



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

R177:1984

Marken som energiresurs i Upplands-Bro

Förstudie

**Hans Hydén
Ann Emmelin
Kjell-Åke Henriksson**

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

*K
gml*

Byggforskningsrådet

R177:1984

MARKEN SOM ENERGIRESURS I UPPLANDS-BRO
Förstudie

Hans Hydén
Ann Emmelin
Kjell-Åke Henriksson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
831048-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till Stockholms-Näs Kraft AB, Kungsängen.

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

R177:1984

ISBN 91-540-4286-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL

	Sid
FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	7
1 BAKGRUND OCH SYFTE	9
1.1 Marken som energiresurs	9
1.2 Situationen i Upplands-Bro	9
1.3 Syftet med förstudien	10
2 VÄRMEBEHOV	11
2.1 Nuvarande värmebehov i gemensamma uppvärmningssystem	11
2.2 Potentiella energibesparingsmöjligheter	11
2.3 Bedömt framtida värmebehov	11
3 NUVARANDE OCH PLANERAD FJÄRR- VÄRMEFÖRSÖRJNING	15
3.1 Nuvarande situation	15
3.2 Studerade framtida möjligheter	15
4 ENERGIGEOLGI	17
4.1 Allmänna förutsättningar	17
4.2 Förutsättningar för direktutnyttjande av markvärme	18
4.3 Förutsättningar för värmelagring i mark i Upplands-Bro	22
5 SYSTEMLÖSNINGAR MED SÄSONGSVÄRMELAGER	27
5.1 Allmänna principer och tekniska lösningar	27
5.2 Värmelager i kombination med sopeldning	27
5.3 Värmelager i kombination med sjövärmepump	31
5.4 Värmelager i kombination med elpanna	31
6 EKONOMI FÖR SÄSONGSVÄRMELAGER	35
6.1 Investeringskostnader	35
6.2 Värmeproduktionskostnader	35
6.3 Slutsatser	37
7 REKOMMENDATIONER	39
8 REFERENSER	41

FÖRORD

Föreliggande projekt avser en förstudie av möjligheterna att ta tillvara marken som energiresurs i Upplands-Bro kommun inom områdena Kungsängen, Tibble och Brunna. Resultaten av förstudien avses kunna utgöra delunderlag vid beslut om hur den framtida värmeförsörjningen ska utformas.

Projektledare för Energiverket i Upplands-Bro kommun, Stockholms-Näs Kraft AB, har varit Elverkschef Lars Gippert.

Huvudansvariga för det tekniska projektarbetet har varit Hans Hydén, VBB AB, och Kjell-Åke Henriksson, Arlanda VVS-konstruktioner AB.

Värdefulla diskussioner har förts med Bo Björkman, teknisk chef i Upplands-Bro kommun.

Stockholm i mars 1984

Hans Hydén

SAMMANFATTNING

För att teknik för utvinning och lagring av värme i mark och vatten ska komma till utnyttjande krävs att hänsyn tas till denna resurs vid den kommunala värmeplaneringen.

Uppvärmningen av flerbostadsbebyggelsen i Upplands-Bro sker idag främst med hjälp av olja och el i fjärrvärmesystem och gruppcentraler. Enfamiljshusen värms i stor utsträckning med direktverkande el. I äldre enfamiljshus finns individuella oljepannor.

För tätortsbebyggelsen i områdena Kungsängen, Tibble och Brunna har övervägts en sammankoppling av de olika små fjärrvärmeområdena och gruppcentralerna till ett gemensamt större fjärrvärmesystem. I samband härmed har övervägts att gå över till eldnning med fasta bränslen (sopor och/eller kol) alternativt att anlägga en sjövattnenvärmepump med Mälaren som värmekälla.

Huvudsyftet med föreliggande förstudie är att analysera hur ett utnyttjande av marken som värmelager kan påverka bränsleval och optimal storlek på anläggningarna för produktion och distribution av värme i gemensamma uppvärmningssystem i Kungsängen-Tibble-Brunna-området.

Vid övergång till fastbränsleeldning eller värmepumpar med låga rörliga kostnader skulle möjligheten att säsongslagra värme kunna bli intressant. En sopförbränningsanläggning skulle t ex kunna köras med full effekt året runt om värmeöverskottet sommartid kunde lagras till vintern. En anläggning av en viss storlek skulle med ett lager således ge en större oljeersättning under gynnsamma driftbetingelser än samma anläggning utan lager.

För att belysa vinsterna med ett säsongsvärmelager har studerats hur värmeproduktionskostnaderna påverkas för tre alternativa lösningar för basvärmeproduktionen.

Studien visar att säsongsvärmelagring kan vara ett intressant komplement till en sopförbränningsanläggning i Upplands-Bro. Ekonomin är jämförbar med den för en stor sjövattnenvärmepump. Om sopeldningsanläggningen samtidigt skulle innebära en lösning på sophanteringsproblemen inom kommunen kan den innebära ytterligare ekonomiska fördelar som talar till dess förmån.

