_B} \int \Delta T_B dt \quad \text{där}$$

A_S, A_B = bassängernas sido- resp bottenarea

M_S, M_B = värmemotståndet i sidor resp botten

ΔT_S = temperaturdifferens mellan badvatten och luft

ΔT_B = temperaturdifferens mellan badvatten och grundvatten

Genom att använda medeltemperaturdifferenser för varje timme kan uttrycket förenklas. Ledningsförlusterna kan då uttryckas som

$$\frac{A_S}{M_S} \cdot \sum \Delta T_{Si} + \frac{A_B}{M_B} \sum \Delta T_{Bi}$$

Konvektionsförluster (Q (Konv))

Genom att approximera strömningsförloppet över bassängytan med en påtryckt strömning över en horisontell yta kan värmeövergångstalet uttryckas som funktion av vindhastigheten.

$$A \cdot \int \alpha \Delta T dt \quad \text{där}$$

A = fri vattenyta

α = värmeövergångstal

ΔT = temperaturdifferens mellan badvatten och luft

Förenklar man detta uttryck med hjälp av medelvärden för varje timme fås

$$A \cdot \sum (\alpha_i \cdot \Delta T_i)$$

Strålningsförluster (Q (Strln))

För den effektiva utstrålningen gäller vid givet temperaturintervall med god överensstämmelse följande förenklade samband (Devik, 1931):

$$\int (K_1 (1-0.09 N) + K_2 \Delta T) dt \quad \text{där}$$

K_1, K_2 = konstanter

N = molninghet

ΔT = temperaturdifferens mellan badvatten och luft

Genom ytterligare förenkling med antagande av konstant molnighet fås:

$$K_1 (1-0,09 N) t + K_2 \Delta \bar{T}_i$$

Avdunstningsförluster (Q (Avd))

Generellt kan värmeförlusterna till följd av avdunstning tecknas.

$$A \cdot \int \frac{\alpha}{c_p} (X_v - X) dt \quad \text{där}$$

α = värmeövergångstalet

X_v, X = fukthalt vid vattenyta resp i omgivningsluft

Förenklas detta uttryck genom införandet av timmedelvärden fås för givet temperaturintervall:

$$K_1 A \bar{T}_B \sum (\sqrt{\bar{V}_i + K_2} (\bar{P}_{vi} - \bar{\theta}_i \bar{P}_{Li}) / \bar{P}_i) \quad \text{där}$$

K_1, K_2 = konstanter

\bar{T}_B = absoluta badvattentemperaturen

\bar{V}_i = medelvindhastigheten timme i

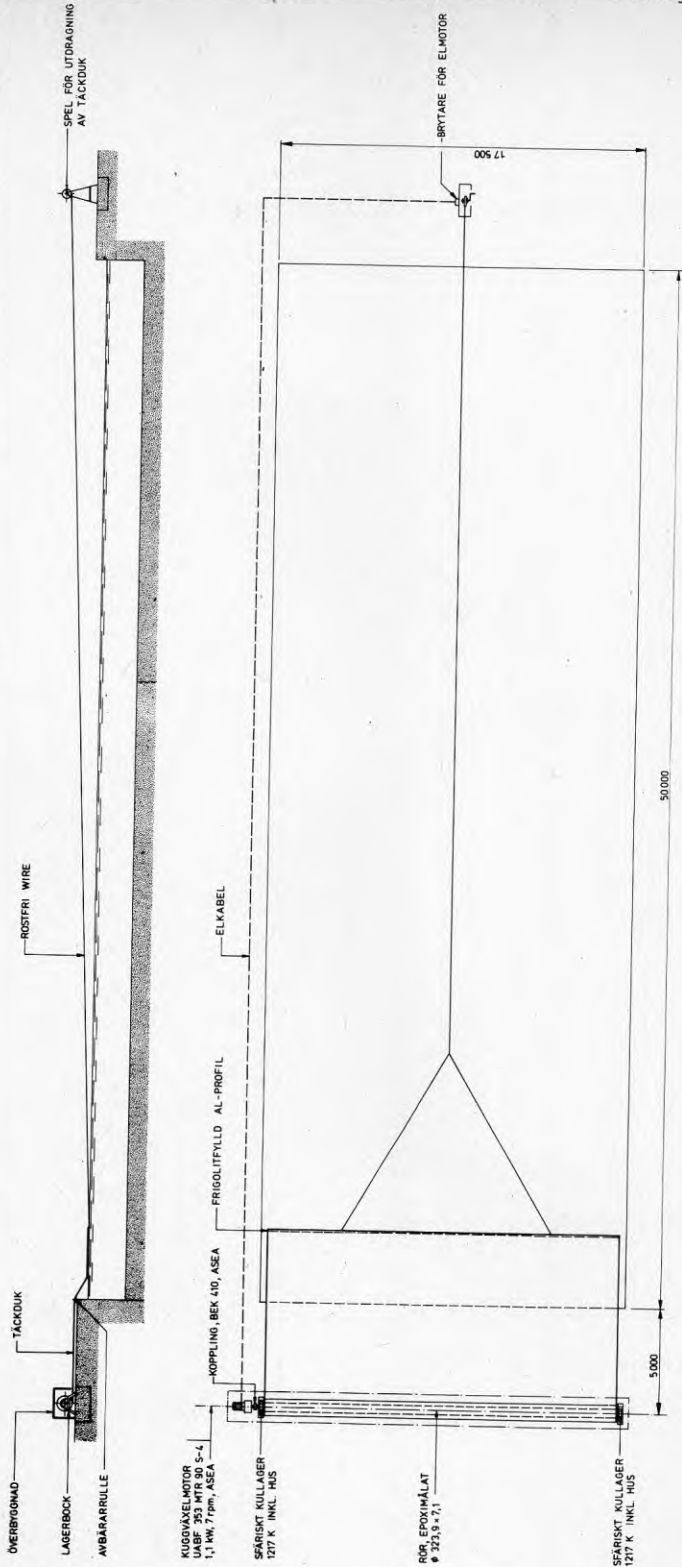
$\bar{P}_{vi}, \bar{P}_{Li}$ = vattenångans partialtryck vid vattenytan resp i luften timme i

