



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

R109:1980

**Energiutvinning ur
ytvatten via värmepump**

Förprojektering i Borlänge

**Anders Backman
Jonas Hallenberg
Kjell Norbäck
Herje Wahlberg**

INSTITUTET FÖR
BYGGFORSKNING

Accnr 80-1802

Plac *Sec*

*U
01/1*

R109:1980

ENERGIUTVINNING UR YTVATTEN VIA VÄRMEPUMP

Förprojektering i Borlänge

Anders Backman
Jonas Hallenberg
Kjell Norbäck
Herje Wahlberg

Denna rapport hänför sig till forskningsprojekt 780911-6
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB,
Falun.

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

R109:1980

ISBN 91-540-3326-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 055871

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING.....	5
1 ALLMÄNT OM PROJEKTET.....	7
1.1 Bakgrund.....	7
1.2 Problem.....	7
1.3 Projektet.....	8
1.4 Sammanfattning.....	8
2 SJÖAR SOM VÄRMEKÄLLA.....	10
2.1 Inledning.....	10
2.2 Temperaturvariationer.....	11
2.3 Böttentopografi.....	13
2.4 Vattenströmningar.....	13
2.5 Biologiska verkningar.....	14
3 BEFINTLIGT VÄRMESYSTEM.....	16
3.1 Beskrivning av bostadsområde.....	16
3.2 Effekt och energibehov.....	16
3.3 Värmesystem.....	16
4 MODIFIERAT VÄRMESYSTEM.....	18
4.1 Värmepumpsystem.....	18
4.2 Värme- och tappvarmvattensystem.....	21
4.3 Sammanfattning.....	24
5 KOSTNADSKALKYLER.....	25
5.1 Investering och driftkostnader.....	25
5.2 Lönsamhetsanalys.....	26
5.3 Sammanfattning.....	26
6 SLUTORD.....	27
7 REFERENSLISTA.....	28
8 BILAGOR.....	29

SAMMANFATTNING

Bakgrund

Syftet med projektet har varit att studera om det är ekonomiskt och framför allt tekniskt möjligt att utvinna energi ur ytvatten via en värmepumpsanläggning och täcka en del av ett bostadsområdes energibehov.

Studieobjektet har utgjorts av en insjö i Torsång utanför Borlänge och ett bostadsområde ca 500 m därfån. Bostadsområdet, som är under uppbyggnad, kommer att bestå av 140 enfamiljsvillor. Värmeeffektbehovet är beräknat till 1,6 MW och energibehovet 3,2 GWh/år.

Uppvärmningssystemet för området utgörs av en oljeeldad panncentral, primärkulvertsystem för 120/70°C, undercentraler i varje hus, i vilka hetvatten värmeväxlas till radiatorvarmvatten 80/60°C och tappvarmvatten 60°C.

Sjön

Ca 500 m från bostadsområdet ligger insjön Ösjön. Denna sjö, som står i förbindelse med den betydligt större sjön Runn och Dalälven, avses att användas för energiutvinning. I den del av sjön varifrån energin skall utvinnas, är maxdjupet ca 8 m. Temperaturmätningar av bottenvattnet vintertid ger vid handen att temperaturnivåerna är gynnsamma samt att vattenutbytet med omgivande vattendrag är gott.

Värmepumpsystem

Sjövattnet avses att pumpas direkt till förångaren på en värmepump. I förångaren sänks sjövattentemperaturen ett par grader. Eftersom förångaren kan konstrueras och dimensioneras så att den tål påfrysning, tillåts så pass låga ingående sjövattentemperaturer som +1°C å +2°C.

Modifierade värmesystem

Befintligt värmesystem för området kompletteras med en värmepumpanläggning. Två alternativ har studerats. Ett där befintliga värmeväxlare, villavärmeväxlarna, bibehålls som de är och ett där de byggs om så att varmvattnet från panncentral/värmepumpanläggning cirkuleras direkt ut till radiatorkretsarna. Befintlig tappvarmvattenberedning bibehålls i båda fallen.

För att få en ekonomisk drift av värmepumpen maximeras tappvarmvattentemperaturen till +45°C. När värmepumpen ensam levererar energi till bostadsområdet blir primär framledningstemperatur +55°C för alternativ 1 och +50°C för alternativ 2. Vid dimensionerande utetemperatur spetsar oljepannan till +120°C respektive +80°C. Returtemperaturen blir då +70°C respektive +50°C.

Värmepumparnas värmeeffekt väljs till 530 kW för alternativ 1 och 750 kW för alternativ 2. Dessa förmår då täcka 55 % respektive 85 % av beräknat energibehov.

Lönsamhet

För drift av värmepumpen har endast elmotordrift studerats. Denna har sedan, för de båda alternativen, jämförts ekonomiskt med en konventionellt oljeeldad panncentral.

Av beräkningarna framgår att inget av alternativen förmår konkurrera med en konventionell panncentral. Investeringskostnaderna vid komplettering med värmepump blir ca 1,2 Mkr för alternativ 1 och 1,6 Mkr för alternativ 2.

Investeringarna medför driftskostnadsbesparingar motsvarande ca 50 000:-/år respektive 100 000:-/år och en minskning av oljebehovet med 220 m³/år respektive 340 m³/år. Beräknat oljebehov med en konventionellt oljeeldad panncentral är ca 400 m³/år.

1 ALLMÄNT OM PROJEKTET

1.1 Bakgrund

Energiproblematiken är brännande i dagens Sverige. Fler och fler tänkbara energikällor utreds - sol, vatten, vind, luft, jord etc. Bland de värmekällor som kan utgöra en bas för lågtemperatursystem återfinns ytvatten och därmed avses sjöar och vattendrag. Under lämpliga temperatur- och strömningsförhållanden kan betydande energimängder utvinnas ur en ytvattenförekomst. Flera av våra sjöar håller, enligt utförda mätningar, vintertid en högsta temperatur på ca +3°C, vilket medför tekniska och praktiska problem i samband med värmeutvinning.

Noggranna studier av den tilltänkta sjöns temperaturgradienter, temperaturens årstidsvariation, bottentopografi och strömningsförhållanden måste sålunda vidtagas innan idéer kan bli verklighet.

Teknikerna att transformera och utvinna den energi som finns tillgänglig i en sjö är flera, men det gemensamma med dem är att en värmepump ingår. Värmepumpen är en beprövad maskin, som under lång tid nyttjats som kylmaskin, exempel på detta är kylskåpet. Energikrisen på 70-talet har dock medfört att värmepumpar även nyttjats som värmealstrare och då främst med luft som värmekälla. Erfarenheterna med vatten som värmekälla och då speciellt lågtempererat vatten (+1 - +4°C) är begränsade.

1.2 Problem

Den energi som kan utvinnas ur sjöar via värmepump är av typen lågtemperaturenergi. Detta betyder att om energin skall utnyttjas för bostadsuppvärmning måste vid nybyggnation uppvärmningssystemet avpassas efter de temperaturer på värmevattnet som en värmepump kan avge. De värmepumpar som för närvarande finns för kommersiellt bruk kan leverera ett värmevatten som håller en temperatur av max 70°C. Även om det går att uppnå denna temperatur är det inte önskvärt eftersom mängden tillförd energi för drift av värmepumpen i procent av utvunnen energi ökar med ökande värmebärartemperatur. Värmevattnets framtemperatur bör hållas så låg som möjligt, dock så hög att den är brukbar för uppvärmning och tappvarmvattenproduktion i bostäder. Speciella åtgärder måste naturligtvis vidtagas när värmepumpstekniken skall appliceras på befintliga uppvärmningssystem, dimensionerade för höga drifttemperaturer.

Den för energiutvinning avsedda ytvattenförekomstens kvalitet och energiinnehåll, avståndet sjö - uppvärmningsobjekt är andra viktiga faktorer som måste beaktas i sammanhanget.

Följande rapport skall belysa möjligheterna att till en viss del försörja ett bostadsområde med energi utvunnen ur en närbelägen sjö.

Studien behandlar följande:

- Kvaliteten på aktuell energikälla
- Alternativa utformningar för transport och utvinning av energiinnehållet i sjön, vilket även inkluderar val av lämplig värmepumpkonstruktion
- Anpassning av ett konventionellt fjärrvärmesystem till en värmepump
- Ekonomiska kalkyler för de olika alternativen.

1.3 Projektet

Värmesänkan för den energi som kan utvinnas ur aktuellt sjövatten är ett bostadsområde i Torsång utanför Borlänge. Bostadsområdet består i färdigbyggt skick av 140 enfamiljsvillor. Den sista utbyggnadsetappen blir klar under 1979. Geografiskt läge framgår av bilaga 1.1 och 2.1.

Samtliga hus försörjs med värme från en hetvattencentral. Fjärrvärmenätet är dimensionerat för 120/70°C, med undercentraler, villavärmeväxlare, i varje enskilt hus. Villavärmeväxlarna genererar både värmevatten och tappvarmvatten. Panncentralens läge, en provisorisk finns för närvarande, placeras centralt i bostadsområdet med ett ungefärligt avstånd av 500 m från den närbelägna ytvattenförekomsten, Ösjön. Se bilaga 1.1.

Panncentralens effekt kommer att uppgå till 2,5 MW. Använd oljekvalitet är E01, men en övergång till E05 kommer att ske när panncentralen är fullt utbyggd under våren 1980.

AB Borlänge Industriverk, som driver panncentralen, har visat stort intresse för projektet.

1.4 Sammanfattning

Denna förstudie ger vid handen att det är tekniskt möjligt att utnyttja ytvatten för energiutvinning via värmepump. Enklast och mest driftsäker lösning erhålls om sjövatten pumpas direkt till en värmepumps förångare. Förångaren kan utföras så att den förmår tillgodogöra sig betydande mängder energi ner till ingående vattentemperaturer på +1°C. Utvunnen värmemängd från ytvattnet kan sedan användas som värmekälla i ett befintligt hetvattensystem.

Utan modifieringar av befintligt värmesystem kompletteras den befintliga oljeeldade panncentralen med en värmepump dimensionerad för ca 33 % av det totala effektbehovet. Värmepumpen täcker på så sätt ca 55 % av energibehovet.

Modifieras befintliga villavärmeväxlare dimensioneras värmepumpen för ca 47 % av effektbehovet. Denna täcker då ca 85 % av energibehovet.

Projektet är ej lönsamt vid gällande energipriser, men investeringarna ger driftkostnadsbesparingar motsvarande ca 50 000:-/år för ett alternativ utan modifiering av befintliga villavärmeväxlare och ca 100 000:- per år för ett alternativ där villavärmeväxlarna modifieras eller uttryckt i oljebesparing 220 m³/år respektive 340 m³/år. Beräknat oljebehov vid uppvärmning via en konventionellt oljeeldad panncentral är ca 400 m³/år.

Erforderliga investeringar för alternativ 1 är kostnadsberäknade till ca 1,2 Mkr och för alternativ 2 till ca 1,6 Mkr.

2 SJÖAR SOM VÄRMEKÄLLA

2.1 Inledning

När man började studera sjöar som tänkbar energikälla för värmepumpar utgick man från det "klassiska" antagandet att botten temperaturer i sjöar aldrig understiger $+4^{\circ}\text{C}$ under vinterhalvåret. Antagandet om denna lägsta temperatur baserades på det faktum att vattnet uppnår sin största specifika vikt vid just $+4^{\circ}\text{C}$.

Vid närmare granskning av temperaturvariationerna i våra sjöar framkom dock att botten temperaturen vintertid i många fall understiger både $+4^{\circ}\text{C}$ och $+3^{\circ}\text{C}$. Vikten av att ha en hög botten temperatur vintertid framstår som väsentlig när man studerar möjligheterna att utnyttja sjövattnet som energikälla i en värmepump. Speciellt viktigt är denna temperaturnivå när sjövattnet pumpas direkt till en värmepump. Tekniken vid direkt pumpning är nämligen sådan, att vattnet förs in i värmepumpens förångardel och sänks några grader. Om då sjövattnet håller en temperatur nära fryspunkten kommer risken för igenfrysning att bli stor.

Det finns dock andra systemlösningar, där sjövattnets värmeinnehåll överförs via värmeväxlare till ett medium, exempelvis glykol eller saltlösning, med lägre fryspunkt än vatten. Igenfrysning i själva värmepumpen undviks därmed. Risken för isbildning flyttas då i stället till den extra värmeväxlaren som dock kan utföras så att den tillåter isbildning.

De senare alternativen för energiöverföring sjö - värmepump medför emellertid ofta högre investeringskostnader. Oavsett vilken systemlösning som än väljs, måste man dock kräva en viss lägsta botten temperatur vintertid och speciellt då efter en längre tids energiutvinning. Till syvende och sist bottenfrysar trots allt sjöar när botten temperaturen närmar sig 0°C .

Vattenströmning och topografi är andra, helt avgörande faktorer för möjligheterna till ett kontinuerligt energiuttag och då speciellt energiuttag under vinterhalvåret, då värmetillgången är som minst och värmebehovet som störst. Möjligt energiuttag från den studerade sjön kommer även att variera från år till år där faktorer som solinstrålning, väderlek före och under isläggning, isläggningstid, istjocklek och snödjup påverkar energinnehållet i sjön.

Den för detta projekt tänkta energikällan är en vik av sjön Ösjön i Torsång utanför Borlänge. Denna sjö har direkt förbindelse med den betydligt större och djupare sjön Runn och Dalälven. Se bilaga 2.1.