1 BAKGRUND OCH SYFTE

1.1 Marken som energiresurs

Under senare år har teknik utvecklats för att med hjälp av värmepump utnyttja sol naturvärme för bostadsuppvärmning. Med naturvärme avses solvärme som på naturligt sätt under sommaren lagras upp i sjövat- ten och bottensediment och i ytliga marklager och sedan i viss utsträckning naturligt lagras till vin- terhalvåret.

De metoder som idag främst används och i viss ut- sträckning är kommersiella är sjövattnenvärmepumpar, yttjordvärmesystem, grundvattnenvärmepumpar samt sol energibrunnar, se t ex Svedinger (1981).

Markvärmesystem av ovan nämnda slag kan ibland kom- pletteras med aktiv återladdning t ex med hjälp av enkla solfångare eller luftkonvektorer.

För anläggningar i storlek från mindre gruppcentra- ler och uppåt blir naturliga markvärmekällor ofta otillräckliga eller opraktiska. Marken kan då istäl- let användas för aktiv värmelagring. Teknik som då är aktuell är främst värmelagring i grundvatten, se t ex Hydén, m fl (1983) samt borrhållager (Sun- storelager) i lera (Hultmark, 1980) och i berg (Pla- tell, m fl, 1981).

För att teknik för utvinning och lagring av värme i mark och vatten ska komma till utnyttjande krävs att hänsyn tas till denna resurs vid den kommunala värmeplaneringen.

1.2 Situationen i Upplands-Bro

Uppvärmningen av flerbostadsbebyggelsen i Upplands- Bro sker idag främst med hjälp av olja och el i fjärr- värmesystem och gruppcentraler. Enfamiljshusen värms i stor utsträckning med direktverkande el. I äldre enfamiljshus finns individuella oljepannor, se kommu- nens oljereduktionsplan, K-Konsult (1982).

För tätortsbebyggelsen i områdena Kungsängen, Tibble och Brunna har övervägts en sammankoppling av de olika små fjärrvärmeområdena och gruppcentralerna till ett gemensamt större fjärrvärmesystem. I sam- band härmed har övervägts en övergång till eldnin- g med fasta bränslen (sopor och/eller kol) alternativt anläggande av en sjövattnenvärmepump med Mälaren som värmekälla.

Det sammanslagna systemet inklusive ett större pla- nerat nybyggnadsområde kan överslagsmässigt beräk- nas få ett sammanlagrat effektbehov på ca 25 MW och ett energibehov på 50-60 GWh/år. Värmeunderlaget är i minsta laget för att få god ekonomi för en sop-

förbränningsanläggning men andra skäl kan ändå tala för att en sådan bör anläggas.

1.3 Syftet med förstudien

Situationen i Upplands-Bro är sådan att man ännu ej låst upp sig med beslut om den framtida värmeförsörjningen. Man har således fortfarande möjlighet att ta hänsyn till marken som energiresurs.

Syftet med denna förstudie är att analysera hur ett utnyttjande av marken som värmelager kan påverka bränsleval och optimal storlek på anläggningarna för produktion och distribution av värme i gemensamma uppvärmningssystem i Kungsängen-Tibble-Brunnaområdet.

Syftet är vidare att översiktligt påvisa hur ej fjärrvärmeansluten bebyggelse i dessa områden kan utnyttja marken som en energiresurs.

2.1 Nuvarande värmebehov i gemensamma uppvärmningssystem

Gemensam uppvärmning i området Kungsängen-Tibble-Brunna förekommer inom sex delområden, 1-6, enligt Figur 2.1. Dessutom planeras ett nytt område 7 med fjärrvärmeförsörjning. Värmebehoven i de totalt sju delområdena har beräknats i tidigare utredningar. Med hänsyn till pågående energibesparande åtgärder i bebyggelsen är dock dessa siffror för höga. Om de schablonmässigt reduceras med ca 20 % erhålls månadsvisa värmebehov enligt Figur 2.2.

Område 1-4 har med dessa förutsättningar ett sammanlagt maximalt effektbehov på ca 17 MW och ett årligt energibehov på ca 37 GWh. För samtliga delområden inklusive nybyggnadsområdet 7 och annan planerad tillkommande bebyggelse blir motsvarande totala framtida värmebehov 23 MW resp 50 GWh.

Under år 1983 levererades i områdena 1-6 ca 40 GWh (normalårskorrigerat) motsvarande en topp effekt på ca 17 MW.

2.2 Potentiella energibesparingsmöjligheter

Innan en ny värmeproduktionskälla för fjärrvärmenätet dimensioneras är det väsentligt att realistiska bedömningar av energisparpotentialen görs, så att en optimal storlek på produktionsanläggningen erhålls.

Generella energibesparande åtgärder är översyn av reglerutrustning, injustering av ventilationen med efterföljande inreglering av värmesystemet samt vattenbesparande åtgärder i form av flödesbegränsning.