$\bar{\theta}_i$ = relativa fuktigheten timme i

\bar{P}_i = lufttrycket timme i

****ENERGIFLODEN****

MAND			TORSI			SOND		
SOL**			SOL**			SOL**		
	6289.1	KWH		5402.4	KWH		5794.2	KWH
LEDN*			LEDN*			LEDN*		
	-212.2	KWH		-216.3	KWH		-237.7	KWH
KONV*			KONV*			KONV*		
	-2649.6	KWH		-2612.5	KWH		-3333.5	KWH
STRLN			STRLN			STRLN		
	-3936.4	KWH		-4044.5	KWH		-4708.4	KWH
AVDUN			AVDUN			AVDUN		
	-4217.5	KWH		-4077.4	KWH		-4196.7	KWH
ACKUM			ACKUM			ACKUM		
	2236.3	KWH		621.2	KWH		-248.5	KWH
SUMMA			SUMMA			SUMMA		
	-2490.4	KWH		-4927.0	KWH		-6930.6	KWH
TISI			FRED					
SOL**			SOL**					
	6278.8	KWH		3299.2	KWH			
LEDN*			LEDN*					
	-205.4	KWH		-214.4	KWH			
KONV*			KONV*					
	-1880.5	KWH		-2550.5	KWH			
STRLN			STRLN					
	-3820.8	KWH		-4104.8	KWH			
AVDUN			AVDUN					
	-3291.1	KWH		-3588.5	KWH			
ACKUM			ACKUM					
	-497.0	KWH		-124.2	KWH			
SUMMA			SUMMA					
	-3416.0	KWH		-7283.2	KWH			
ONSD			LORD					
SOL**			SOL**					
	3268.3	KWH		7206.7	KWH			
LEDN*			LEDN*					
	-209.9	KWH		-235.9	KWH			
KONV*			KONV*					
	-2011.3	KWH		-3483.7	KWH			
STRLN			STRLN					
	-3897.4	KWH		-4525.7	KWH			
AVDUN			AVDUN					
	-3471.5	KWH		-5005.1	KWH			
ACKUM			ACKUM					
	-248.5	KWH		124.2	KWH			
SUMMA			SUMMA					
	-6570.3	KWH		-5919.5	KWH			



SVE | SW | SE
 SVEBYGGNADEN AB | RING | GÅRDE | JÄRVA

BFR - HÄLLEVIKSBADET

FÖRSTUDIÉ

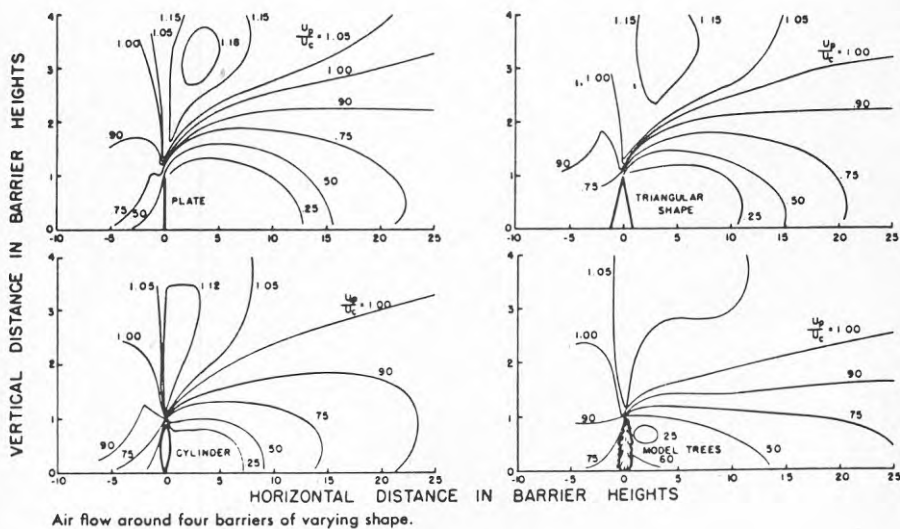
FÖRSLAG TILL ANÖRDNING FÖR
TACKANDE AV BASSÄNG

Principer
för anläggning och skötsel av läskydd
i form av vegetationsskärmar

Styrande för vegetationens artsammansättning och organisation är platsens ståndartsförhållanden (växtbetingelser) samt vilken vegetationstyp som naturligt finns eller kan utvecklas på platsen. Etablering av vegetation har vidare landskapsestetiska aspekter som måste beaktas. Läskydd bör inte vinnas på t ex bekostnad av landskapsbildsmässiga kvaliteter.

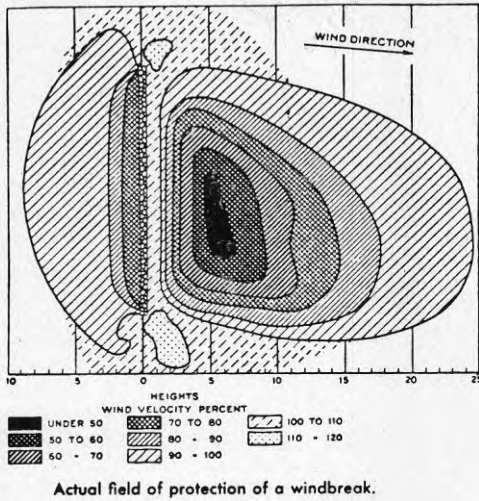
Det aktuella områdets förhållanden är inte tillräckligt klarlagda varför endast vissa principiella synpunkter och en idéskiss kan lämnas. Skissen behöver omarbetas innan den kan ligga till underlag för åtgärder.

I figur 1 redovisas effekten av läskydd av olika utformning. Att märka är att vegetationsskärmen (modell tress) släpper igenom luft men att utsträckningen av det vinddämpade området (75% av vindstyrkan) är större än i de andra fallen.



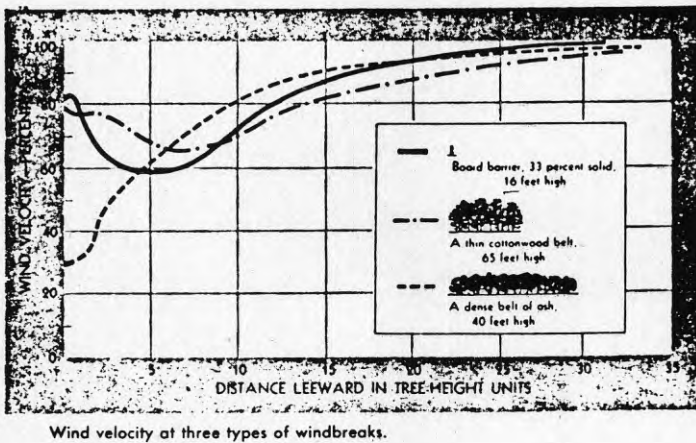
Figur 1

Av figur 2 framgår vindreduktionen vid ett till längden avgränsat vindskydd. Det täta vindskyddet medför vidare en virvelbildning på läsidan av skyddet.



Figur 2

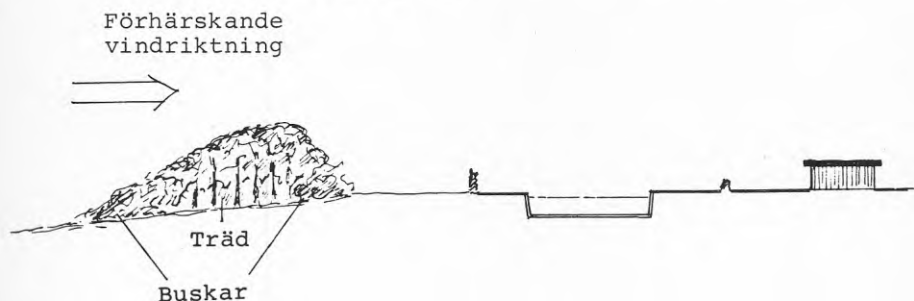
Effekten av olikhöga läskydd av skild typ redovisas i figur 3. Det framgår att den "täta askplanteringen" är bättre som läskydd till ca 5 gånger dess höjd varefter skyddet är ungefär likvärdigt i de tre alternativen.