2.2 Temperaturvariationer

2.2.1 Allmänt

Temperaturförloppet i en tempererad sjö följer ett cykliskt schema, med periodtiden ett år. I stort sett indelas perioden i vårcirkulation, sommarstagnation, höstcirkulation och vinterstagnation.

Vårcirkulation

Vårcirkulationen sammanfaller med tiden för islossningen. Kallt vatten vilar över varmare. Eftersom temperaturskillnaderna är små mellan ytan, ca 0°C, och botten, +1 - +4°C, kan strömmar i vattnet lätt åstadkomma en temperaturutjämning när isen lossar.

Sommarstagnation

Då solinstrålningen tilltar värms ytvattnet. En ny temperaturskiktning uppstår med lättare vatten, varmt, över tyngre, kallt. Efter en tid avstannar värmetransporten mellan ytan och botten och ett stationärt tillstånd uppstår.

Vid stationära förhållanden indelar sig sjön i tre skikt - det varma ytskiktet, språngskiktet och botten-skiktet.

Höstcirkulation

När hösten inträder cirkulerar vattnet och en jämn temperatur uppstår genom hela vattenmassan.

Vinterstagnation

Sjön kyls så sakteliga av. När ytvattnet understiger 4°C uppstår invers temperaturskiktning, dvs det kalla vattnet lägger sig över det varma. Efter isläggningen uppstår nästan stationära förhållanden. De mekanismer som påverkar värmetransporter under vintern skiljer sig från de som härskar under sommaren. Det största värmetilskottet till sjön erhålls från bottensedimentet. In- och utlopp till sjön kan även påverka energibalansen.

Värmeutbyte i en sjö är en komplicerad process och vad som händer när människan ingriper i form av energiuttag är än så länge ej helt klargjort. Vad som är helt klart är dock att olika sjöar är olika lämpade för energiutvinning. Temperaturmätningar i den aktuella sjön är då ett första steg vid kartläggningen av dess lämplighet.

2.2.2 Temperaturmätningar

I sjön Ösjön, som är aktuell i detta projekt, har temperaturmätningar avsedda för denna förstudie utförts vid två tillfällen under 1979. Den första genomfördes den 28 februari och den andra den 1 september.

Den förra mätningen ligger i den period då vinterstagnation råder och den senare under höstcirkulationen. Mätningarna har utförts längs 7 parallella linjer, snitt från strand till strand. Temperaturen har mätts med intervallet 1 m i djupled och med 50 m i sidled. Intill botten har mätningarna gjorts tätare i djupled. Läget av mätningarna i förhållande till sjön framgår av bilaga 1.1.

Mätvärdena i februari är presenterade i form av isotermer i varje mitt. Se bilagorna 2.2 - 2.4. Ett speciellt snitts lokalisation i sjön framgår av den bokstavsbeteckning, A - G, som snittet har tillsammans med bilaga 1.1.

Eftersom septembarmätningen inträffade i samband med höstcirkulationen var vattentemperaturerna i stort sett oberoende av läge och djup. Lägsta uppmätta temperatur var ca 14°C och högsta ca 16°C.

De temperaturer som uppmättes i februari har i jämförelse med andra studier visat sig vara överraskande höga. Man får då ha i minnet att temperaturerna kan ha sjunkit något under mars. Vidare speglar dessa mätningar endast de förhållanden som rådde 1978-79. Andra år kan ju vattentemperaturerna vara mindre gynnsamma. Det finns dock inget som talar för att hösten 1978 och vintern 1978-79 var speciellt gynnsamma från väderlekssynpunkt. En sammanfattning av höstvädret -78 i Falutrakten ger följande:

	månadens medeltemp	normal medeltemp	kommentarer
september	8,6	10,1	flera intensiva oväder
oktober	4,8	4,8	blåsigare än normalt
november	1,9	0,4	blåsigare än normalt
december	-11,4	- 3,4	isläggning i Runn 5/12

Ett medelvärde över isläggningstider i Runn mellan 1963 och 1978 ger 3/12.

Man anser ganska allmänt att tiden för isläggning och vindförhållanden påverkar energiinnehåll och botten-temperaturer vintertid. Blåsig höst samt sen isläggning ger lågt energiinnehåll. Att sen isläggning ger låga

vattentemperaturer vintertid indikeras av de temperaturmätningar som utförts i Runn. Tabeller över Runns vattentemperaturer ges i bilagorna 2.5 - 2.6. Några temperaturer i en annan än för detta projekt avsedd del av Ösjön presenteras även.

Länsstyrelsen i Kopparbergs län, som sammanställt mätvärdena, uppger att de har utförts i djuphålör. Observera de genomgående högre temperaturerna vårvintern 1974. Isläggningsen hösten 1973 inträffade redan den 16/11, mot normalt 3/12.

Det förefaller vidare märkligt att vattentemperaturerna i Runn överlag ligger lägre vintertid än de som uppmätts i Ösjön för denna förstudie. En förklaring kan vara att bottensedimentet som efter isläggningsen tillför sjön stora mängder värme, har en större vattenvolym att värma i Runn än i den grundare Ösjön. Denna iakttagelse bekräftas även av andra gjorda utredningar i ämnet. Man uppskattar att värmetillskottet från bottensedimentet uppgår till ca 2 W/m² just efter isläggningsen (4).

2.3 Bottentopografi

Bottentopografien i den vik av Ösjön som är avsedd för energiutvinning framgår av bilagorna 2.2 - 2.4. Djupet uppgår till max 8 m. Detta kan förefalla grunt, men som förut nämnts är det till fördel med grunda sjöar om höga bottentemperaturer skall uppnås. Djupa sjöar utgör "trögare" system när det gäller värmeutbyte. Det kan ju naturligtvis ligga en fara i att värmebalansen lättare påverkas i en grund sjö än i en djup vid stora energiuttag. Denna risk bedöms dock som liten i Ösjön, eftersom vattenutbytet med andra vattendrag är så pass stort. Se vidare 2.4.

2.4 Vattenströmningar

De temperaturmätningar som gjorts i Ösjön vintern 1979 ger vid handen att betingelserna för energiutvinning är gynnsamma. Man får dock komma ihåg att dessa mätningar gäller vid det förhållandet att ingen energi har uttagits. Man ställer sig då frågan: "Hur påverkas vattentemperaturer och energinnehåll när vatten pumpas upp och sänks ett par grader innan det återförs eller när någon form av värmeväxlare kontinuerligt upptar värme ur en sjö?" Denna fråga är svår att med säkerhet besvara idag. Klart står dock att olika sjöar och sjösystem kommer att uppföra sig högst olika. Faktorer som geografiskt läge, djup och vattenströmmar spelar här stor roll.

Ett tankeexperiment är att studera sin sjö, som om den vore helt isolerad från omgivningen vad beträffar vatten och värmetransporter. Man beräknar den energimängd som finns vid sämsta tänkbara driftförhållanden vintertid i vårt land, över en viss temperaturnivå. Sedan beräknas hur lång tid denna energi räcker för det effektuttag man valt. Appliceras idén på den vik i Ösjön i vilken temperaturmätningar utförts, erhålls följande:

En överslagsmässig beräkning av energiinnehållet över nivån $+3^{\circ}\text{C}$ ger vid handen att denna energi motsvarar behovet under 10 - 15 dygn vid ett effektuttag av 750 kW. Detta låter skrämmande, särskilt med tanke på att förutsättningen för beräkningen var att ingen energi hade uttagits månaderna innan. I verkligheten är inte ytvattenförekomsten isolerad. Energikällan är en vik av Ösjön, som står i förbindelse med både Runn och Dalälven. Se bilaga 2.1.

Vattenförbindelsen mellan Ösjön och Dalälven går via den för energiutvinning avsedda viken av Ösjön. Det kan noteras att utflödet från Ösjön, som emellanåt faktiskt är inflöde på grund av vattenregleringar, var så starkt vid tiden för temperaturmätningarna i februari, att det rädde öppet vatten strax nedanför snitt G. Se bilaga 1.1. Enligt uppgifter från Dalälvens Vattenregleringsföretag är utflödet inflöde under veckosluten.

För att få en uppskattning av vattenutbytet i Ösjön har vattennivån i Runn, som är densamma som i Ösjön, studerats. Bilaga 2.9 visar vattennivån i Runn 1978-79. En ändring av vattennivån i Ösjön på 1 cm under ett dygn ger ett ungefärligt vattentutbyte på $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Som jämförelse kan nämnas att den vattenmängd som är aktuell för cirkulation i en värmepump med värmeeffekten 750 kW och en temperatursänkning på 1°C uppgår till drygt $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Sammanfattningsvis kan sägas att vattenutbytet förefaller vara gott, vilket även har observerats på plats.

2.5 Biologiska verkningar

De biologiska effekterna av ett energiuttag ur bottenvattnet och bottensedimenten i Ösjön kan med de erfarenheter som föreligger ej med säkerhet förutspås.

Emellertid kan sägas att det som eventuellt skulle kunna inträffa i en isolerad sjö vore att bottensedimenten blev så nedkylda att utvecklingen av bottenorganismerna skulle förseñas. Detta skulle då så småningom kunna medföra att sjöns bottenfaunasammansättning skulle bli förändrad.

I det aktuella fallet skall man dock hålla i minnet att viken ej är någon isolerad sjö, utan förbunden med både Runn och Dalälven. Detta innebär att det sker ett ständigt utbyte av vatten från båda dessa vattenområden. Ett energiutnyttjande av de aktuella bottenarna behöver därför ej betyda några nämnvärda förändringar av nuvarande förhållanden av två orsaker, a) det i stort sett kontinuerliga genomflödet av vatten från Runn och b) att bottenarna redan periodvis utsätts för ett för normala förhållanden kyligare vatten. Detta orsakat av ett inflöde av kallt vatten från Dalälven på grund av den reglering som sker vid Långhags kraftstation.

3 BEFINTLIGT VÄRMESYSTEM

3.1 Beskrivning av bostadsområde

I Torsång utanför Borlänge vid Ösjön pågår för närvarande en utbyggnad av ett bostadsområde med enfamiljsvillor. När området är färdigexploaterat i slutet av 1979 uppgår antalet villor till 140 stycken. Se bilaga 1.1.

Området bebyggs till största delen av Stora-Tuna-byggen, 97 grupphus, medan de resterande 43 är styckebygga. Samtliga hus är byggda enligt den nya standarden SBN 75.

3.2 Effekt och energibehov

När området är färdigbyggt beräknas uppvärmning och tappvarmvattenproduktion kräva en anslutningseffekt av 1,6 MW.

Energiförbrukningen över året beräknas till 3,2 GWh, varav ventilation och uppvärmning förbrukar 2,25 GWh, tappvarmvattenproduktion 0,64 GWh och kulvertförluster 0,32 GWh. 3,2 GWh motsvarar ca 450 m³ E01 eller ca 400 m³ E05. Panncentralen eldas för närvarande med E01, men en övergång till E05 är planerad. Varaktighetsdiagram för effekt presenteras i bilaga 3.1.

3.3 Värmesystem

Värmesystemet för det nybyggda bostadsområdet är projekterat för en hetvattencentral med kulvertsystem. Varje villa är parallellt kopplad till kulvertsystemet. I varje villa finns en värmeväxlare av förrådstyp, som levererar både värmevatten och tappvarmvatten. Primärvattnet värmer radiatorvattnet som i sin tur värmer tappvarmvattnet. Se bilaga 3.2.

Den permanenta panncentralen är ännu ej byggd. Området försörjs tills vidare med en provisorisk panncentral på 1,7 MW. I utbyggt skick kommer panncentralen att ha en effekt av 2,5 MW uppdelat på två pannor.

Kulvertsystemet är dimensionerat för en framledningstemperatur på 120°C och en returtemperatur på 70°C vid dimensionerande utetemperatur. Sommartid är framledningstemperaturen ca 75°C och returtemperaturen ca 50°C.

I varje villa växlas hetvatten 120/70°C till värmevatten 80/60°C samt till tappvarmvatten 60°C. Värmesystemet för husen utgörs av radiatorer.

Samtliga hus är utrustade med termostatreglerade radiatorventiler. De hus som ingår i den sista utbyggnadsetappen har även shuntautomatik.

För att få en uppfattning om verkliga drifttemperaturer gjordes en stickprovsmässig mätning av fram- och returtemperaturer i sekundär- och primärsystem. Mätningen utfördes 1979-11-26 och gav följande:

	Hus 1	Hus 2 ^{x)}
Utomhustemperatur	-1°C	-1°C
Inomhustemperatur	21°C	24°C
Primär framtemperatur ^{xx)}	ca 85°C	ca 85°C
Primär returtemperatur ^{xx)}	ca 46°C	ca 49°C
Sekundär framtemperatur	33°C	44°C
Sekundär returtemperatur	ca 28°C	ca 40°C

x) Hus med shuntautomatik

xx) Uppmätta i husen

4 MODIFIERAT VÄRMESYSTEM

4.1 Värmepumpsystem

4.1.1 Värmepumpen

Värmepumpen är en maskin som upptar värmeenergi vid en låg temperaturnivå och sedan avger den vid en högre. För att detta skall ske måste dock en viss mängd drivenergi tillföras maskinen. Drivenergin avges tillsammans med upptagen värmeenergi vid den högre temperaturen. Anläggningen avger alltså mer värmeenergi än den som "uppskräps" till drivenergi. Typiskt för värmepumpen är att ju närmare de två temperaturerna ligger varandra, desto effektivare utnyttjas drivenergin. Förhållandet mellan avgiven värmeenergi och tillförd drivenergi brukar kallas värmefaktor och betecknas vanligen Φ .