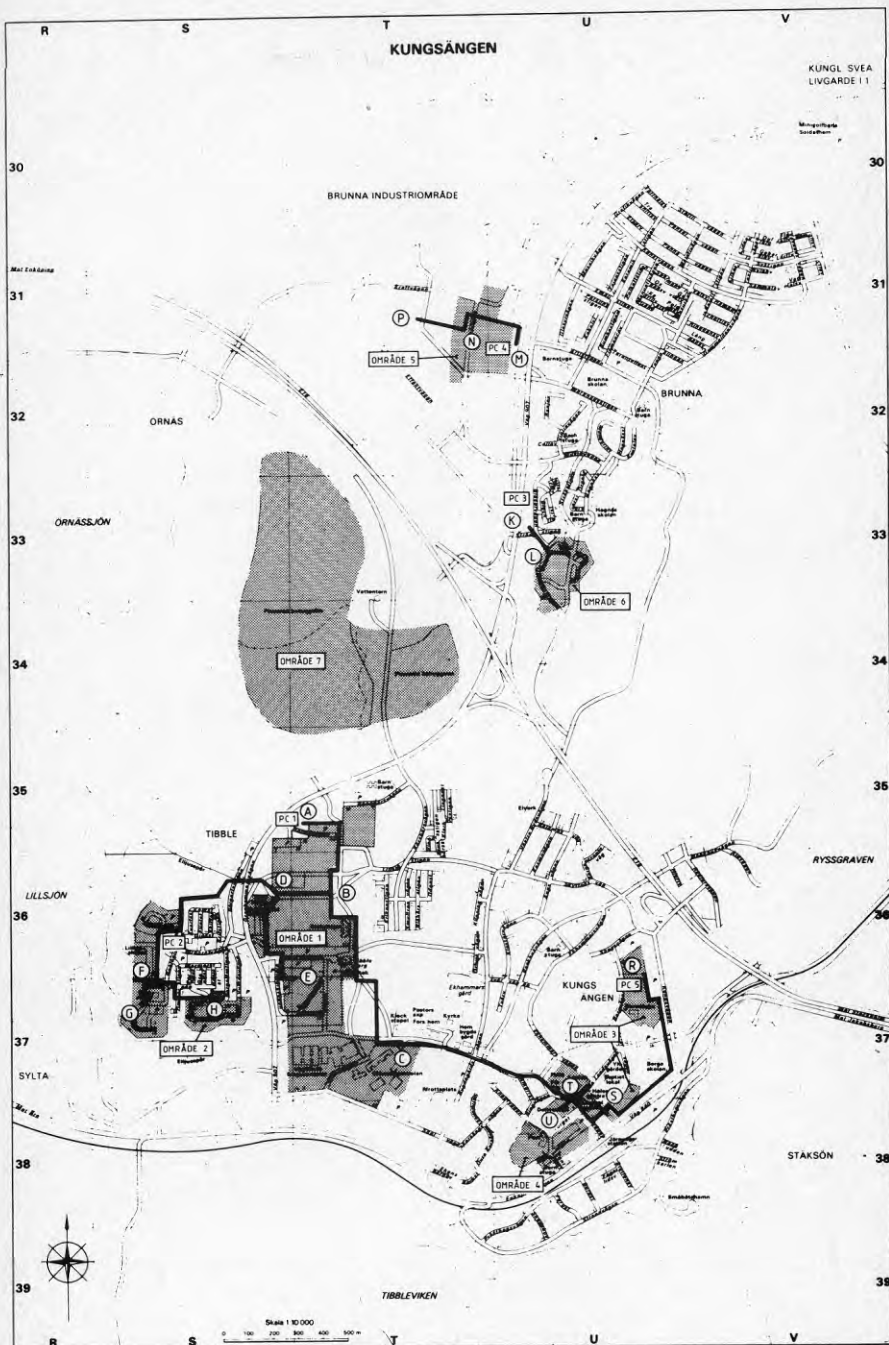
Vissa av Stiftelsen Upplands-Bro Hus fastigheter har även förutsättningar för frånluftsvärmepumpar som skulle arbeta på radiator- och varmvattenkretsarna. Beträffande de kommunalt anslutna fastigheterna i form av skolor och daghem, gäller även att driften av ventilationsaggregaten där så ej redan skett bör anpassas till de tider som lokalerna används.

Av de privata företagen har B&W den största potentiella energibesparingsmöjligheten i och med att de befintliga kylinstallationernas kondensorvärme kan återvinnas.

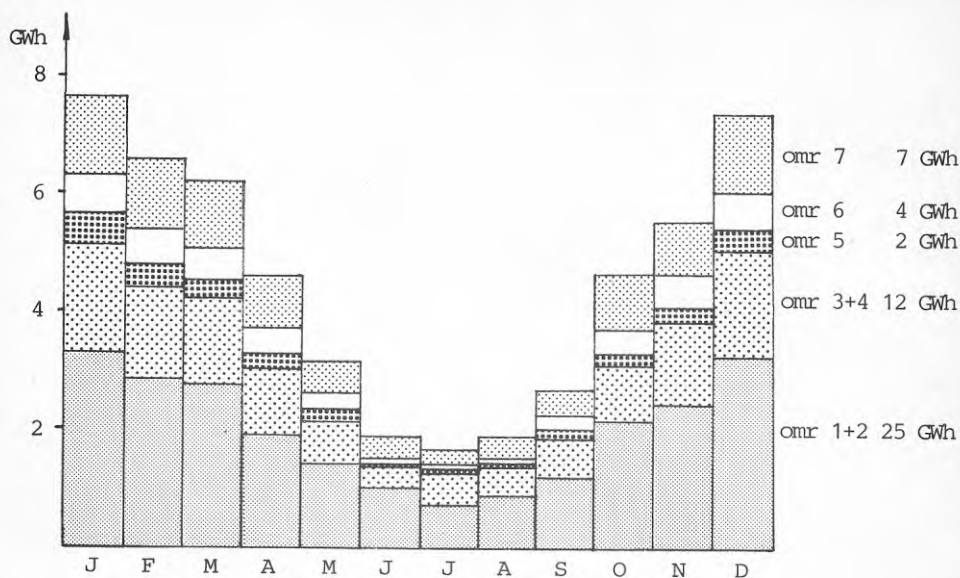
Den totalt möjliga energibesparingen inom det studerade området bedöms till värden enligt Tabell 2.1.