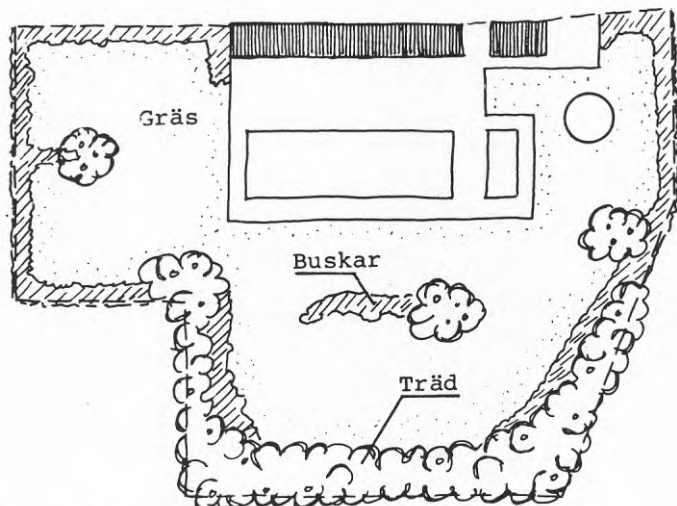
Figur 3

Hälleviksbadet, idéskiss

Av tidigare sagda framgår att den bästa effekten från läsynpunkt är om ett vegetationsbälte (träd och buskar) planteras i anslutning till plattläggningen längs bassängen. Av praktiska skäl som behovet av utrymme, lättillgängliga solytor, nedskräpning från vegetationen etc kan det vara fördelaktigare att dra vegetationsbältet längre från bassängen och eventuellt komplettera med en 1-1,5 m hög häck eller plank längs plattläggningen, figur 4. Om utsikten mot havet bedöms ha stort värde kan blaskvegetationen till vissa delar slopas så att genom-siktighet nås, figur 5.



Figur 4 Princip för uppbyggnad av läskydd med vegetation ej skalenlig



Figur 5 Idéskiss Hälleviksbadet

Uppbyggnad av en vegetationsskärm sker vanligen med en kombination av snabbväxande (amvegetation) och normalt växande arter. Efterhand måste en gallring av amvegetationen ske så att denna inte konkurrerar ut den vegetation som avsetts bli bestående.

Slutligt förslag till växtsammansättning kan ske först sedan ståndartsfaktorerna klarlagts och områdets befintliga vegetation bestämts. I detta fall bör speciellt beaktas vindkänslighet, saltkänslighet och växternas "nedskräpande egenskaper" under vegetationsperioden (fällning av barr, knoppfjäll, frö, pollen, blomblad etc). Översiktligt framgår att tall är dominerande i angränsande vegetationsridåer. Beroende på bl a markvattenförhållandena kan som amplantering till tall användas björk, asp, klibbal eller poppel. Om en lövträdsinblandning önskas i den slutliga skärmen kan t ex ek, rönn, oxel och björk vara lämpliga. Träden planteras som skogsplanter varför området måste skyddas för slitage de första åren. Efter det att amplanteringen borttagits bör vegetationsskärmen kunna utvecklas fritt.

Energibesparingar tappvarmvattensystem

Vattenförbrukning:

Duschar, tvagning	4 300 m ³
Spädvatten	500 m ³
Bevattning	600 m ³
Kallspolning	400 m ³
Filterspolning	800 m ³
Toaletter, cafeteria	<u>400 m³</u>
Totalt	7 000 m ³

Tappvarmvattentemperatur till duschar, inom- och utomhus, och tvagning antas till i medeltal +30°C. Inkommande kallvattentemperatur höjs således 20°C. För detta erfordras:

$4300 \cdot 1000 \cdot 4,18 \cdot 20 / 3600 \text{ kWh} = 10^5 \text{ kWh}$ per år
vilket motsvarar ca 14 m³ olja vid en årsmedelverkningsgrad hos pannan på 70%.

En reducering av tappvarmvattenflödet från 0,9 l/s till 0,3 l/s sparar årligen 2900 m³ vatten å 4 kr samt 67 000 kWh värme.

Avskrivningstider, annuiteter, bränsle- och elpriser

Kalkylränta: 12%

<u>Objekt</u>	<u>Avskr tid, år</u>	<u>Annuitet</u>
Panncentral	10	0,177
Värmepump	10	0,177
Fast bassängövertäckning	10	0,177
Rörlig övertäckning, stativ	10	0,177
, duk	3	0,416
Vegetationsskärm	30	0,124
VVS-utrustning	15	0,147
Elkablar, kabelskåp	30	0,124

Energipriser juli 1979

Eldningsolja nr 1 - 1 082 kr/m³, inkl energiskatt och särskild beredskapsavgift, för leveranser om minst 1 200 liter fritt förbrukare per tankbil.

Elenergi, taxa D4 Sölvesborgs Elverk:

Högtariff (06-22) - 25,2 öre/kWh

Lågtariff (22-06) - 13,4 öre/kWh

inklusive energiskatt (3 öre/kWh) och bränslepris (1,36 öre/kWh).

UPPVÄRMNINGSLTERNATIV A: Effekter av besparingsåtgärder

Atgärd	Kostnad kr	Besparing/år kWh	Besparing/år *) m ³	Årligt inbetalnings- överskott, kr	**) Årlig annuitet, kr
Fast bassäng- övertäckning	31 000	-	2,1	2 268	- 3 219
Rörlig bassäng- övertäckning	65 000	-	11,2+120	11 096	- 8 786
Vegetationsskärm	20 000	-	6,7+60	7 476	4 993
Tappvarmvatten- system	20 000	-	9,0+2900	21 320	18 384
Övrig vattenför- brukning	3 000	-	-	-	-
Återvinning ur ven- tilationsluften, alt 1	15 000	-	0,4	468	- 1 734
alt 2	20 000	2 000	-	504	- 2 432

*) Olja + vatten

**) Årligt inbetalningsöverskott - årlig kapitalkostnad. Avskrivningstider och kalkylränta enligt bilaga 9.

Antagen lufttemperatur i Hällevik

Som underlag för dimensionering av värmepumpsanläggning typ luft/vatten och utvärdering av driftskostnader, har följande lufttemperaturer antagits för Hälleviksbadet (värden från Karlshamn 1931-1968):

Månad	jan	febr	mars	april	maj
Normaltemperatur, °C	-0,9	-0-9	+1,1	+5,4	+10,5
Månad	juni	juli	aug	sept	okt
Normaltemperatur, °C	+14,8	+17,3	+16,4	+12,9	+8,4
Månad	nov	dec			
Normaltemperatur, °C	+4,6	+1,7			

Dimensionerande utetemperatur har antagits till -12°C (DUT1).