I praktiken betyder det att värmebärartemperaturen skall ligga så nära som möjligt den temperatur som energikällan har för att få en hög värmefaktor. Vid nybyggnation kan värmebärartemperaturen hållas lägre, vid rätt val av distributionsnät, värmeväxlare och radiatorer, än för ett redan existerande högt temperatursystem.

Värmebärartemperaturen kan man i allmänhet påverka om byggnationerna planeras därefter. Däremot är man i detta fall hänvisad till en ganska fix temperaturnivå, vintertid, på energikällan, eftersom denna utgörs av sjövattnet. Sommartid håller energikällan betydligt gynnsammare temperatur, men då är ju uppvärmningsbehovet som minst.

Schematiskt sett består en värmepump av en förångare, där sjövattnets energiinnehåll tillvaratas, en kompressor, en kondensator, där värmevattnet uppvärms och ett stryporgan.

Vid tillvaratagande av energiinnehåll i sjövattnet riktas intresset främst på en lämplig konstruktion av förångaren.

Speciellt viktigt blir valet av förångare om sjövattnet pumpas direkt till förångaren (frysrisiker). Vid sämsta driftförhållanden kan, som förut nämnts, sjövattnet hålla en temperatur på $+1^{\circ} - +4^{\circ}\text{C}$.

De förångare som har studerats för sjöenergiutnyttjande har ej tillåtit en lägre utgående köldbärartemperatur än $+2^{\circ}\text{C}$. Det innebär att sjövattnet måste hålla minst en eller två grader högre temperatur, dvs $+3^{\circ}\text{C}$ - $+4^{\circ}\text{C}$ för att någon energi av betydelse skall erhållas. Detta faktum har framtvingat förslag till mellansteg, där sjövattnets energi överförs via landförlagda plattvärmväxlare eller sjöförlagda värmväxlare till ett medium med lägre fryspunkt än vatten, s k brine.

Brinen avger sedan sitt energiinnehåll i värmepumpens förångare. Därmed eliminieras risken för frysning i själva förångaren, men risken kvarstår dock för den extra värmväxlaren.

Ny teknik, där förångaren tål en viss påfrysning, börjar dock se dagens ljus. Denna teknik, som egentligen bygger på gammal kunskap, utgör ett kraftfullt alternativ, både tekniskt och ekonomiskt och föreslås därför för detta projekt. Mer om denna teknik och dess fördelar följer nedan.

4.1.2 Direktpumpning av sjövattnet till värmepump

Sjövattnet pumpas med konventionell teknik från sjön till värmepumpens förångare. Förbrukat och temperatur-sänkt vatten från förångaren leds tillbaka till sjön på annan plats än där det togs. Med förångare av s k tubpannetyp måste utgående köldbärare, dvs temperatur-sänkt sjövattnet, hålla en lägsta temperatur på $+2^{\circ}\text{C}$ för att inte lokala isbildningar skall uppstå i förångaren. Detta betyder i sin tur att sjövattnet vid sämsta driftförhållande måste hålla en temperatur av $+3$ - $+4^{\circ}\text{C}$ för att någon energimängd av betydelse skall kunna erhållas.

Eftersom man kan riskera att vattentemperaturerna i Ösjön vid sämsta driftförhållanden understiger $+3^{\circ}\text{C}$ är denna typ av förångare ej att rekommendera om värmepumpen skall vara i drift hela uppvärmningssäsongen. Dessutom är den konventionella tubpanneförångaren känslig för aggressivt och förorenat vatten.

En annan mycket intressant förångarkonstruktion bör istället studeras. Denna förångartyp tål frysning och kan därmed tillåta användning av vattentemperaturer ner till $+1^{\circ}\text{C}$. Konstruktionen innebär dessutom att någon hantering av eventuellt förekommande is ej erfordras.

Förångartypen är lätt att rengöra och kräver inte dyra specialfilter för eliminering av föroreningar i sjövattnet. Med denna förångarkonstruktion kan man mycket väl dimensionera sitt värmepumpsystem för sjövattnet på $+1^{\circ}\text{C}$ med en då maximal temperatursänkning av $+1^{\circ}\text{C}$. Givetvis klarar förångaren mer gynnsamma temperaturnivåer och temperatursänkningar på samma sätt som en konventionell tubpanneförångare. Investeringskostnaden för tubpanneförångaren och den senare beskrivna är ungefär densamma vid samma drifttemperaturer.

Flera fördelar med direktpumpning av sjövattnet föreligger:

- riskerna för utsläpp av miljö känsliga vätskor (glykol, freon) minimeras,
- anläggningen blir servicevänlig,
- inga dyrbara filter krävs,
- den effektiva verkningsgraden blir högre jämfört med ett mellansteg i form av värmeväxlare,
- anläggningskostnaderna belastas inte med inköp av extra värmeväxlare.

4.1.3 Systemlösning i Torsång

För detta projekt föreslås värmepumpen bli placerad i den kommande panncentralen. Vatten tas från Ösjön och pumpas genom tryckledning till värmepumpen. Vattnet återförs i självfallsledning till Prästtjärnen. Se bilaga 4.1. Ledningarna behöver förmodligen inte isoleras om de läggs på lämpligt djup.

Det finns även andra alternativ, t ex att lägga den ena ledningen vid vattenytan och den andra vid botten. Genom att variera intagsledning skulle man kunna utnyttja ytvatten sommartid och bottenvattnet vintertid. Den mest optimala lösningen kräver dock ett så ingående studium att det ligger utanför ramen för denna förstudie.

För den förslagna lösningen krävs en sammanlagd ledningslängd av ca 1 400 m. Uppfordringshöjd för vattenpump blir ca 16 m. Vattenflödet till värmepumpen blir ca 215 m³/h vid en temperatursänkning av 2°C och en värmeeffekt från värmepump på 750 kW. Dessa värden ger då en maximal vattenpumpeffekt på ca 25 kW.

4.2 Värme- och tappvattensystem

4.2.1 Inledning

Det befintliga värmesystemet är avsett för vissa bestämda temperaturer och flöden vad avser distributionsnät, värmeväxlare i husen och radiatorer. För att utnyttja den energiresurs som finns lagrad i sjövattnet och tillföra denna energimängd till uppvärmningssystemet via värmepump är det önskvärt att så små ingrepp som möjligt behöver göras i befintligt värmesystem.

Två lösningar studeras, dels en där inga ingrepp görs och dels en där befintliga villavärmeväxlare byggs om så att primärvattnet distribueras direkt ut på radiatorerna. Ekonomi och oljebesparing jämförs mellan de båda alternativen.

Nuvarande system är dimensionerat efter 120/70° (primärt) 80/60° (sekundärt) och tappvarmvatten 60°. För att det omodifierade värmesystemet med värmepump skall kunna leverera en acceptabel tappvarmvattentemperatur på t ex 45°C krävs en framledningstemperatur på min 55°C från panncentralen enligt uppgifter från värmeväxlarfabrikant. För det modifierade värmesystemet krävs en minimal framledningstemperatur på 50°C för 45°C tappvarmvatten.

Eftersom värmepumpen skall klara effekt- och energibehovet ensam en stor del av året, medför kravet på en acceptabel tappvarmvattentemperatur en undre gräns på utgående värmebärartemperatur från värmepumpen.

Tekniska och ekonomiska krav på värmepumpen ställer å andra sidan krav på en så låg värmebärartemperatur som möjligt. Värmebärartemperaturen från värmepumpen bör alltså väljas till 55°C respektive 50°C. Det bör noteras att även om befintligt bostadsområde i värmehänseende hade uppfyllt kraven för ett lågtemperatursystem, hade ändå inte värmebärartemperaturen kunnat väljas lägre med tanke på en acceptabel tappvarmvattentemperatur.

Det är vid studiet av uppvärmningssidan som svårigheter måste överbryggas när värmepumpens lågtemperaturrenergi konfronteras med ett redan dimensionerat högtemperatursystem.

4.2.2 Alternativ 1 - ingen modifiering av värmeväxlare

4.2.2.1 Fram- och returtemperaturer

Kurvor för fram- och returtemperaturer har konstruerats med utgångspunkt från befintligt fjärrvärme- och radiatorsystem. Se bilaga 4.2.

Enligt fabrikanten kan de befintliga värmeväxlarna ge ett sekundärt värmevatten på max 40°C vid 55°C primärtemperatur om en tappvarmvattentemperatur på min 45°C skall kunna tillgodoses. Vid högre temperatur på sekundärt värmevatten måste således temperaturnivån på primärvärmevattnet höjas med annan värmekälla, vilken i detta fall utgörs av panncentralen.

Enligt bilaga 4.2 krävs ca 33 % av maximalt effektbehov vid ett sekundärt värmevatten på 40°C. Denna effekt, som uppgår till 530 kW, blir dimensionerande för värmepumpen. Vidare framgår att effektuttaget från värmepumpen successivt avtar, för att helt upphöra när den primära returtemperaturen överstiger 55°C, vilket i effektbehov motsvarar ca 63 % av toppeffekten eller ca 1 000 kW.

4.2.2.2 Värmepumpdrift och oljebesparing

Värmepumpen är enligt 4.2.2.1 dimensionerad så att den täcker effektbehovet 530 kW, vilket motsvarar en utetemperatur på +5°C. Vid lägre utetemperaturer måste tillskottsvärme tillföras systemet. För att beräkna den andel av årsenergibehovet som värmepumpen levererar studeras fram- och returtemperaturer (bilaga 4.2) samt varaktighetsdiagram för bostadsområdet (bilaga 3.1). Resultatet av en sådan studie framgår av bilaga 4.3.

Som synes kan året indelas i tre driftsperioder. Om driftsperioderna delas upp efter effektbehov så blir de:

0 -	530 kW	endast värmepumpen i drift
530 -	1 000 kW	värmepump och panncentral i drift
1 000 -	1 600 kW	endast panncentral i drift

För att få den andel av årsenergibehovet som värmepumpen täcker, beräknas ytan av streckat område i bilaga 4.3. Denna yta utgör ca 55 % av hela ytan under varaktighetskurvan eller uttryckt i energi, 1,76 GWh. Med en beräknad oljeförbrukning av 400 m³/år utan värmepump blir således oljebesparingen 220 m³/år med detta värmepumpsystem.

4.2.3 Alternativ 2 - ombyggnad av värmeväxlare

4.2.3.1 Modifiering av värmeväxlare

En värmepumpinstallation bör utnyttjas så stor del av året som möjligt. I det aktuella fallet innebär detta att primärvattnet från panncentral - värmepump måste gå direkt ut på respektive hus radiatorsystem. Nuvarande värmeväxlare fungerar i princip så att primärvattnet värmer radiatorvattnet som i sin tur värmer tappvarmvattnet. För att leda primärvattnet direkt ut på radiatorerna måste värmeväxlarna byggas om.

Ombyggnaden görs så att primärvattnet leds direkt in i radiatorvattendelen. Denna ombyggnad är praktiskt genomförbar enligt värmeväxlarfabrikanten. Arbetsåtgången för varje värmeväxlare kan uppskattas till en arbetsdag.

4.2.3.2 Fram- och returtemperaturer

I detta fall går värmevattnet direkt från panncentral/ värmepumpanläggning till radiatorerna utan värmeväxling. Befintlig värmeväxling till tappvarmvatten bibehålls dock. Fram- och returtemperaturer för modifierat värmesystem framgår av bilaga 4.4.

För att minimera värmevattenflöden önskar man hålla värmevattentemperaturen så hög som möjligt. Detta kommer dock i konflikt med en ekonomisk värmepumpdrift, därför har en maximal framledningstemperatur på 80°C valts. För tappvarmvattenberedning erfordras i detta fall en minsta framledningstemperatur på 50°C. När värmesystemet kräver en framledningstemperatur som överstiger 50°C ökas successivt temperaturen på värmevattnet från värmepumpen. Som ovan maximeras dock värmevattentemperatur från värmepumpen till 55°C.

Därefter får, som förut, panncentralen höja temperaturnivån ytterligare. Det effektbehov som råder när panncentralen måste kompletteras blir även i detta fall dimensionerande. Enligt bilaga 4.4 uppgår detta till ca 47 % av totalt effektbehov eller 750 kW.

4.2.3.3 Värmepumpdrift och oljebesparing

Genomförs samma resonemang som under 4.2.2.2 med de fram- och returtemperaturer som är aktuella för detta alternativ, erhålls ett varaktighetsdiagram för värmepump och oljedrift enligt bilaga 4.5. I detta fall indelas året i två driftsperioder:

0 - 750 kW endast värmepumpen i drift
750 - 1 600 kW värmepump och panncentral i drift

Vid direktanvändning av primärvattnet i radiatorerna utökas värmepumpens drifttid under året i jämförelse med det omodifierade värmesystemet. Beräknas den andel av årsenergibehovet som värmepumpen täcker i detta fall, erhålls ca 85 %. Se bilaga 4.5. Detta motsvarar energimängden 2,72 GWh eller 340 m³/år i oljebesparing.

4.3 Sammanfattning

Sjövattnet direktpumpas från Ösjön till en värmepump dimensionerad för en värmeeffekt på 530 kW respektive 750 kW för de båda alternativen.