2.3 Bedömt framtida värmebehov

Planer finns inom HSB Stockholm och Upplands-Bro kommun för två större separata nybyggnadsprojekt.



Figur 2.1 Befintliga och planerade områden med gemensam uppvärmning samt lägen för panncentraler.



Figur 2.2 Schematiskt bedömda värmebehov.

Tabell 2.1 Bedömda energisparmöjligheter i Upplands-Bro.

Fastighetsägare	Besparingsmöjlighet	
	Energi (MWh)	Effekt (kW)
Upplands Bro Kommun	670	280
HSB Stockholm	4 770	2 000
Stift Upplands-Bro Hus	3 330	1 070
Övriga	930	390
SUMMA	9 700	3 740

HSB Stockholm har planer att mellan 1988 och 1995 uppföra ca 1 200 lägenheter, medan Upplands-Bro kommun planerar ett nytt Kungsängens centrum på totalt ca 38 400 m².

De bägge projekten uppförs under en tid, när större hänsyn än tidigare tas till energifrågor från myndigheter och beställare. Med hänsyn till detta uppskattas energi- och effektbehovet för dessa områden till totalt 9,6 GWh och 4,0 MW.

Det totala framtida värmebehovet för hela det studerade området kan således komma att uppgå till de tidigare angivna ca 50 GWh/år. Om energisparpotentialen maximalt utnyttjas kommer dock detta behov att reduceras till ca 40 GWh/år. Man kan därför behöva räkna med att knyta samman samtliga områden 1-7 för att uppnå värmeunderlaget 40 MWh/år. Konsekvenserna av detta diskuteras i Kapitel 6.

3 NUVARANDE OCH PLANERAD FJÄRRVÄRMEFÖRSÖRJNING

3.1 Nuvarande situation

Fjärrvärme distribueras f n i fyra olika lokala system enligt Figur 2.1. Huvuddelen av värmen produceras i oljeeldade panncentraler. I flera av panncentralerna finns också elpannor (PC1 6 MW, PC3 1 MW och PC4 2 MW).

3.2 Studerade framtida möjligheter

Ett antal alternativa möjligheter för oljeersättning i den framtida fjärrvärmeförsörjningen har nyligen utretts, Holmström m fl (1983). Härvid förutsattes att samtliga delområden 1-7 alternativt endast områdena 1-4 knyts samman i ett gemensamt system. De värmeproduktionsalternativ som studerades var:

För område 1-7

A1 4 MW sopor + 6 MW kol

A2 10 MW kol

För område 1-4

B1 4 MW sopor + 5 MW kol

B2 8 MW kol

B3 3,5 MW kolpulver (konverterad oljepanna)

B4 4 MW sjövärmepump

B5 2,5 MW avloppsvärmepump

Härtill kommer i samtliga alternativ oljepannor för att klara det maximala effektbehovet.

Den beräknade kostnaden för värmeproduktion inklusive kapitalkostnader för nyinvesteringar var i de olika alternativen 0,20-0,25 kr/kWh. Alternativet med avkopplingsbar el som enda komplement till oljepannorna har ej studerats och behandlas ej heller i denna utredning.

Vid övergång till fastbränsleeldning eller värmepumpar med låga rörliga kostnader skulle möjligheten att säsongslagra värme kunna bli intressant. En sopförbränningsanläggning skulle t ex kunna köras med full effekt året runt om värmeöverskottet sommartid kunde lagras till vintern. En anläggning av en viss storlek skulle med ett lager således under gynnsamma driftbetingelser ge en större oljeersättning än samma anläggning utan lager.

För att belysa vinsterna med säsongsvärmelagring har i det följande studerats hur värmeproduktionskostnaderna påverkas i alternativen A1, B1 och B4 om dessa kompletteras med ett säsongsvärmelager av lämplig storlek.

4 ENERGIGEOLOGI

4.1 Allmänna förutsättningar

4.1.1 Markvärmeteknik

Ett antal metoder har utvecklats för utvinning och lagring av värme i mark med hjälp av värmepump vilka lämpar sig vid olika geologiska förhållanden.

Ytjordvärme lämpar sig bäst där de ytliga jordlagren består av finkornigt material såsom lera och silt, där det är lätt att gräva eller på annat sätt föra ner det erforderliga slangsystemet till ca 1-1,5 m djup.