UPPVÄRMNINGSSALTERNATIV B: Effekter av besparingsåtgärder

Åtgärd	Kostnad kr	Besparing/år kWh *) m ³	Årligt inbetalnings- överskott, kr	**) Årlig annuitet, kr
Fast bassäng- övertäckning	31 000	8 570	1 806	- 3 681
Rörlig bassäng- övertäckning	65 000	19 760	2 764	- 17 118
Vegetationsskärm	20 000	11 860	3 229	746
Tappvarmvatten- system	20 000	15 950	14 960	12 023
Övrig vattenför- brukning	3 000	-	-	-
Återvinning ur ven- tilationsluften, alt 1	15 000	715	180	- 2 022
alt 2	20 000	2 000	504	- 2 432

*) Vatten

**) Årligt inbetalningsöverskott - årlig kapitalkostnad. Avskrivningstider och kalkylränta enligt bilaga 9.

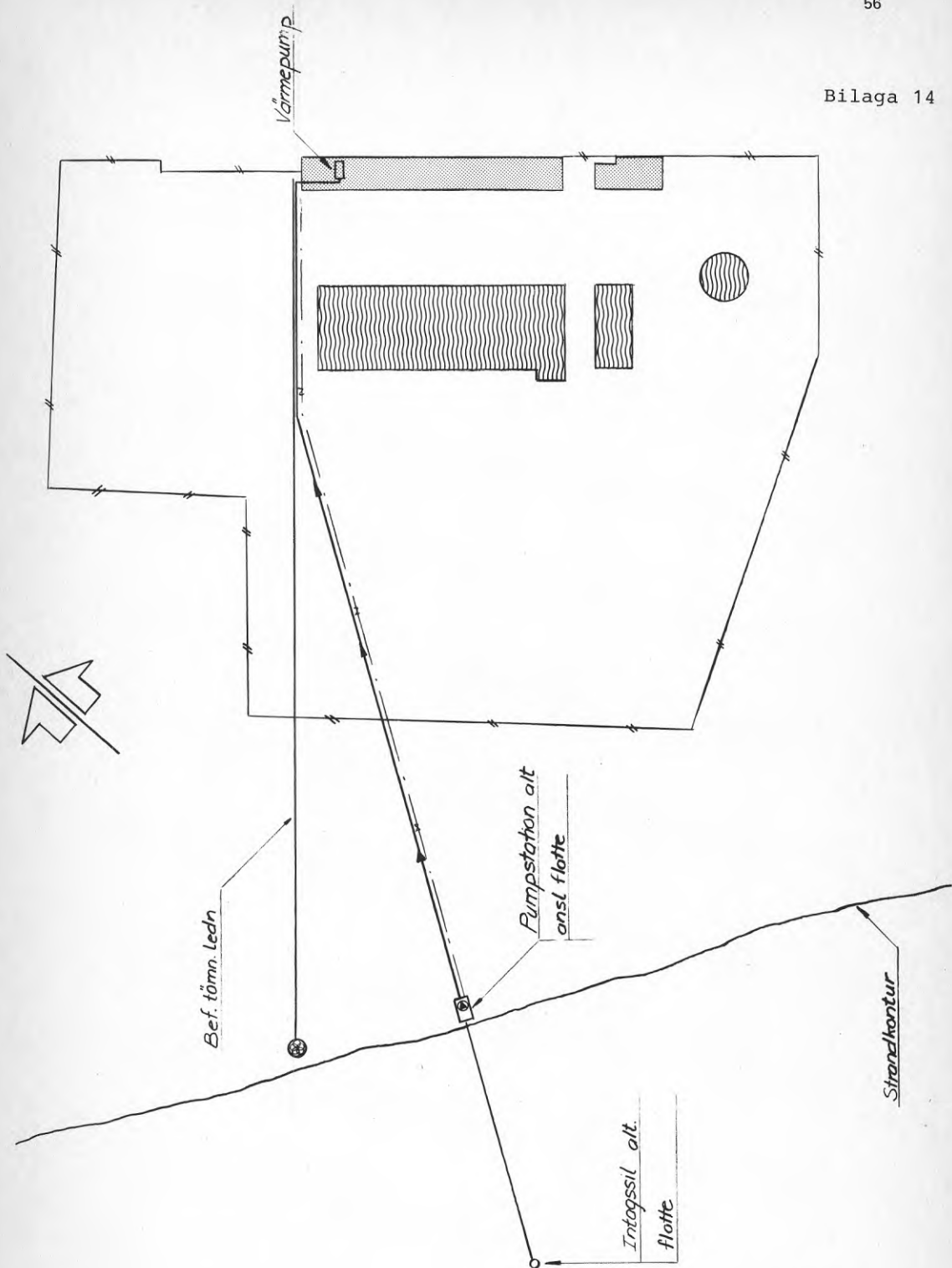
Antagen Havsvattentemperatur i Hällevik

Följande underlag har använts för att bedöma representativ havsvattentemperatur för Hällevik:

Datum	1 maj	31 maj	15 juni	15 juli
Ytvattentemperatur vid Hanö 1962-1977, °C	+ 5	+ 10	+ 13,5	+ 13,5
	31 juli	15 aug	30 aug	30 sept
Ytvattentemperatur vid Hanö 1962-1977, °C	+ 15	+ 15	+ 14	+ 11
Månad	maj	juni	juli	aug
Kylvattentemperatur vid Karlshamnsverket, °C	8	12	15	18

Dimensionering av värmepumpsanläggning typ vatten/vatten och utvärdering av driftskostnader har baserats på nedanstående antagna ytvattentemperaturer i Hällevik:

Datum	15 maj	15 juni	15 juli	15 aug
Ytvattentemperatur i Hällevik, °C	+ 9	+ 14	+ 15	+ 18
Datum	25 aug			
Ytvattentemperatur i Hällevik, °C	+ 16			