Värmebärartemperaturen hålls vid max 55°C från värmepumpen. När värmepumpen inte täcker effektbehovet kompletterar oljepannan. Med befintligt fjärrvärmesystem täcker värmepumpen ca 55 % av energibehovet och vid en ombyggnad av villavärmeväxlarna så att primärvattnet går direkt på radiatorerna, ca 85 %. Värmeväxling till tappvarmvatten utförs på samma sätt i de båda alternativen.

5 KOSTNADSKALKYLER

5.1 Investering och driftkostnader

Tre alternativ jämförs:

- a) Konventionell panncentral
- b) Konventionell panncentral i kombination med värmepump, men inga övriga modifieringar av värmesystem
- c) Konventionell panncentral i kombination med värmepump, men med ombyggda villavärmeväxlare.

5.1.1 Investeringar för värmepumpsalternativen

Investeringskostnaderna för alternativ b och c har översiktligt beräknats i dagens prisnivå.

	Alt b	Alt c
Ledningar mellan Ösjön och panncentral, 1 400 m å 250 kr/m	350 000:-	350 000:-
Vattenpump och rörarbete	70 000:-	70 000:-
Värmepump, 530 kW resp 750 kW	490 000:-	700 000:-
Rörarbete i panncentral	50 000:-	50 000:-
Komplettering kraftförsörjning	50 000:-	50 000:-
Projektering	200 000:-	200 000:-
Ombyggnad av 140 villavärmeväxlare		<u>140 000:-</u>
	1 210 000:-	1 560 000:-

5.1.2 Underhålls- och servicekostnader

Merkostnad i jämförelse med konventionell panncentral 40 000:-/år.

5.1.3 Energikostnader

Energipriser:	Olja (E04)	11,5 öre/kWh (923:-/m ³)
(november 1979)	El	19 öre/kWh

Energislagens fördelning:

	Konv pann- central	VP alt 1 ^{x)}	VP alt 2 ^{x)}
Oljepanna	3,2 GWh	1,44 GWh	0,48 GWh
El		0,59 GWh	0,91 GWh
Sjövatten	_____	1,17 GWh	1,81 GWh
Totalt	3,2 GWh	3,2 GWh	3,2 GWh

x) Beräknad med en årsvärmefaktor på 3,0 för värmepumpen.

Årskostnader:

Oljepanna	368 000:-	166 000:-	55 000:-
El	_____	112 000:-	173 000:-
Totalt kr/år	368 000:-	278 000:-	228 000:-

5.2 Lönsamhetsanalys

För beräkningarna har använts 15 års avskrivning på värmepump och 30 år för övrig utrustning. Detta ger med 10 % ränta annuiteterna 13,1 % respektive 10,6 %.

Totalkostnader/år

För kapitalkostnader och underhållskostnader redovisas bara merkostnaderna vid värmepumps drift.

	Konv pann- central	VP alt 1	VP alt 2
Energikostnader	368 000:-	278 000:-	228 000:-
Kapital		140 000:-	183 000:-
Underhåll	_____	40 000:-	40 000:-
Totalt kr/år	368 000:-	458 000:-	451 000:-

5.3 Sammanfattning

Inget av värmepumpsalternativen förmår konkurrera med den konventionella panncentralen vid gällande dagspriser på el och olja. Driftkostnadsbesparingen exklusive kapitalkostnader för värmepumpsalternativet med omodifierade villavärmeväxlare blir ca 50 000:-/år och för alternativet med ombyggda värmeväxlare ca 100 000:-/år. Med ett statsbidrag på ca 65 % av kapitalkostnaden för alternativ 1 och på ca 45 % för alternativ 2 blir de årliga kostnaderna för konventionell panncentral och de båda värmepumpsalternativen likvärdiga. Oljebesparingen blir som förut nämnts 220 m³/år respektive 340 m³/år.

Av denna förstudie framgår att ytvatten kan vara en möjlig värmekälla för bostads- och annan lokaluppvärmning. Den teknik som här studerats har ej prövats i större skala. Med tanke på den potential som kan finnas i våra vattendrag är det angeläget att så snart som möjligt inhämta erfarenheter från ett projekt av den typ som här studerats.

De faktorer som är mest väsentliga från teknisk synpunkt synes vara dels värmekällan, dvs ytvattnet och dels värmepumpen. Värmekällan måste noggrant studeras för varje enskilt objekt. Bottenförhållanden, djup, temperaturer är väsentliga faktorer. För det aktuella objektet har dessa undersökts. En annan väsentlig bit som ej studerats närmare är den juridiska delen.

Beträffande den värmepump som skisserats finns den till viss del prövad i pilotskala. För att kunna utvärdera projekt av den typ som skisserats, måste försök i full skala utföras. Lämpligt materialval för värmepumpens förångardel med hänsyn till ytvattnets kemiska innehåll måste närmare studeras.

Lönsamheten för liknande projekt beror bl a på värmesystemets uppbyggnad, avståndet till värmekällan m m. Som framgår förbättras "lönsamheten" avsevärt om värmesystemet utformas som ett lågtemperatursystem.

Nästa etapp (II) i projektet bör omfatta en noggrann projektering med inhämtande av offerter på utrustningar och arbete samt en noggrann lönsamhetskalkyl. Vidare bör ett mätprogram upprättas, där det noga anges vilka parametrar som skall mätas, var de skall mätas och hur.

Etapp III bör omfatta en komplettering av värmesystemet med en värmepumpanläggning enligt vad som framkommit under etapp I och II.

Etapp IV slutligen bör innefatta en mätperiod på 2-3 år enligt det mätprogram som upprättats i etapp II.

7 REFERENSER

1. Abrahamsson Thore, Norin Fredrik, Strååt Holger. Värmepumpning från sjö för värmeförsörjning av kontorshus. Rapport R 129:1979. (Statens råd för byggnadsforskning).
2. Andersson Bengt, Backman Anders, Wahlberg Herje. Värmeåtervinning ur avloppsvatten, 1978. (Statens råd för byggnadsforskning).
3. Bäckström Bernt. Värmepumpsanläggning med insjö som värmekälla. Rapport R 29:1979. (Statens råd för byggnadsforskning).
4. Davén Bertil, Nordling Jan, Sandert Kaj. Sjöar och hav som värmekälla för en värmepumpsanläggning, 1977. (Statens råd för byggnadsforskning).
5. Häggkvist K. Utnyttjande av låggradig värmeenergi i sjöar. Högskolan i Luleå. (Nämnden för energi-produktionsforskning).
6. Jelbring Hans. ENIAQ Dieselmotordrivet värmepumpsystem, Systemlösning och förprojektering, 1979. (Statens råd för byggnadsforskning).
7. Månadsöversikt över väderlek och vattentillgång, SMHI.
8. VVS Special, 1:1978.
9. VVS Special, 1:1979.
10. Värmepumpar. Symposium i Stockholm 26-27 november 1974. (Statens råd för byggnadsforskning och Centrala driftledningen).