Grundvattenvärme kan utnyttjas där det är möjligt anlägga grundvattenbrunnar med en kapacitet av minst ca 0,5 l/s. Detta är möjligt i borrarade eller grävda brunnar i relativt grovkornigt material (sand och grus), främst isälvsavlagringar. Även bergborrade brunnar i sprickrikt och därmed starkt vattenförande berg kan ge tillräckliga vattenmängder.

Bergvärme kan utnyttjas i bergborrade brunnar där grundvattentillgången ej är tillräckligt stor för att medge direkt grundvattenvärme och lämpar sig således överallt där berg går i dagen eller endast täcks av ett tämligen tunt jordtäckte.

Bottensedimentvärme, som i princip fungerar som ytjordvärme, där man utnyttjar den värme som sommardagras upp i sjöars bottensediment, kan utnyttjas för bebyggelse i nära anslutning till sjöar.

Ovan nämnda markvärmesystem har främst prövats för enstaka eller mindre grupper av enfamiljshus. De lämpar sig i första hand där man med en anläggning kan ersätta minst ca 5 m³ olja per år.

I större system blir det aktuellt med återladdning av värme i marken, som härigenom fungerar som säsongsvärmelager.

Värmelagring i grundvatten kan lämpa sig för gruppcentraler och fjärrvärmesystem som ligger i anslutning till stora isälvsavlagringar där den naturliga grundvattentillgången ej ger tillräckligt stora värmemängder.

Värmelagring i lera kan lämpa sig för mindre gruppcentraler som ligger i anslutning till områden med minst ca 10-15 m djupa lerlager.

Värmelagring i berg kan lämpa sig i system från mindre gruppcentraler upp till stora fjärrvärmesystem, där värmecentralen ligger i anslutning till områden med sprickfritt berg i dagen eller nära under markytan, helst med en ytligt liggande grundvattennivå.

4.1.2 Geologiska förhållanden

Upplands-Bro kommun är nästan helt omgiven av Mälaren. Landskapet är genomkorsat av dalar som lerfyllts då landet höjts ur vattnet. Mellan dalarna utbreder sig berg- och moränområden. I dessa områden finns även lera som avsatts under istiden.

Geologin runt huvudorten Kungsängen och upp till Brunna är intressant i denna studie. Området ligger längs den lerfyllda dalgång som sträcker sig från Tibbleviken i nordöstlig riktning upp till Brunna, se Figur 4.1. Öster om dalgången ligger ett långsträckt berg- och moränområde vars östra begränsning utgörs av Mälaren. I anslutning till berg-moränområdet väster om dalen finns två sjöar - Lillsjön och Örnässjön. De bägge moränområdenas höjdpunkter ligger på nivån ungefär +50 m. Dalgångens botten ligger vid Kungsängen på knappt +10 m och vid Brunna på knappt +20 m. Örnässjöns och Lillsjöns vattenytor ligger bägge på ungefär +20 m.

Dalen är smalast uppe vid Brunna och vidgar sig successivt ner mot Kungsängen där mindre berg- och moränklackar sticker upp ur leran.

Bebyggelsen i Kungsängen är koncentrerad i två grupper som klättrar upp längs höjdsidorna på vardera sidan om dalbotten. Den östra delen av bebyggelsen fortsätter ända fram till Mälaren.

Söder om bebyggelsen och gamla Enköpingsvägen utbreder sig ett större område odlad mark med mäktiga lerdjup.

Brunnabebyggelsen ligger väster om dalens norra ände på ett relativt plant morän-bergområde. I anslutning till bebyggelsen finns ett industriområde som utbreder sig på det lerområde som ligger nordväst om Brunna.