UPPVÄRMNINGSLTERNATIV C: Effekter av besparingsåtgärder

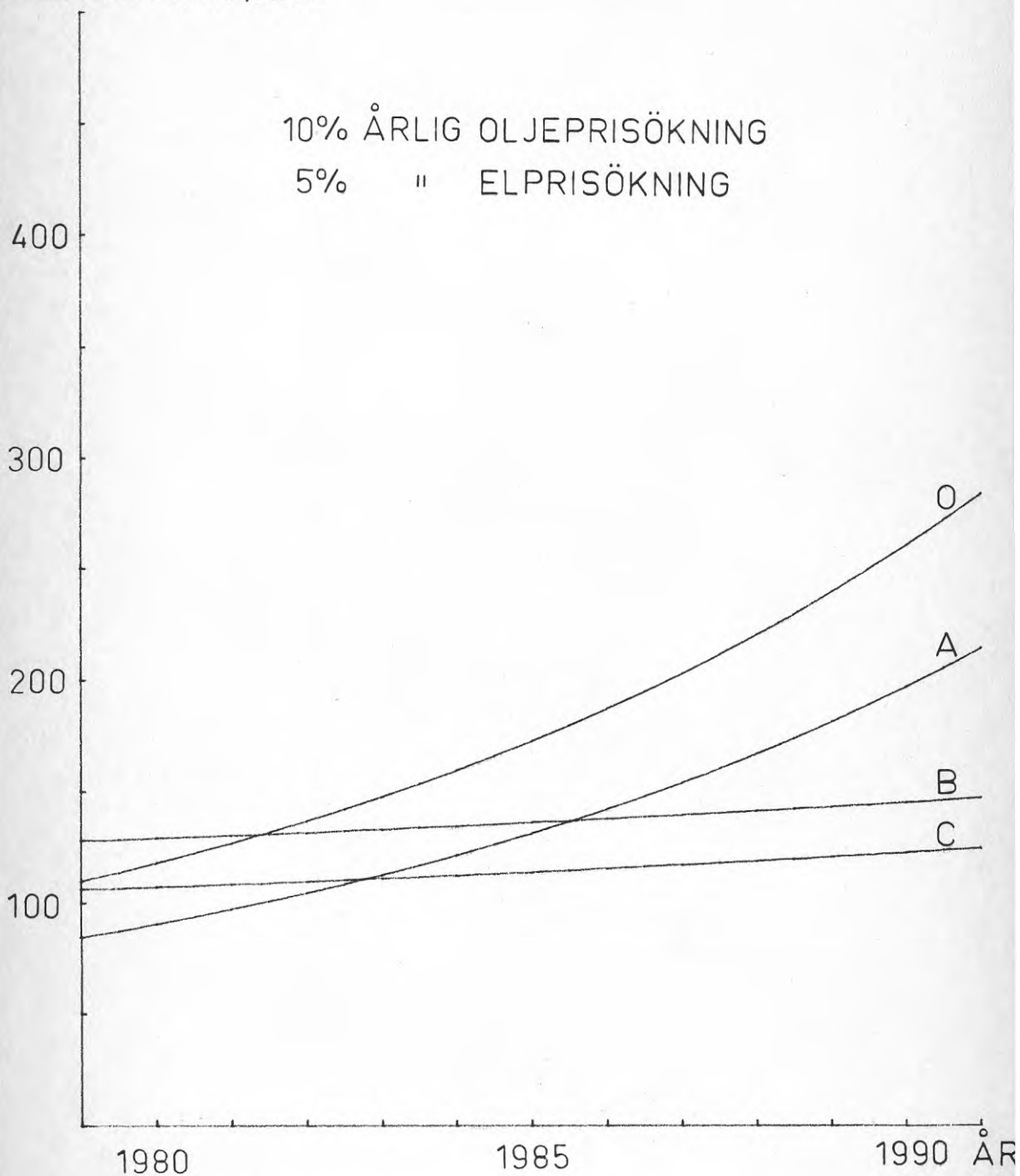
Åtgärd	Kostnad kr	Besparing/år kWh *) m ³	Årligt inbetalnings- överskott, kr	Årlig annuitet, kr **)
Fast bassäng- övertäckning	31 000	-	1 724	- 3 763
Rörlig bassäng- övertäckning	65 000	120	2 615	- 17 267
Vegetationsskärm	20 000	60	3 092	609
Tappvarmvatten- system	20 000	2 900	14 808	11 872
Övrig vattenför- brukning	3 000	- se kap 4.4	8 000	7 560
Återvinning ur ven- tilationsluften, alt 1	15 000	682	172	- 2 030
alt 2	20 000	2 000	504	- 2 432