ÖVERSIKTSPLAN

BILAGA 1.1

ÖSJÖN

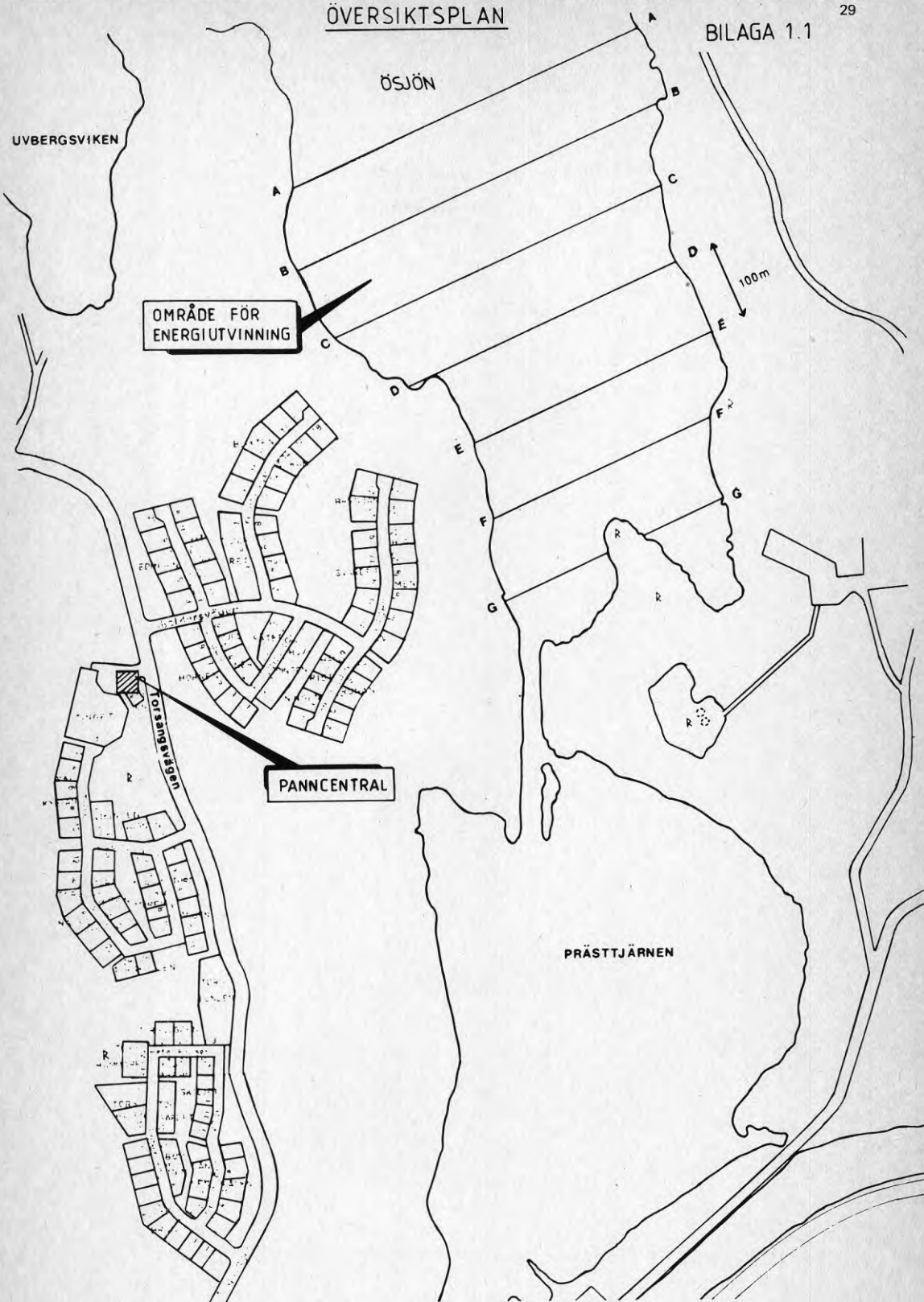
UVBERGSVIKEN

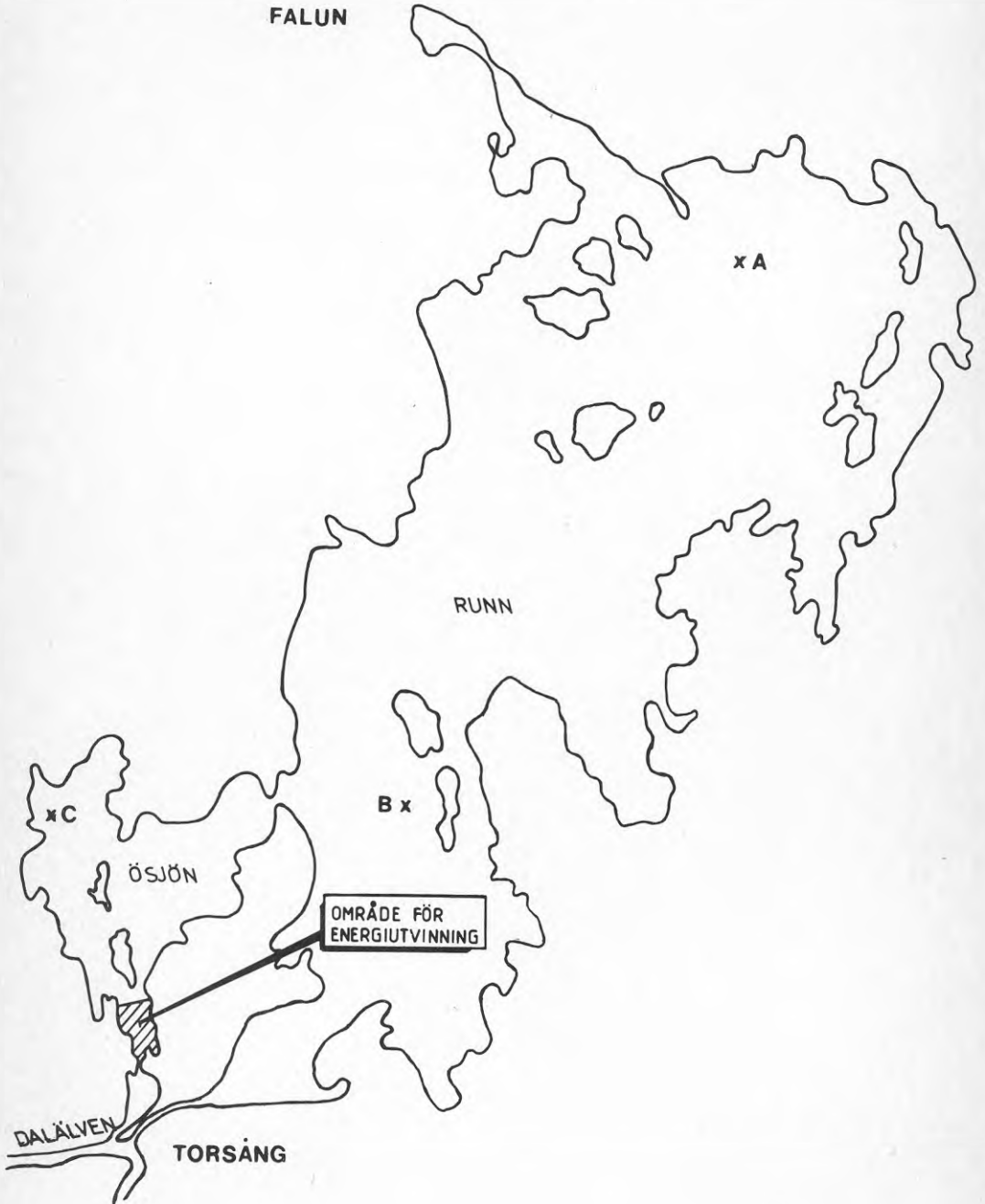
OMRÅDE FÖR
ENERGIUTVINNING

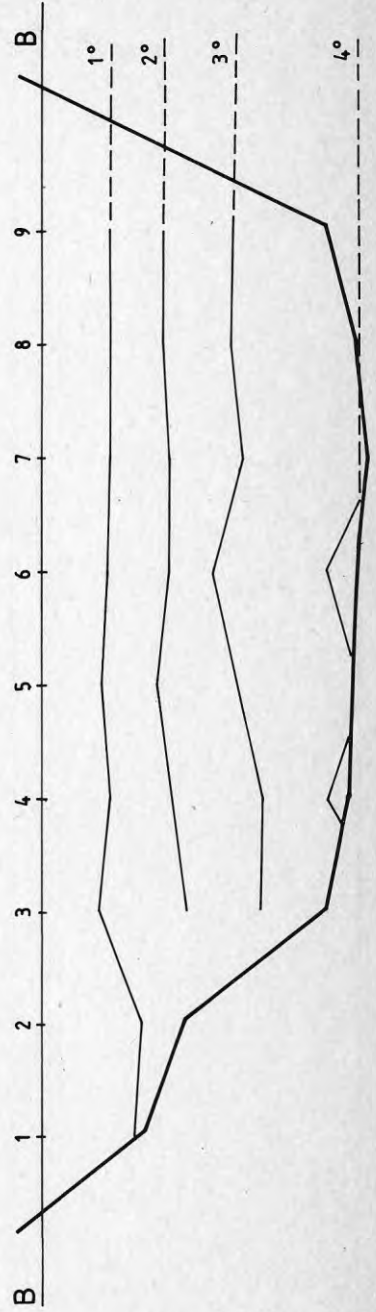
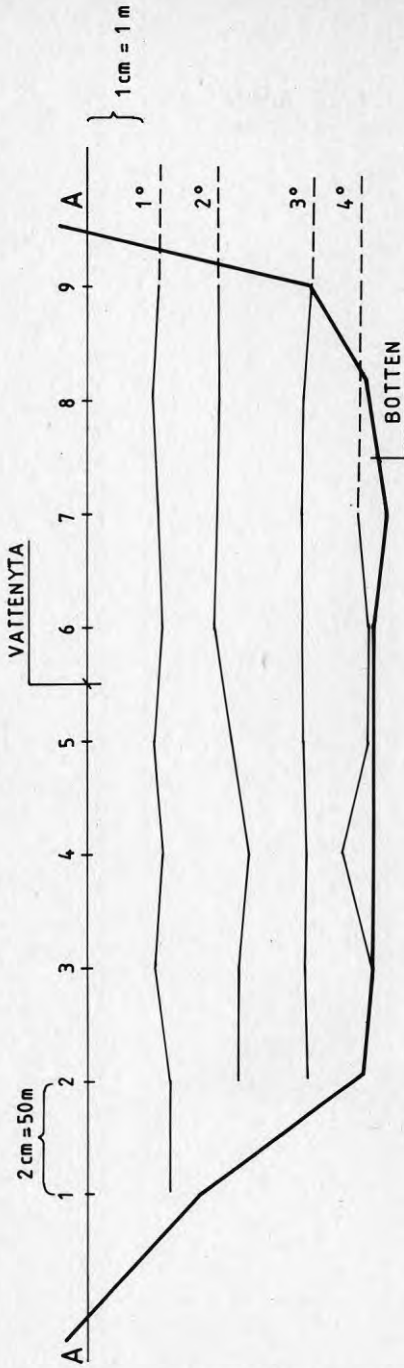
PANNCENTRAL

PRÄSTJÄRNE

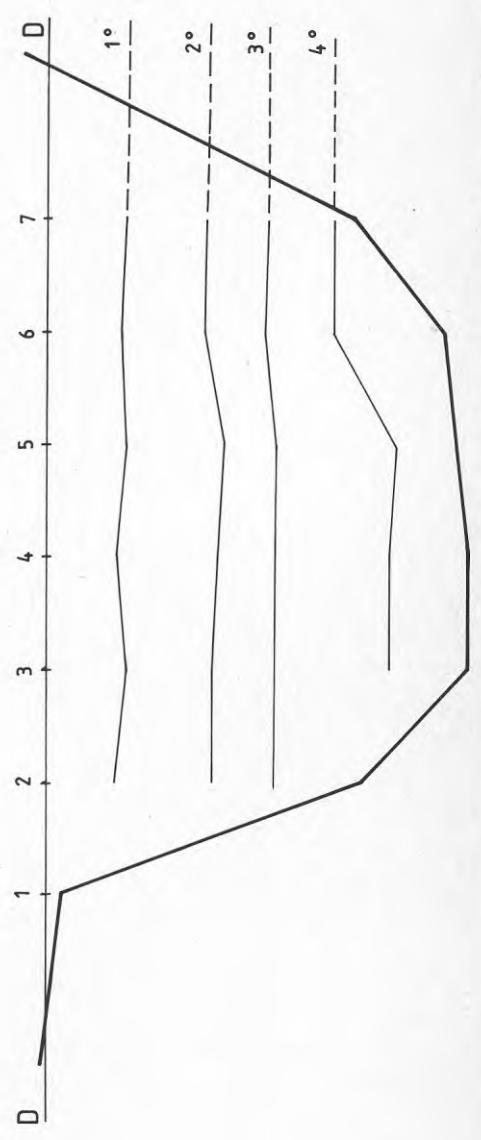
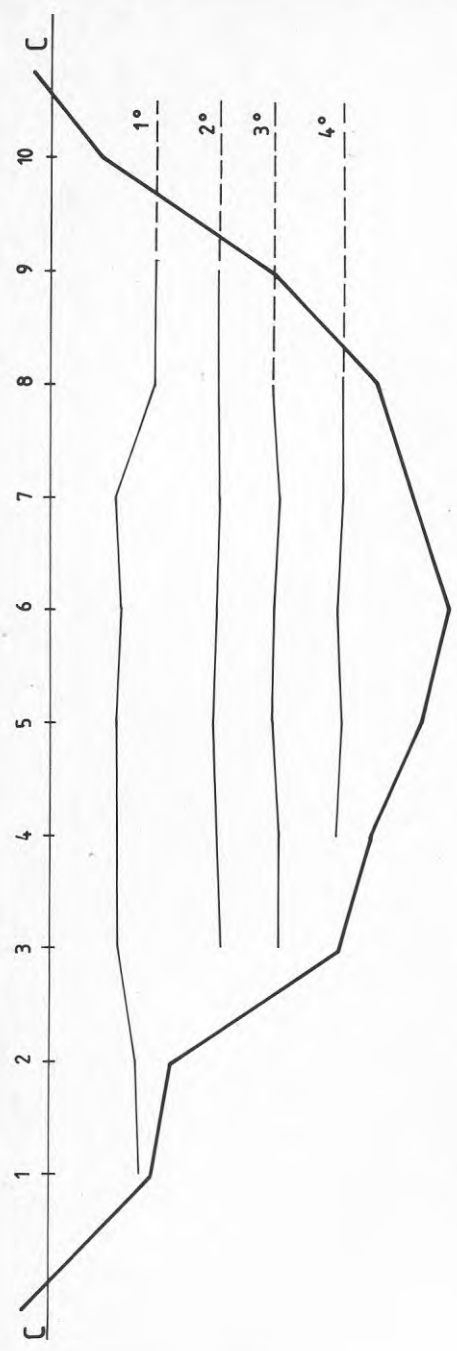
100m



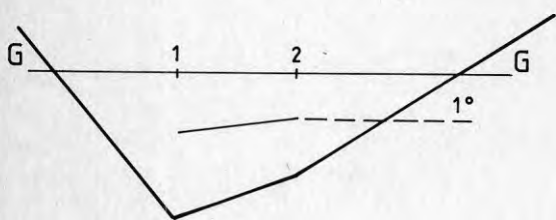
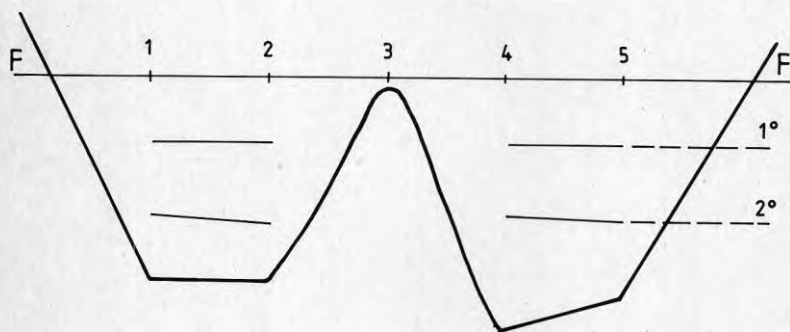
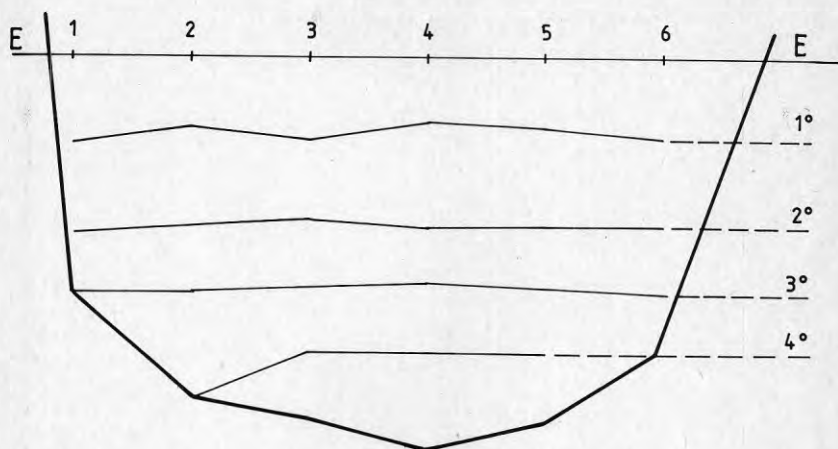




ISOTERMER I ÖSJÖN, 1979.02.28 SNITT C,D BILAGA 2.3



ISOTERMER I ÖSJÖN, 1979. 02. 28 SNITT E,F,G BILAGA 2.4



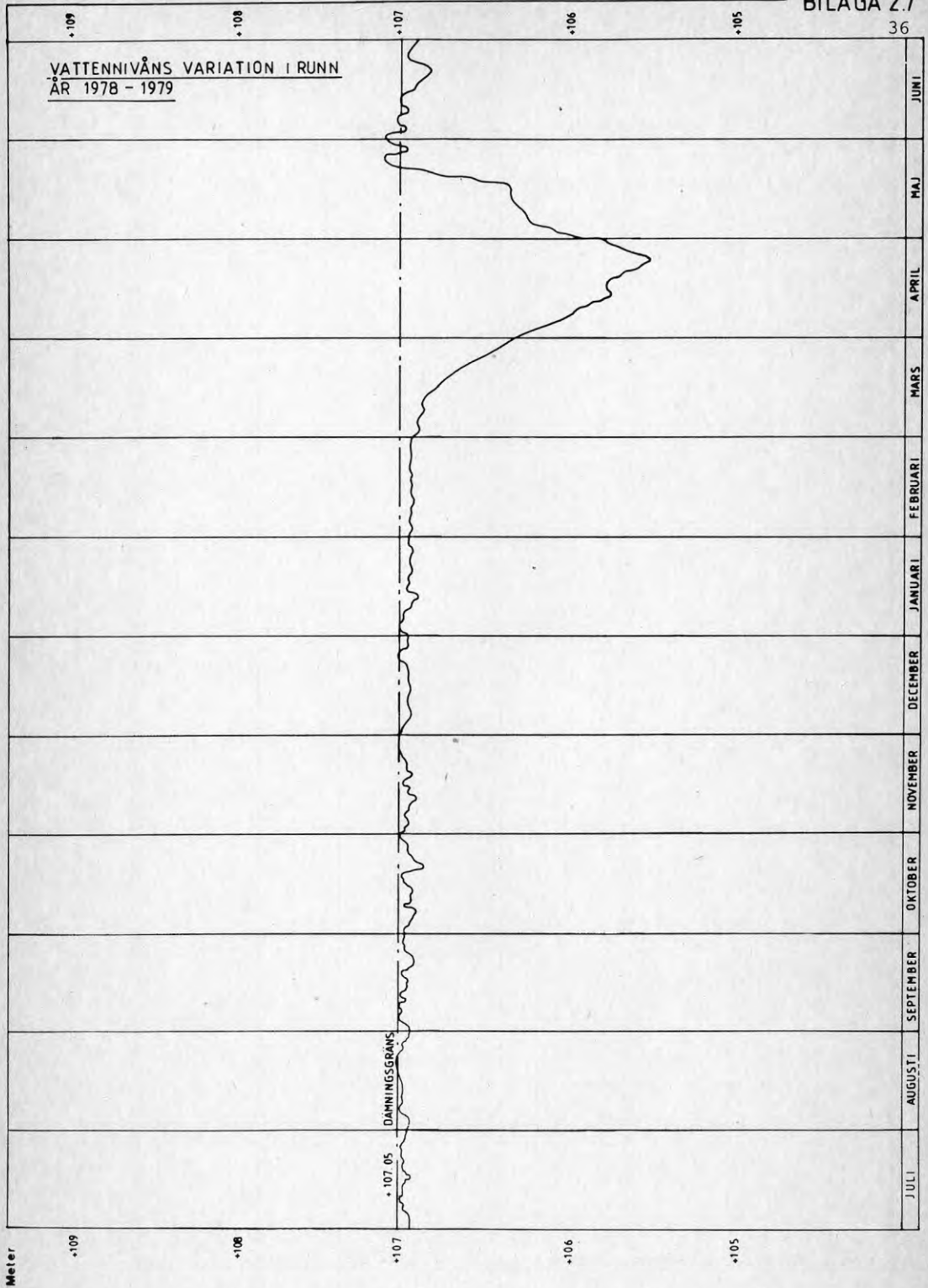
TEMPERATURMÄTNINGAR I RUNN (PLATSERNA A O. B, SE BILAGA 2.1) Blad 1