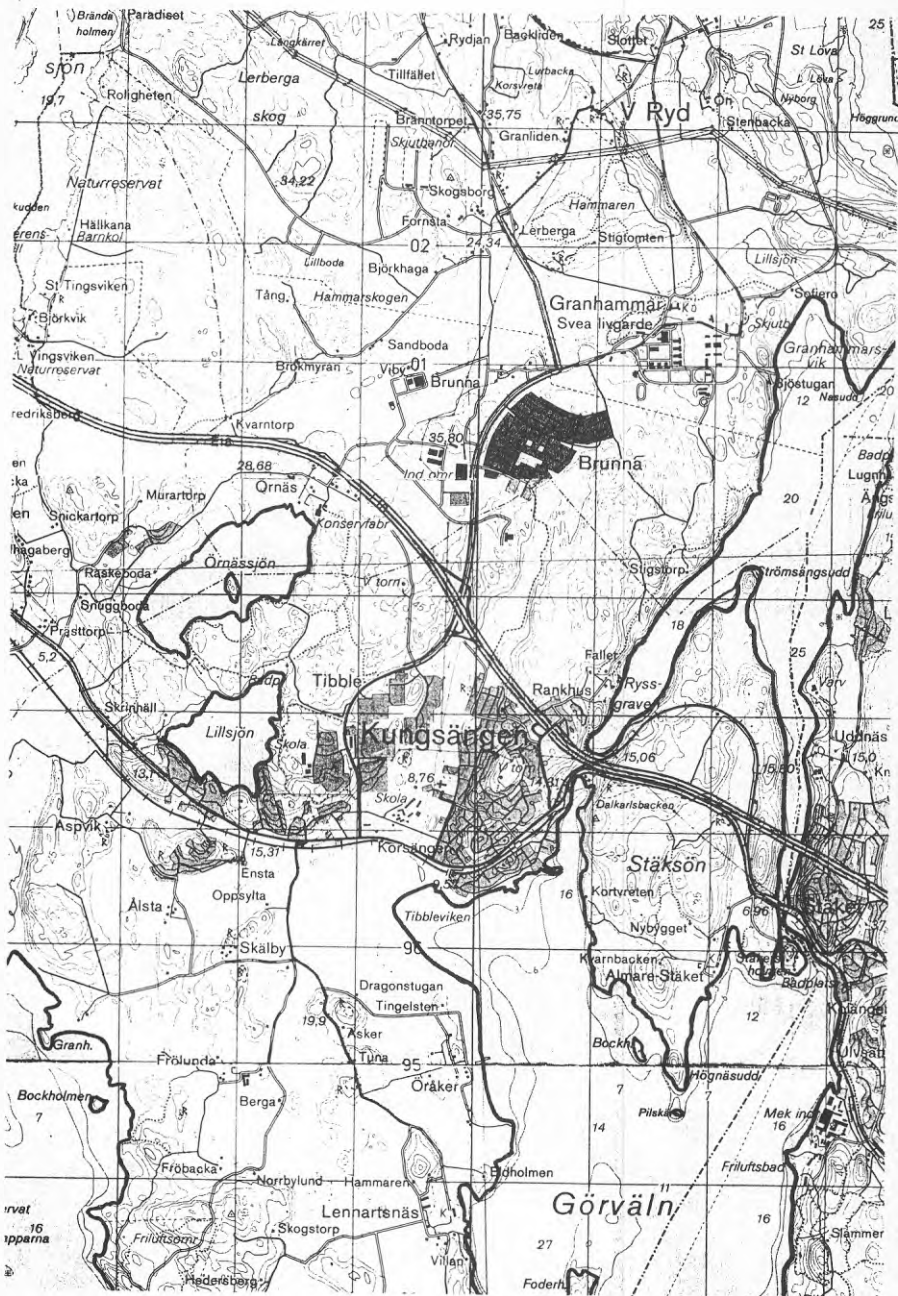
Berggrunden utgörs främst av äldre gnejsgraniter.

4.2 Förutsättningar för direktutnyttjande av markvärme

4.2.1 Värmeunderlag för markvärme

Grundvattenvärme är den enda storskaliga tekniken för markvärmeuttag utan återladdning. Inga grundvattenförande formationer finns dock i området som medger större uttag av grundvatten för värmeutnyttjande. Utnyttjande av markvärme är därför endast intressant för enskilda, mindre förbrukare som ligger utanför fjärrvärmeområdet och dessutom har vattenburen värme.

Individuell, vattenburen värme finns främst i villabebyggelsen i Gamla Kungsängen samt i området kring Skyttens väg söder om E18. Värmebehovet uppgår schablonmässigt till ungefär 6 GWh/år, fördelat på 250 hus.



Figur 4.1 Kungsängen - Tibble - Brunna.

4.2.2 Geologiska förutsättningar

De hus som skulle kunna värmas upp genom direkt utnyttjande av markvärme ligger således samlade på och nedanför berg-moränområdet öster om den större lerdalen. Området är som nämnts ett markerat höjdområde med stora nivåskillnader och den morän som finns är troligen grund. Lera finns företrädevis på de västra och södra sluttningarna, men även inne i området finns ett mindre sedimentområde.

Bergkroppen förefaller rätt tät och försök till grundvattenuttag för värmeförsörjning rekommenderas ej. Däremot kan s k energibrunnar anläggas där värmen tas ur berget. Moräntäcket är troligen ej alltför tjockt för att vara besvärande.

För de hus som ligger på lera är det möjligt att anlägga jordvärmeslingor. Detta kräver måttliga jorddjup och kan därför tillämpas för ett flertal hus på sluttningarna som har tillräckligt stora tomter, dvs ca 400-500 m² uppgrävningsbar yta. För några av dessa hus torde det alternativt vara möjligt att utnyttja bergvärme.