*) vatten

***) Årligt inbetalningsöverskott - årlig kapitalkostnad. Avskrivningstider och kalkylränta enligt bilaga 9.

ÅRSKOSTNAD, KKR

10% ÅRLIG OLJEPRISÖKNING
5% " ELPRISÖKNING



ÅRSKOSTNAD, KKR

5% ÅRLIG OLJEPRISÖKNING
10% " ELPRISÖKNING

400

300

200

100

1980

1985

1990 Å

B

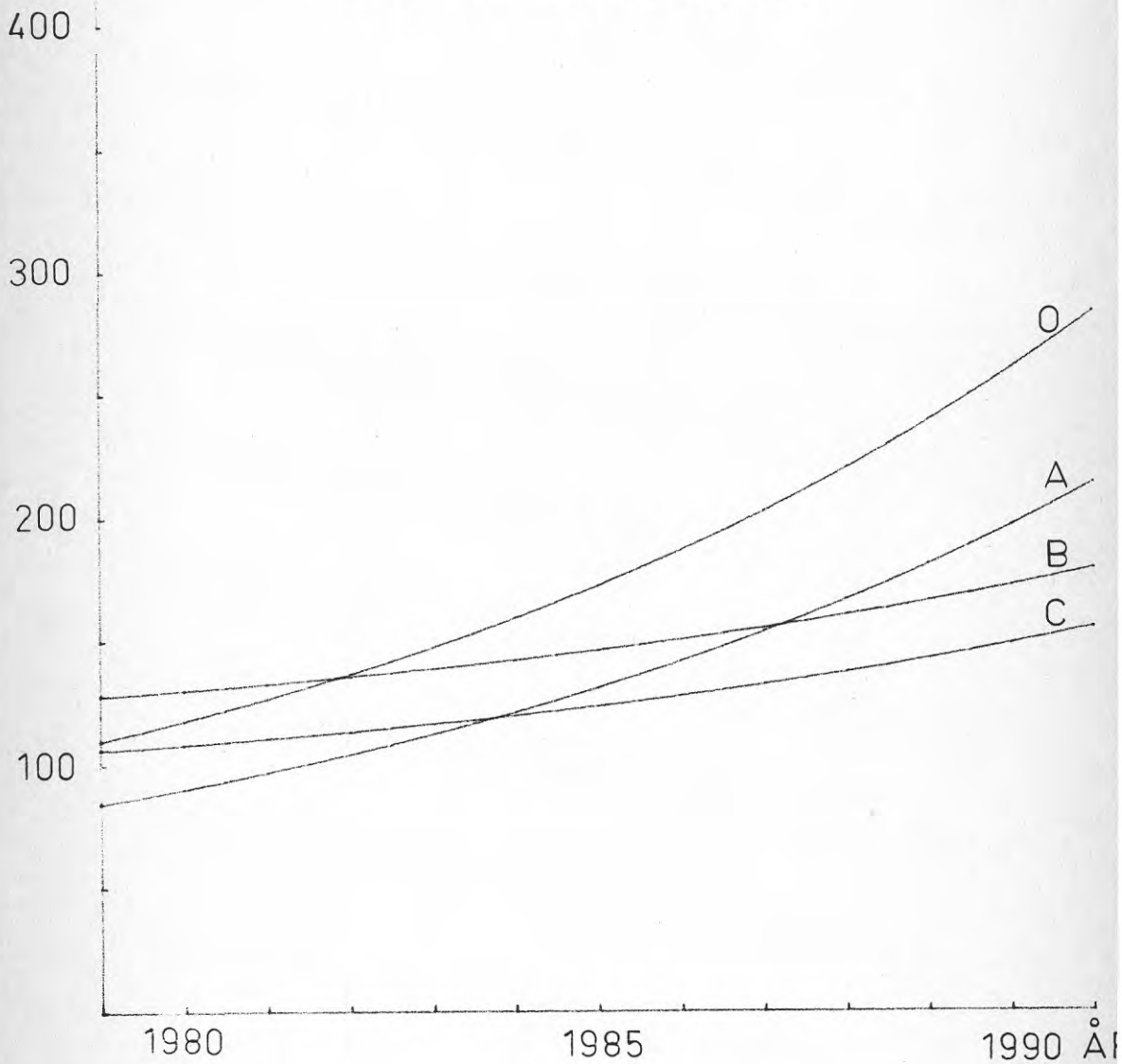
O

C

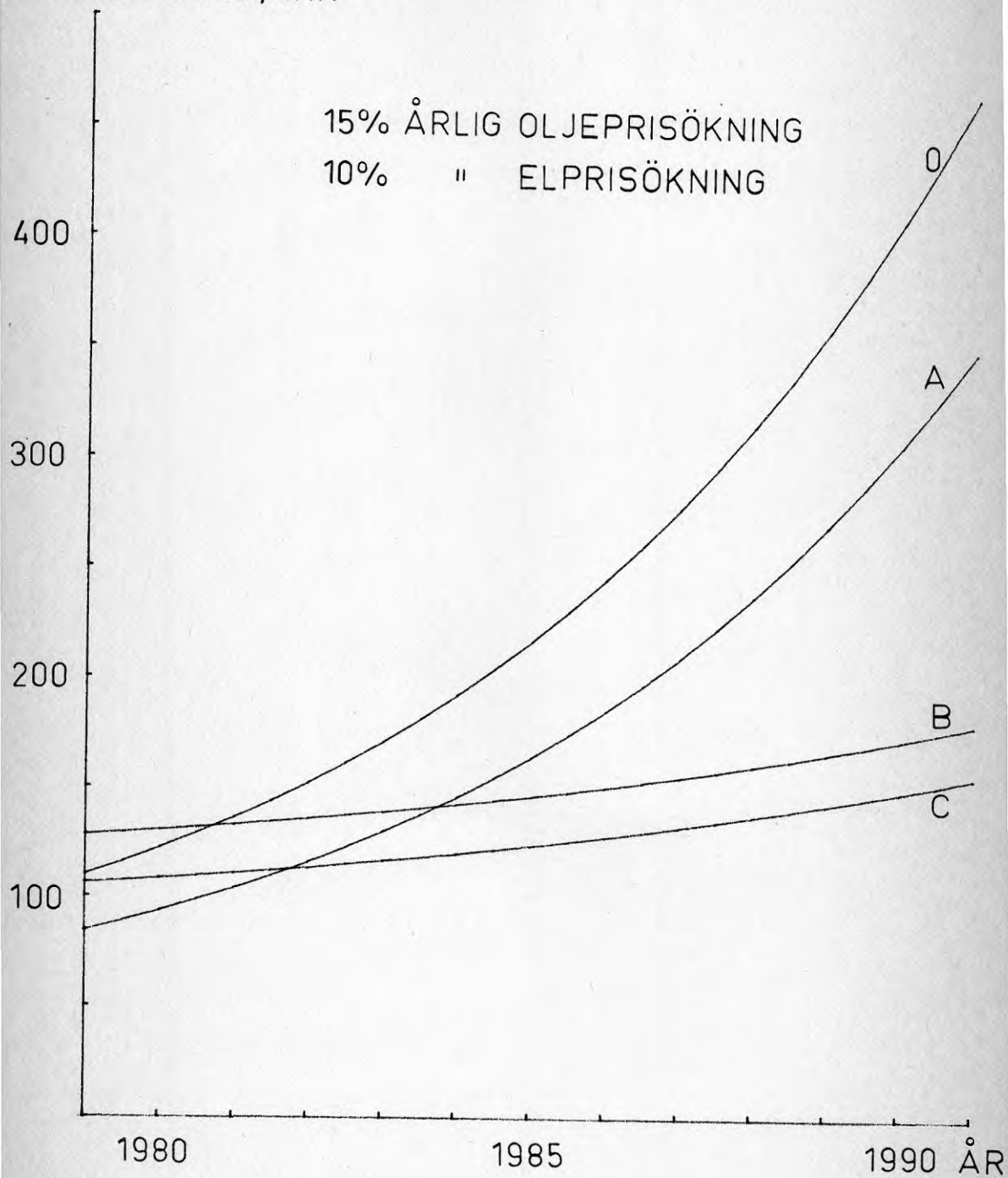
A

ÅRSKOSTNAD, KKR

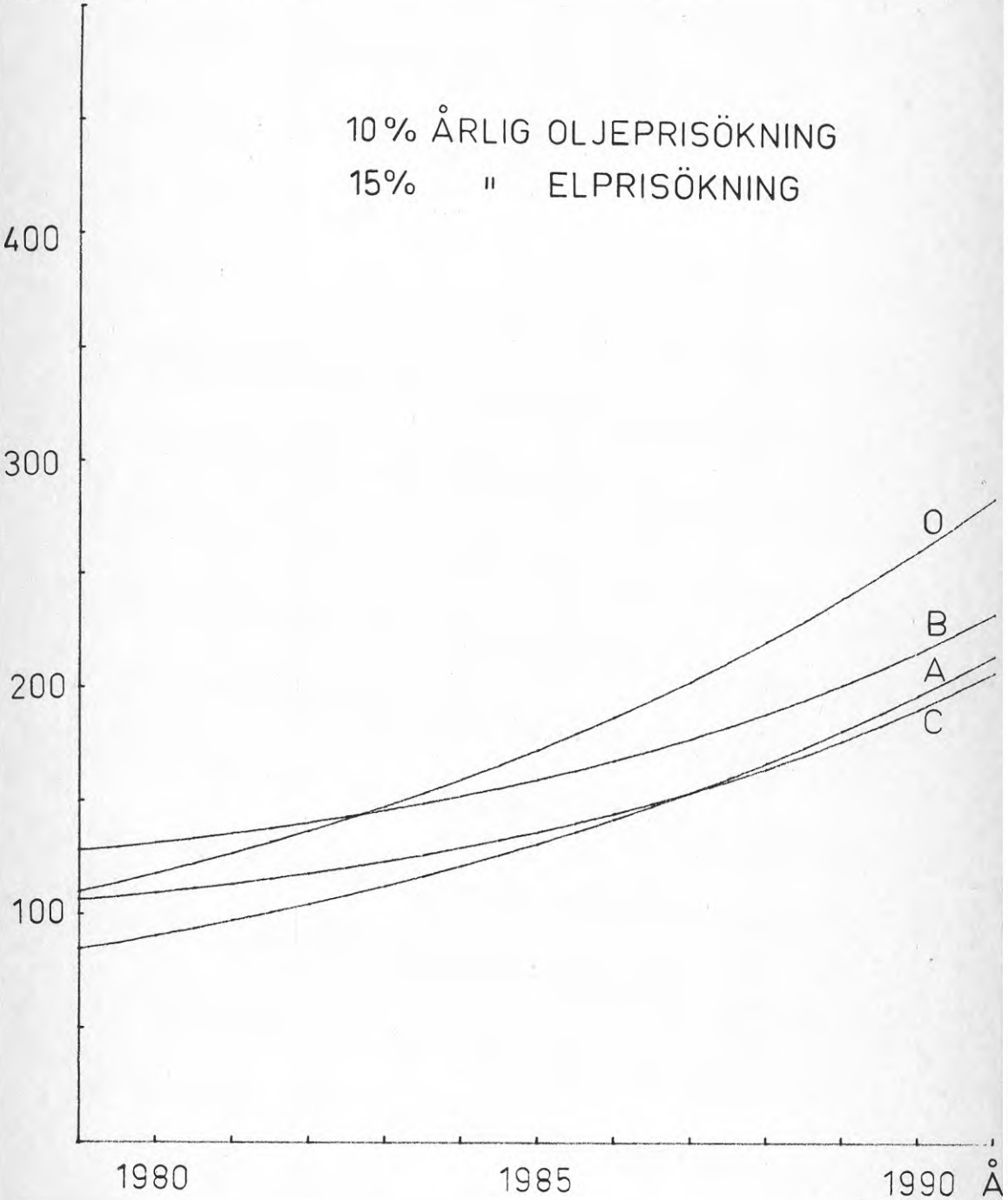
10% ÅRLIG OLJEPRISÖKNING
10% " ELPRISÖKNING