År	1973						1974						1975					
	30/1		17/8		19/9		8/2		3/4		11/2		15/4					
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B				
0,5	1,1	0,75	21,4	20,9	12,5	12,4	0,8	0,5	2,5	2,1	0,2	0,4	1,8	1,0				
2	1,2	1,2	21,1	19,1			0,8	0,9	2,8	3,8	0,4	0,7	1,9	2,2				
4	1,4	1,3	17,8	16,9			1,4	2,0	2,8	3,4	0,7	1,1	2,1	2,5				
6	1,4	1,4	17,1	16,5			1,8	2,4	2,8	2,9	0,8	1,3	2,2	2,7				
8	1,4	1,5	16,9	16,3			1,9	2,5	3,1	3,0	1,1	1,5	2,2	2,7				
10	1,6	1,3	16,9	15,9	12,3		2,3	2,6	2,5	3,1	1,1	1,5	2,2	2,8				
12	1,6	1,6	16,6	14,6		12,2	2,3	2,8	2,5	3,2	1,3	1,6	2,3	2,8				
14	1,8	1,6	13,2	13,8			2,3	2,9	2,5	3,3	1,4	1,7	2,2	2,8				
16	2,0	1,3	11,5	13,0			2,3	3,0	2,6	3,4	1,4	1,8	2,3	2,9				
18	2,0	1,7	11,0	12,4	12,3		2,5	3,2	2,8	3,6	1,6	2,0	2,3	2,8				
20	2,1	1,8	10,9	11,7			3,4		3,8		2,1		2,6	2,8				
22	1,9		11,5			12,2	3,5		3,9		2,2		2,9					
24	2,0		11,5				3,6		4,1		2,4		3,1					
26	2,0		11,4				4,1		4,3		2,7							
28							4,1											

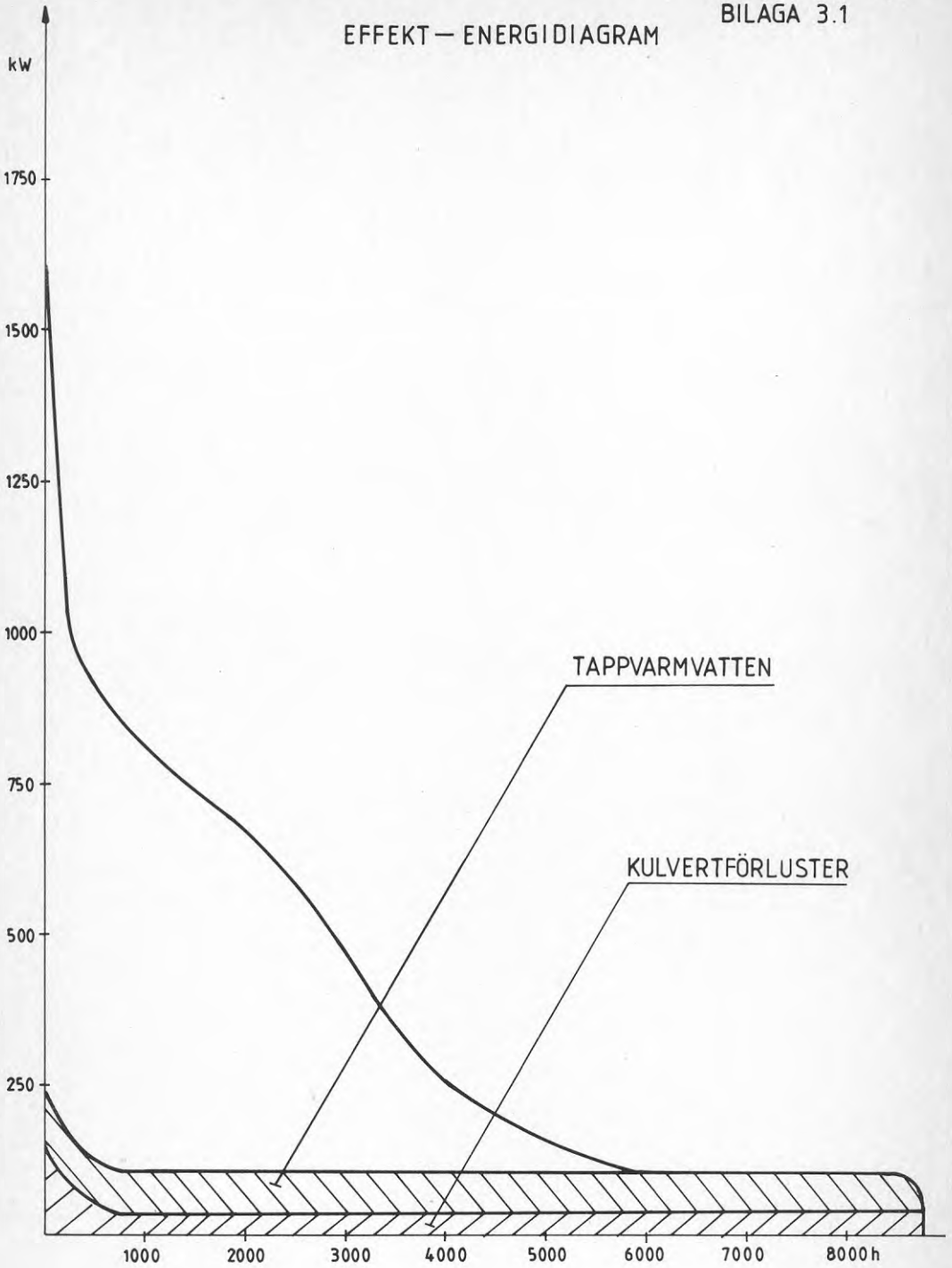
År	1976						1978					
	5/2		14/4		18/8		5/4		6/9		A	B
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
0,5	0,2	0,3	2,0	1,8							14,0	14,0
2	0,4	0,5	2,3	2,6	20,0	20,2	1,7	2,0			13,5	14,0
4	0,6	1,1	2,4	2,7	19,3		1,7	2,2			13,5	14,0
6	0,9	1,4	2,4	2,7	17,5	17,4	2,0	2,2			13,5	14,0
8	1,2	1,7	2,4	2,7	16,8		2,0	2,3			13,5	14,0
10	1,4	1,8	2,1	2,7	16,5	16,8	2,0	2,8			13,5	14,0
12	1,4	1,9	2,1		15,5	16,6	1,6	3,0			13,5	14,0
14	1,5	2,0	2,1	2,6	11,0	16,4	2,0	3,1			12,0	14,0
16	1,6	2,1	2,2		9,6	14,2	2,4				9,5	14,0
18	1,9	2,2	2,2	2,9	9,4	10,9	2,4				14,0	
20		2,3	2,3		9,1	10,0					13,0	
22		2,5	2,8	3,2		9,6						
24		2,7										
26				3,5								
28		3,0				2,1						10,0

TEMPERATURMÄTNING I ÖSJÖN (PLATS C, SE BILAGA 2.1)

År	1975			1977			1978		
	Datum	Djup		Datum	Djup		Datum	Djup	
1	13/5		27/8	29/4	6/6	14/8	6/4	14/6	7/8
3				2,2	13,6	17,2	1,4	15,1	19,1
3,8				2,2	12,9	17,2	2,7	15,0	18,9
	12	21,5	18						