4.2.3 Slutsatser

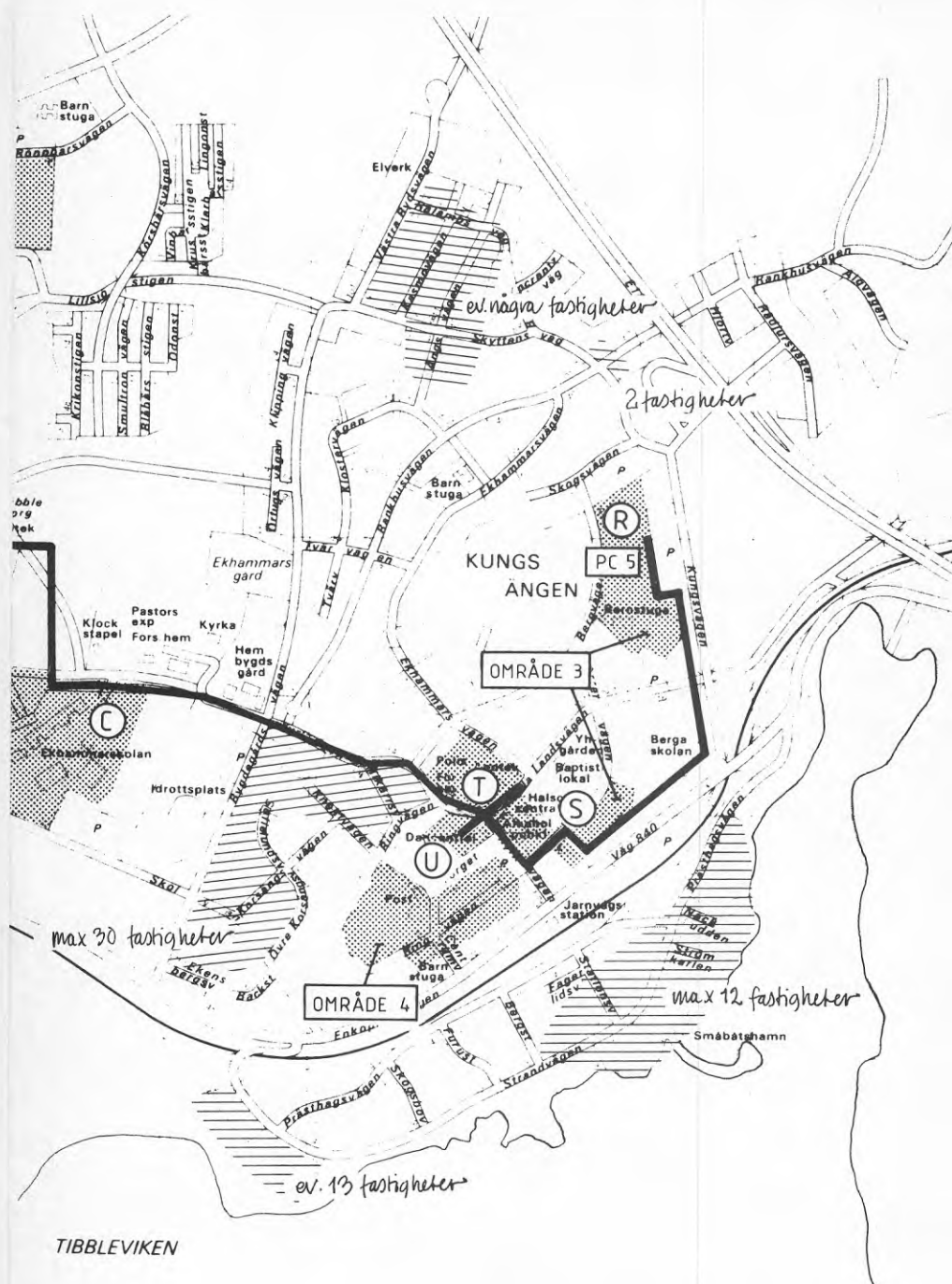
Uttag av värme ur marken utan återladdning är teoretiskt möjlig för en stor del av husen i Gamla Kungsängen och norr därom som saknar kollektiv värmeförsörjning. De tekniker som därför kan vara aktuella är ytjordvärmesystem och bergvärme ur ca 150 m djupa energibrunnar. Jordvärme kan bli aktuellt för maximalt 40 fastigheter, bergvärme för något fler.

De områden med fastigheter som har möjlighet till ytjordvärme är markerade på Figur 4.2. Bergvärme är i princip aktuellt för samtliga fastigheter som ligger inne i själva berg-moränområdet, dvs nästan all övrig bebyggelse i Gamla Kungsängen samt bebyggelsen norr därom och öster om Ängsvägen.

För fastigheterna väster om Ängsvägen, som alla ligger på lera, är tomterna för små för att kunna ackumulera tillräckligt mycket värme i ytan. Någon enskilda fastighet kan dock vara tillräckligt stor. Samtidigt är troligen lerdjupen så stora att det ej är lönsamt att anlägga bergvärmebrunnar.

För små tomter för ytjordvärme har också det tiotal hus på Strandvägen som ligger invid Tibbleviken. Här skulle man dock kanske kunna utnyttja den allmänning som ligger mellan tomterna och vattnet.

De tomter som är tillräckligt stora för att medge ytjordvärme är väl uppväxta och man kan därför förvänta sig en viss motvilja till det relativt omfattande anläggningsarbete som nedplöjningen av en markvärmekollektor innebär. Beträffande bergvärme kan det bli nödvändigt att skapa något system för återladdning om samtliga fastighetsägare skulle välja denna energiförsörjningsform.



Figur 4.2 Områden med fastigheter som har geologiska förutsättningar för individuell ytjordvärme.

Återladdning kan t ex ske med hjälp av billig sommar-el eller luftkonvektorer.

För bägge teknikerna gäller att värmen som tas ur marken måste utnyttjas tillsammans med en värmepump. Med en värmefaktor på drygt 2 måste då knappt hälften av energin tillföras i form av drivel till värmepumparna.