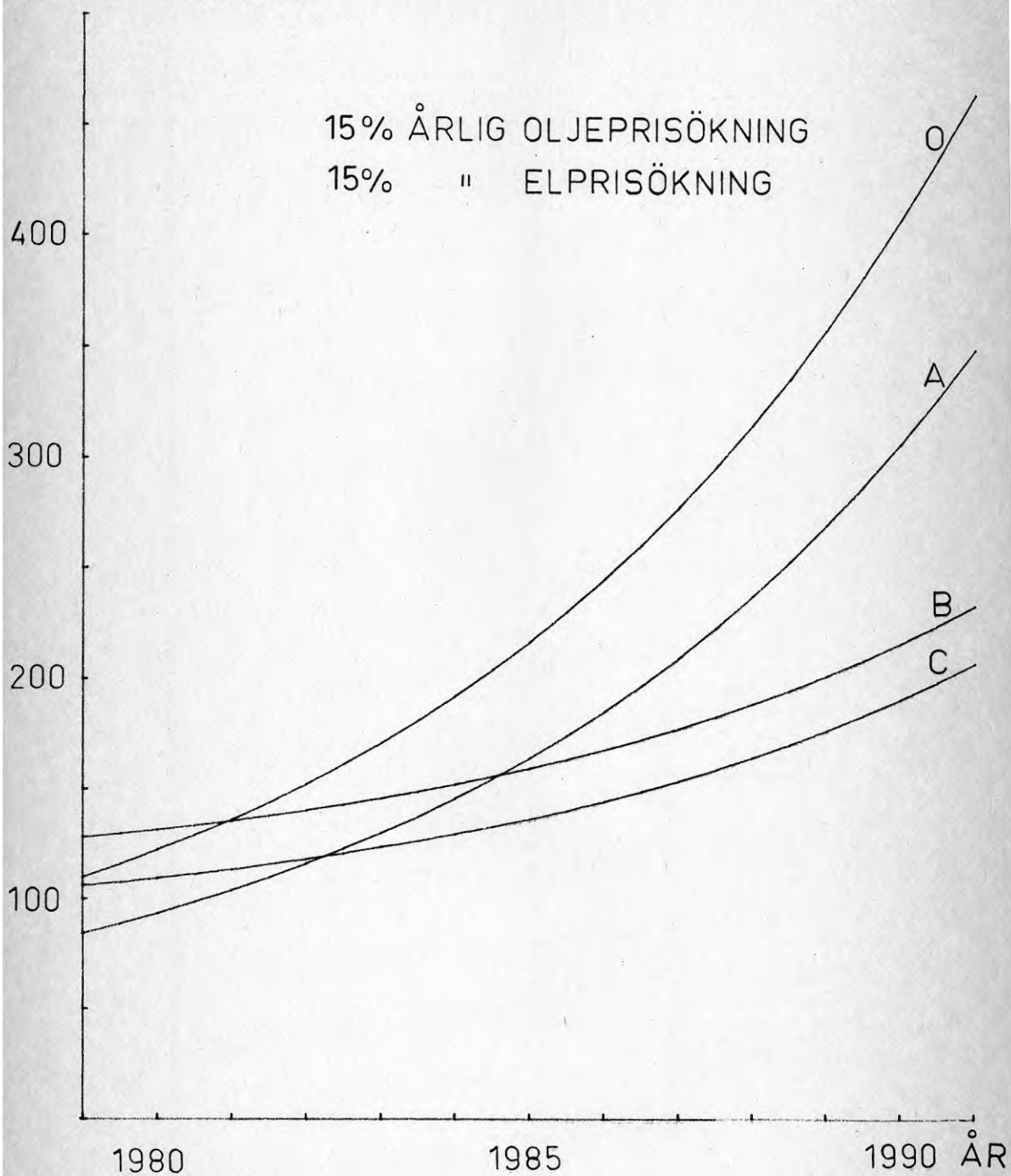
ÅRSKOSTNAD, KKR



ÅRSKOSTNAD, KKR



ÅRSKOSTNAD, KKR



Finansieringsanalys vid en värmepumpsinstallation
med BFR-bidrag och -lån

Bidrag från BFR för projektering antas utgå för merkostnaden av projekteringen jämfört med ett nollalternativ, samt med 100% av aktuella kostnader för uppföljning och utvärdering.

Villkoren för BFR-lånen är beroende av experimentets resultat och fastställs efter genomförd utvärdering, dock senast tio år efter idrifttagning av anläggningen.

Annuitetslån från BFR antas här bli beviljade på 20 år till de förhöjda investeringskostnaderna. Här antas också att räntan fastställs efter två år då uppföljning och utvärdering utförts. Under dessa två år är lånen ränte- och amorteringsfria.

Som nollalternativ antas utbyte av befintlig oljepanna. De övriga två alternativen överensstämmer med avsnitt 5.