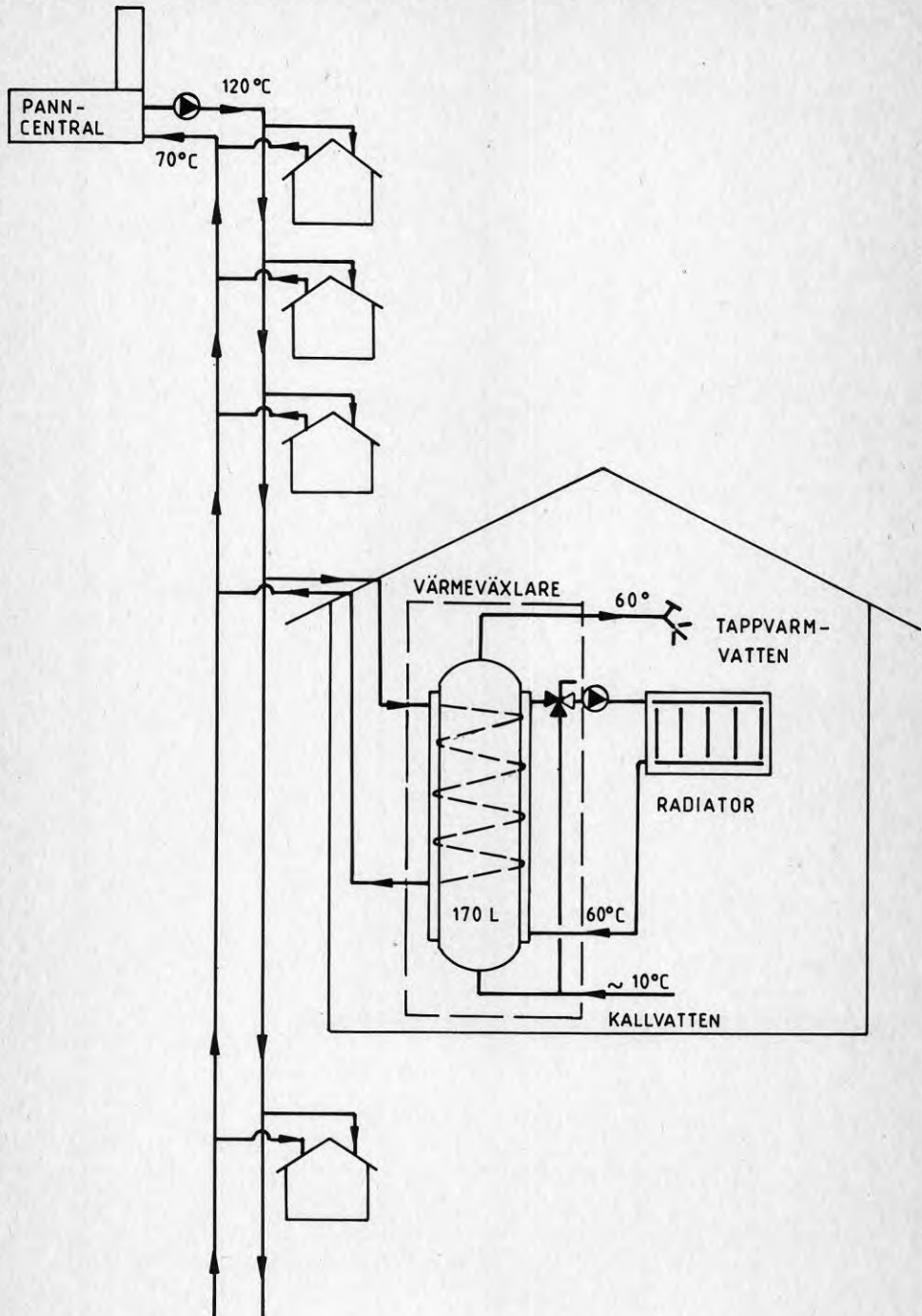


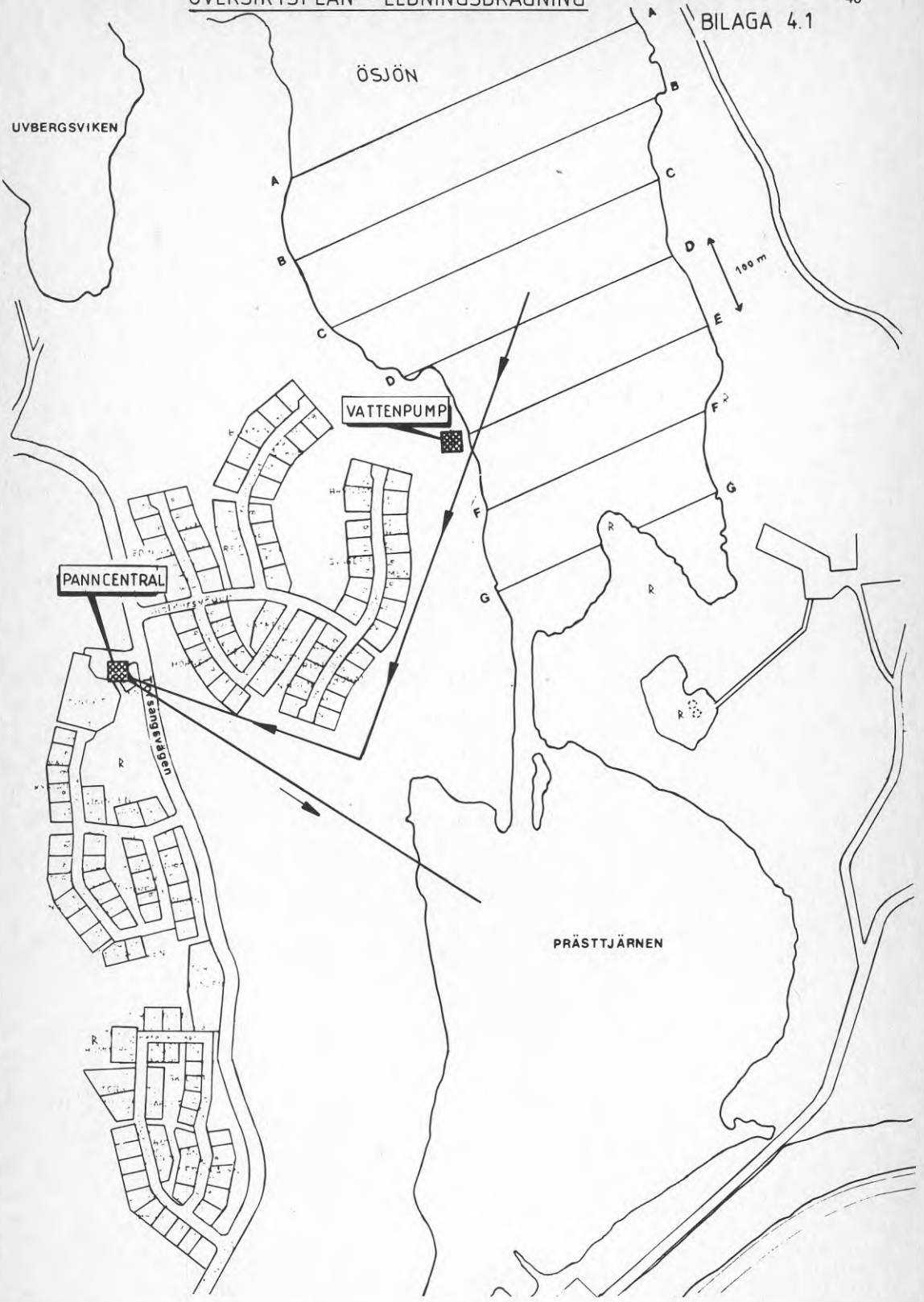
EFFEKT - ENERGIDIAGRAM



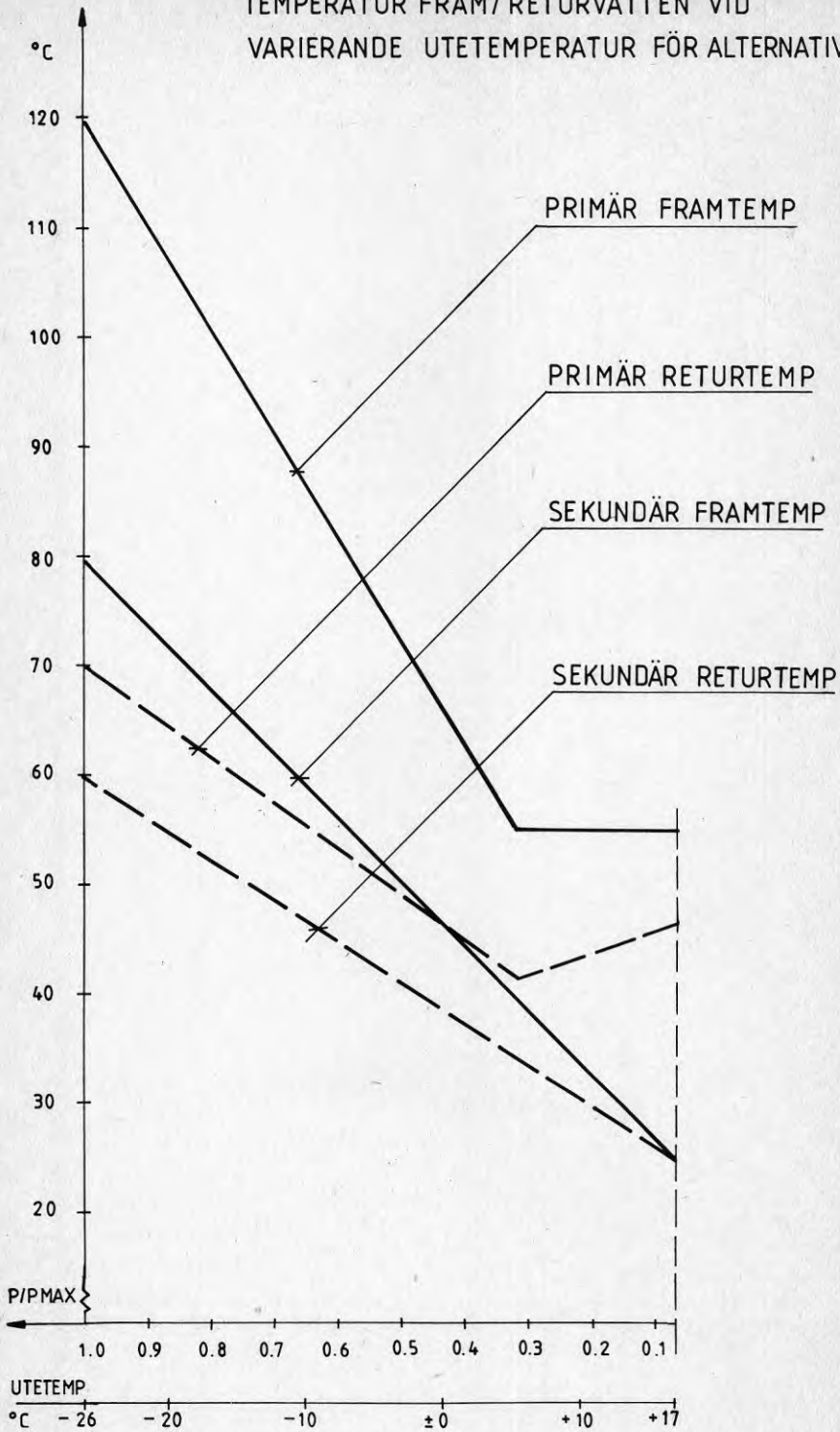
BEFINTLIGT VÄRMESYSTEM

BILAGA 3.2

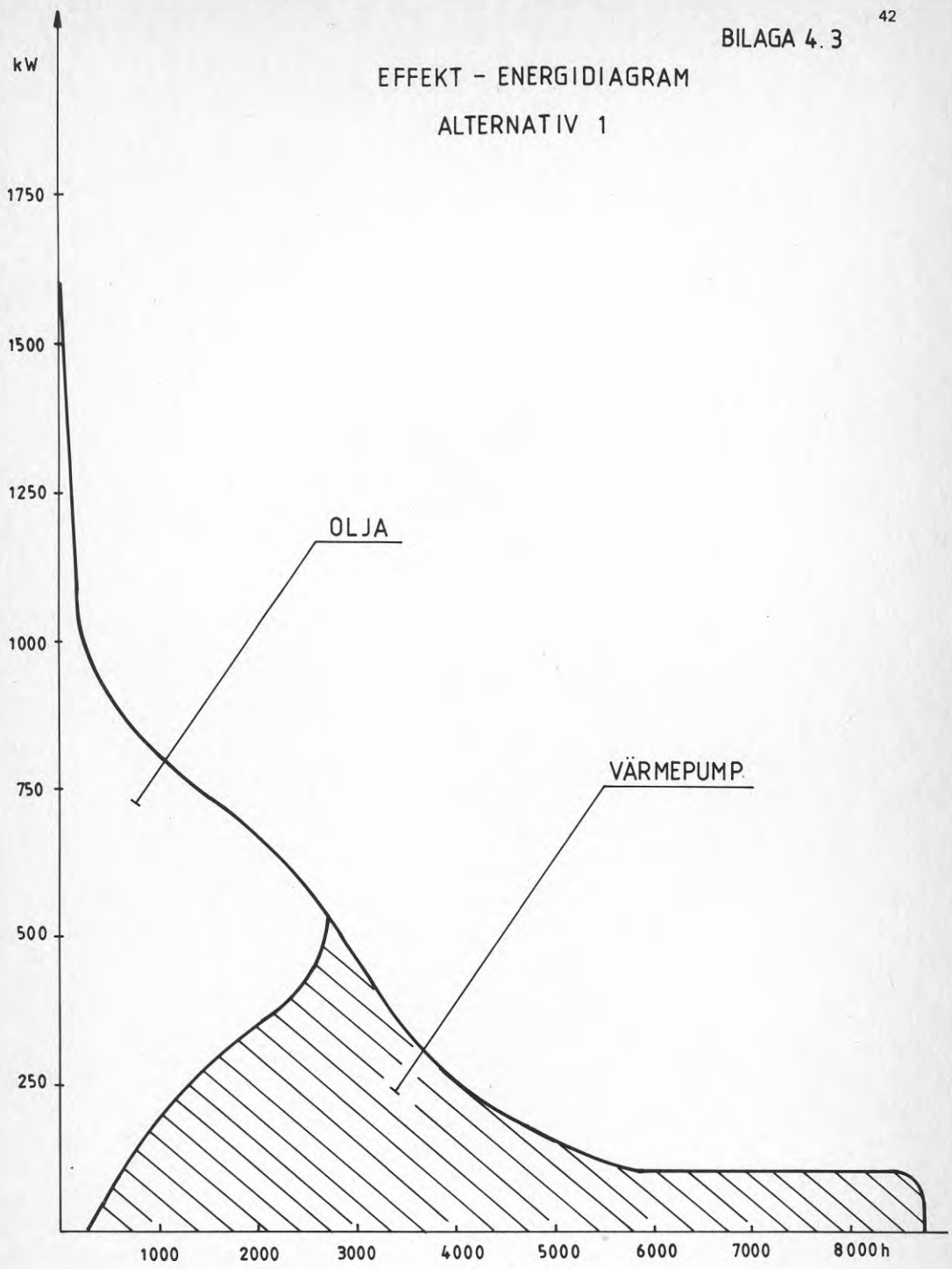




TEMPERATUR FRAM/RETURVATTEN VID
VARIERANDE UTETEMPERATUR FÖR ALTERNATIV 1

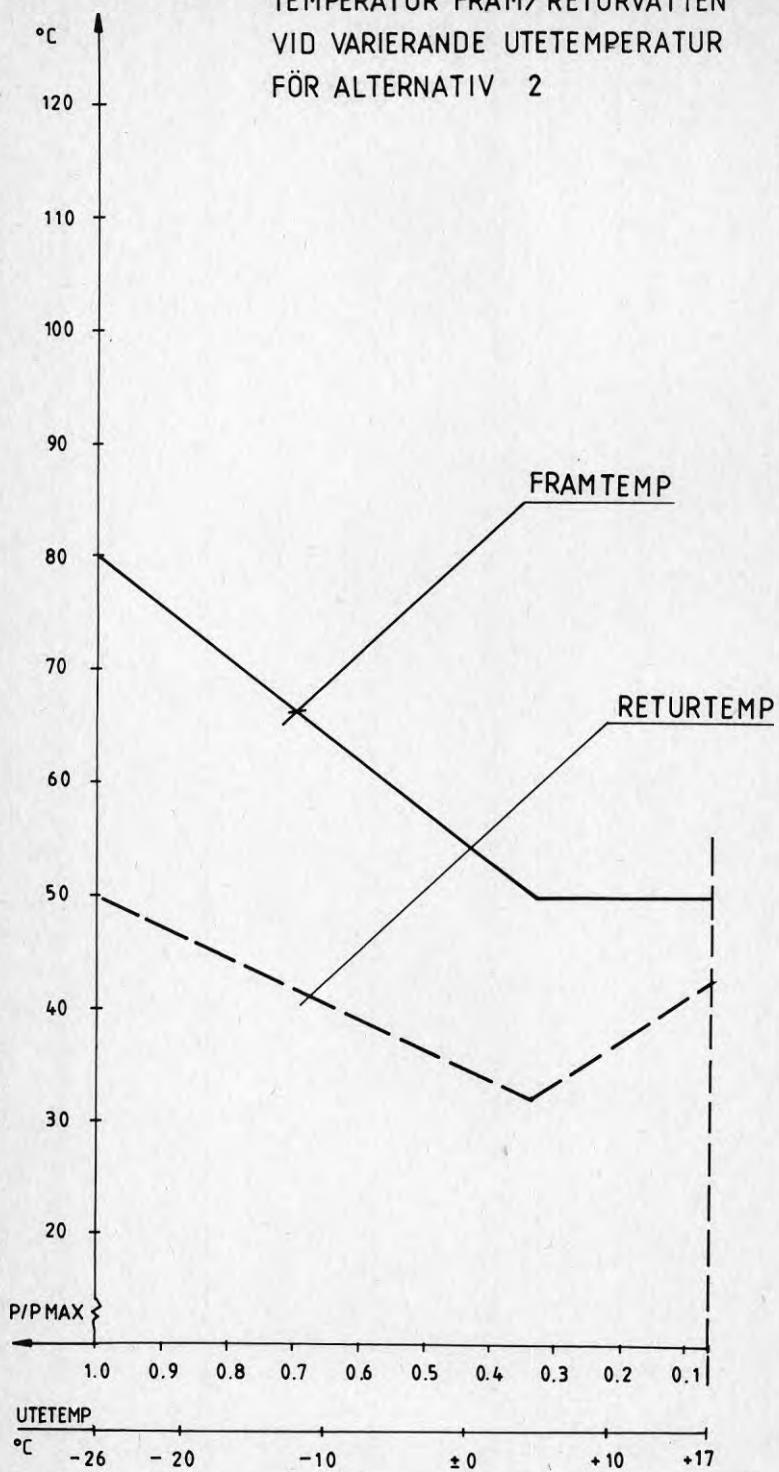


EFFEKT - ENERGIDIAGRAM ALTERNATIV 1

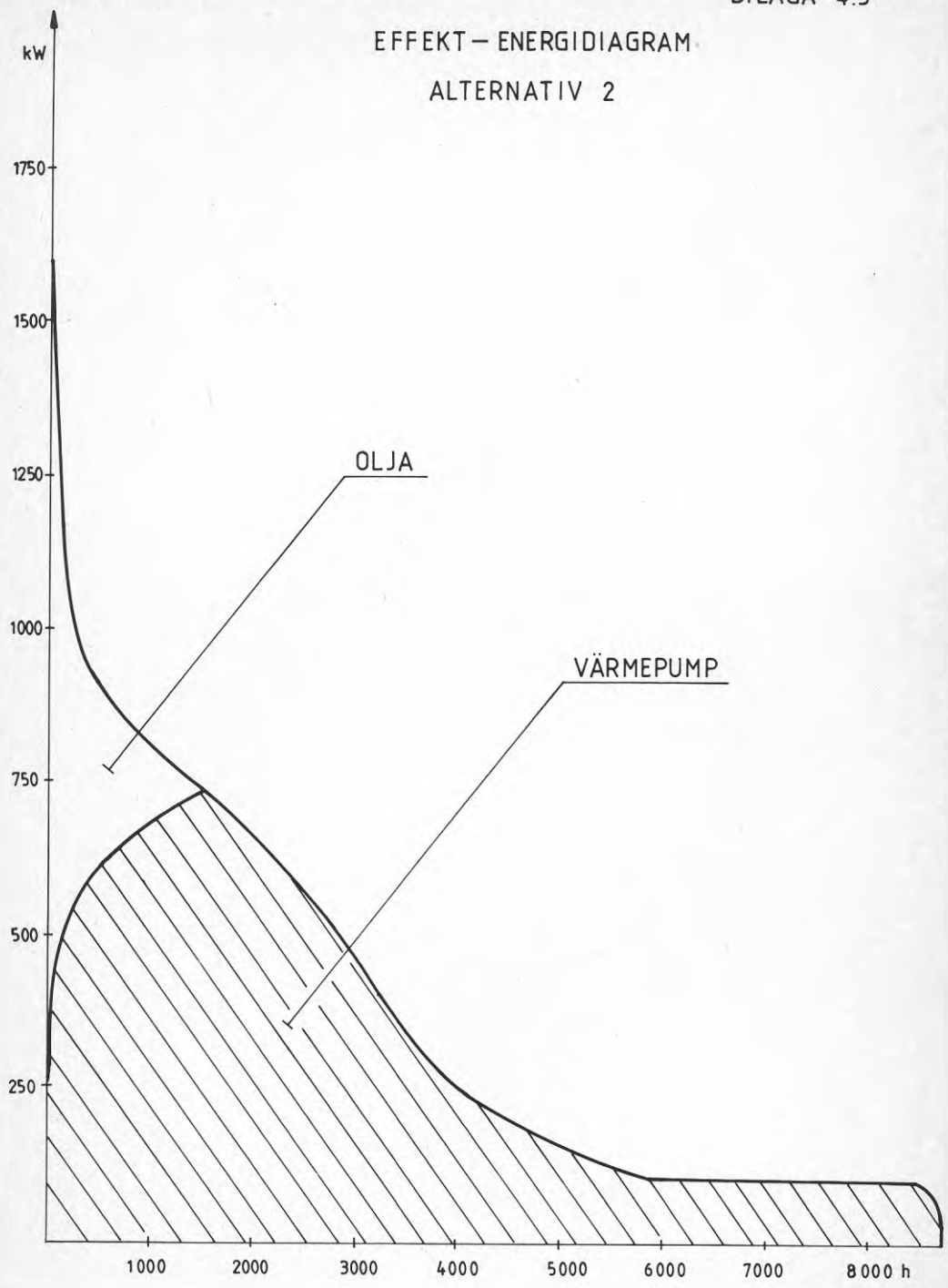


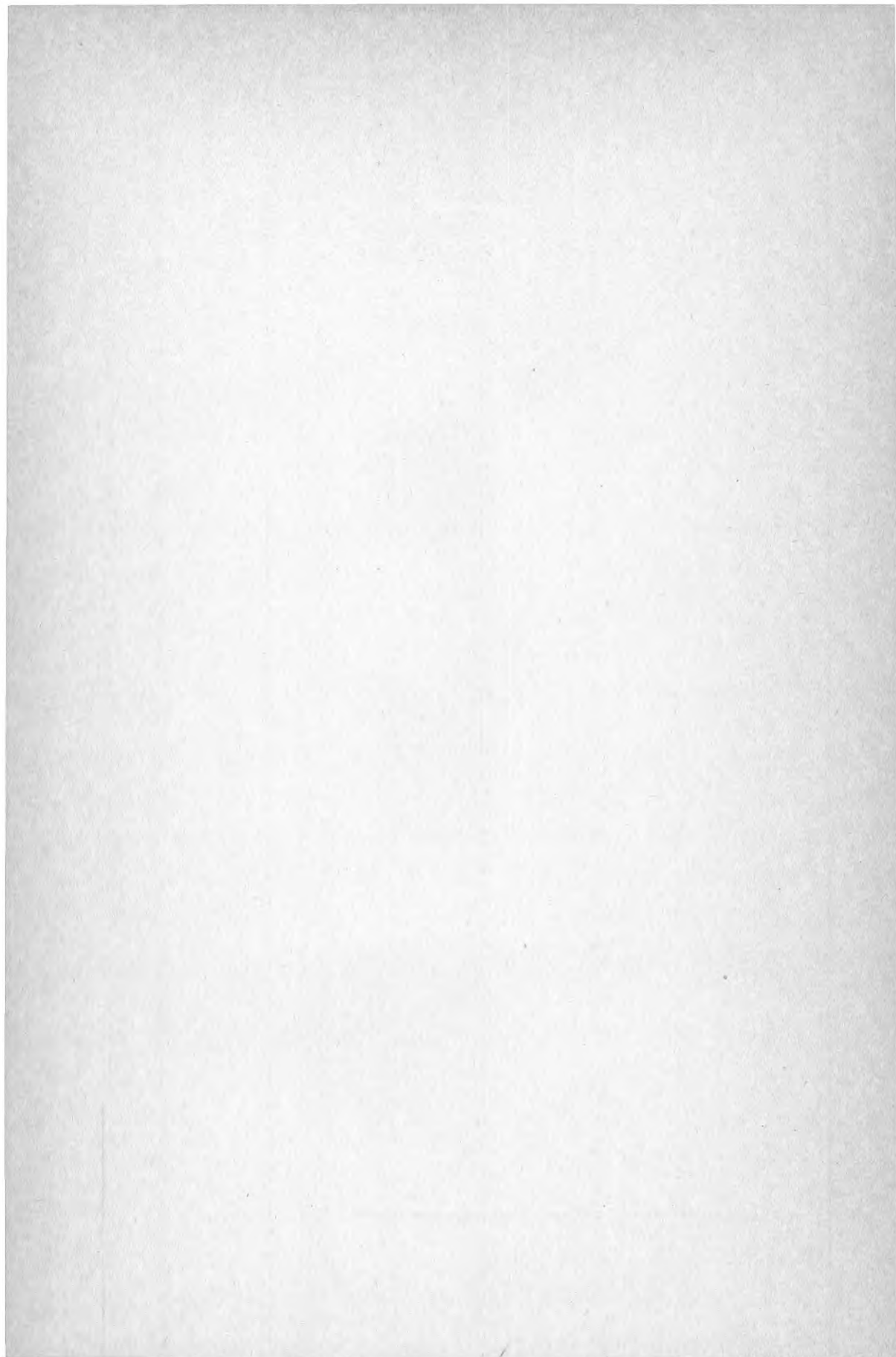