Alternativ	Utbyte av oljepanna		Värmepump V/V
	Alt. 0	Alt. A	
	kr	kr	kr
Kostnader för projektering	2 000	5 000	25 000
Uppföljning och utvärdering	-	-	34 300
Anläggningskostnader	<u>30 000</u>	<u>75 000</u>	<u>422 000</u>
Investeringskostnad	32 000	80 000	481 300
Avgår i bidrag från BFR	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>57 300</u>
Kapitalbehov	32 000	80 000	424 000
BFR-lån	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>392 000</u>
Eget kapitalbehov	32 000	80 000	32 000
Driftskostnad kr/år	104 600	73 000	28 100

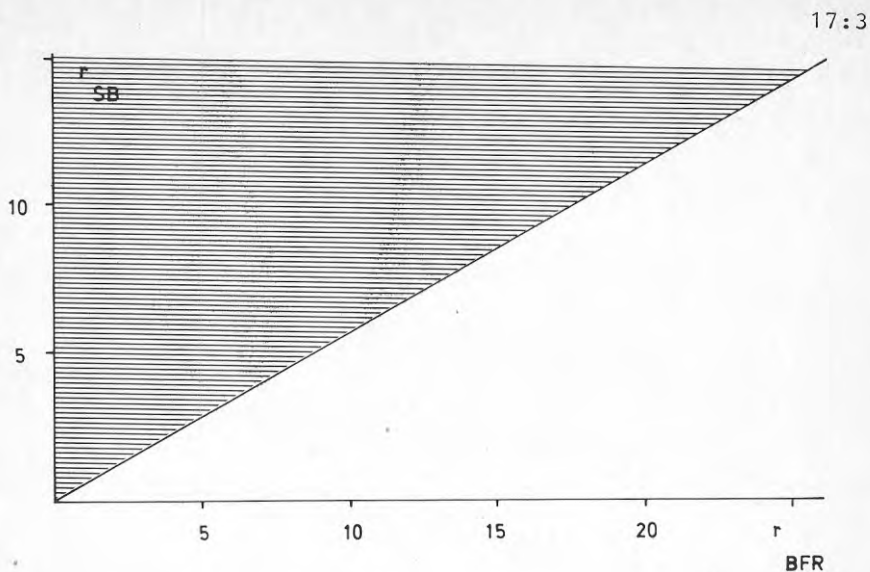
För att fastställa den högsta räntesatsen på BFR-lånet som teoretiskt kan accepteras för att göra värmepumpsalternativet ekonomiskt fördelaktigt för kommunen, görs följande analys. Nuvärdet av de årliga kapitalkostnaderna på annuitetslånet från BFR betecknas nedan med NvA.

Betalningsströmmar

Alternativ År	Utbyte oljepanna alt. A	Värmepump V/V
0	80 000	32 000
1	73 000	28 100
2	73 000	28 100
3	73 000	28 100 +NvA
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
10	73 000	28 100 +NvA
11	0	NvA
12	0	NvA
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
22	0	NvA
Nuvärde av 10 års drift		
	810 000	313 000 + \sum NvA

Nuvärdet för de 20 annuiteterna (NvA) får ej överstiga 497 000 kr, om värmepumpsalternativet skall bli intressant, dvs summa nuvärden för värmepumpsalternativet skall vara mindre eller lika som för alt. A.

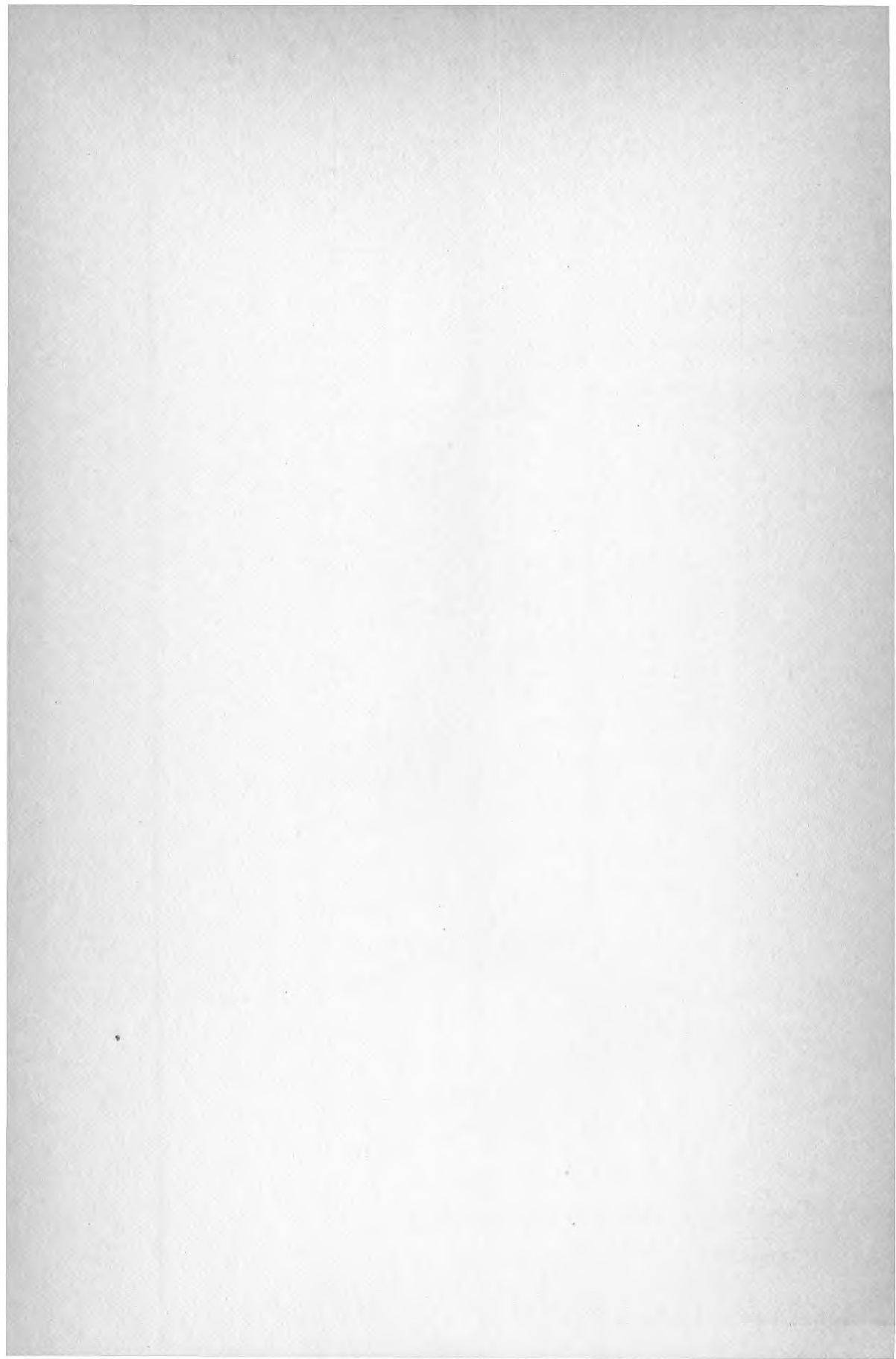
Utfallet beror emellertid även på kommunens kalkylräntekrav, vilket åskådliggörs i diagrammet nedan. Alla räntekombinationer inom det steckade området medför lönsamhet för värmepumpsalternativet.



Vid ett kalkylräntekrav på 12% innebär detta att värmepumpsalternativet är lönsamt upp till 20,9% ränta på annuitetslånet. Antas 10% ränta på annuitetslånet ger värmepumpsalternativet lönsamhet ända ned till 5,7% kalkylränta.

Observera att dessa ränteförhållanden grunder sig enbart på teoretiska studier av besparingseffekter och värmebehov.

/Sdh





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790699-7
från Statens råd för byggnadsforskning till VBB,
Vattenbyggnadsbyrån, Stockholm.**

R44:1980

ISBN 91-540-3224-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700144

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirka pris: 30 kr exkl moms