BILAGA 4.4

TEMPERATUR FRAM/RETURVATTEN
VID VARIERANDE UTETEMPERATUR
FÖR ALTERNATIV 2

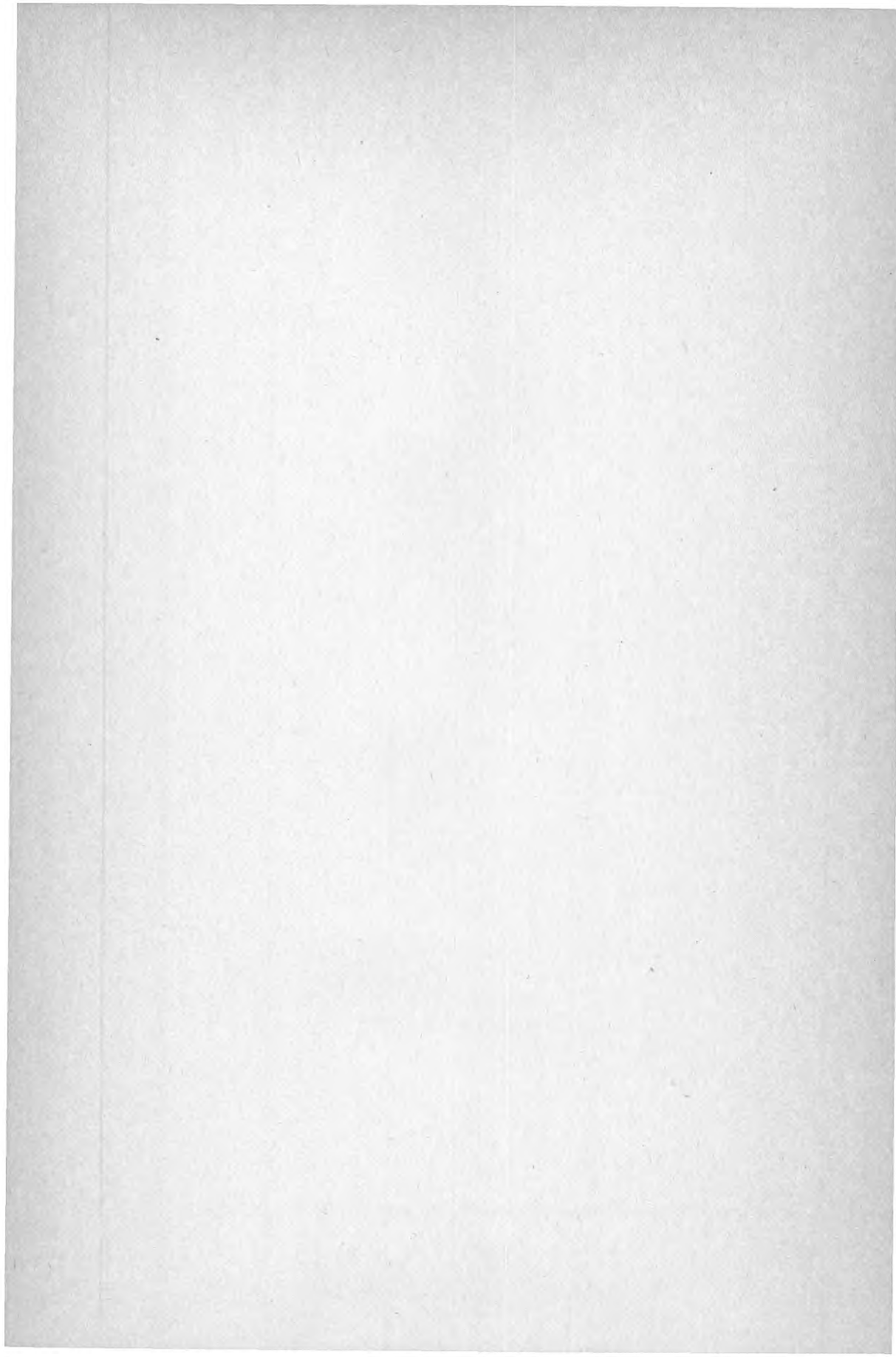


EFFEKT - ENERGIDIAGRAM ALTERNATIV 2











**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780911-6 från
Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB, Falun.**

R109:1980

ISBN 91-540-3326-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

**Art.nr: 6700209
Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 20 kr exkl moms