4.3 Förutsättningar för värmelagring i mark i Upplands-Bro

4.3.1 Ur värmeteknisk synpunkt intressanta lägen för värmelager

Den lämpligaste placeringen för ett värmelager ur systemteknisk synpunkt är i anslutning till värmeproduktionsanläggningen eller i anslutning till ett så stort värmeunderlag att värmelagrets effektkapacitet får en lång utnyttjningstid. En placering av lagret ute i distributionsnätet kan bli innebära komplikationer om lagret ej förmår leverera tillräckligt höga temperaturer för distributionsnätets framledning.

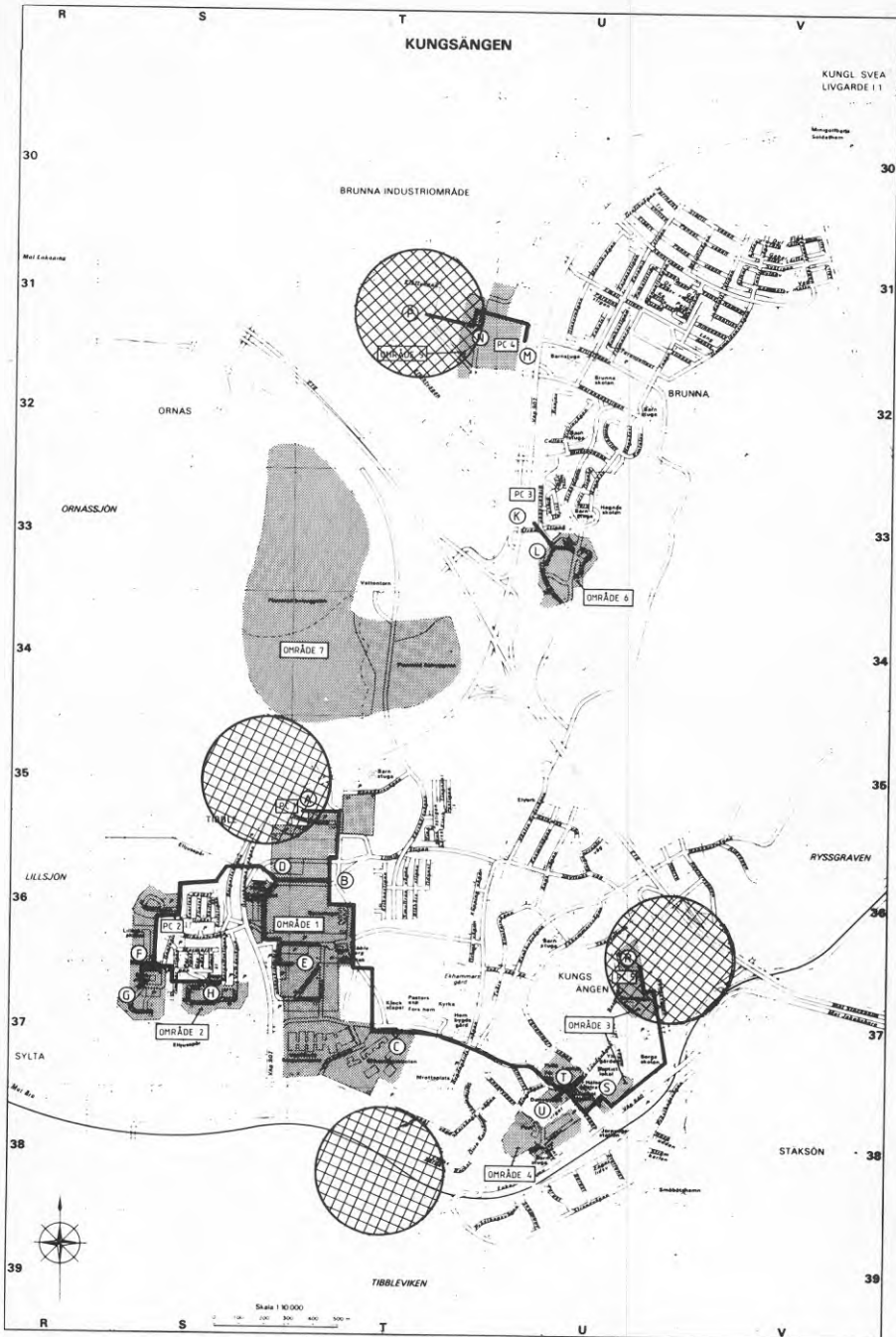
Av dessa skäl är för det studerade värmedistributionsnätet i Upplands-Bro de intressanta platserna för ett värmelager i anslutning till någon av de tilltänkta platserna för en framtida värmecentral, se Figur 4.3. I det sydligaste angivna läget kan ett värmelager i lera vara aktuellt medan det i övriga fall är fråga om värmelager i berg.

Den maximala kapaciteten som kan komma ifråga för ett värmelager är i storleken 20 % av det totala värmebehovet, vilket i detta fall är ca 10 GWh. Den specifika lagringskapaciteten för värmelagret är ungefär 25 kWh/m³ om man förutsätter ett temperatursving i lagret på 40°C. Den maximalt erforderliga lagervolymen är således ca 400 000 m³. För ett lager i lera, som i detta fall kan göras maximalt ca 25 m djupt, krävs då en yta av ca 16 000 m². För ett lager i berg som kan göras minst ca 100 m djupt och dessutom ges en konisk form, blir erforderlig markyta högst ca 3 000 m².

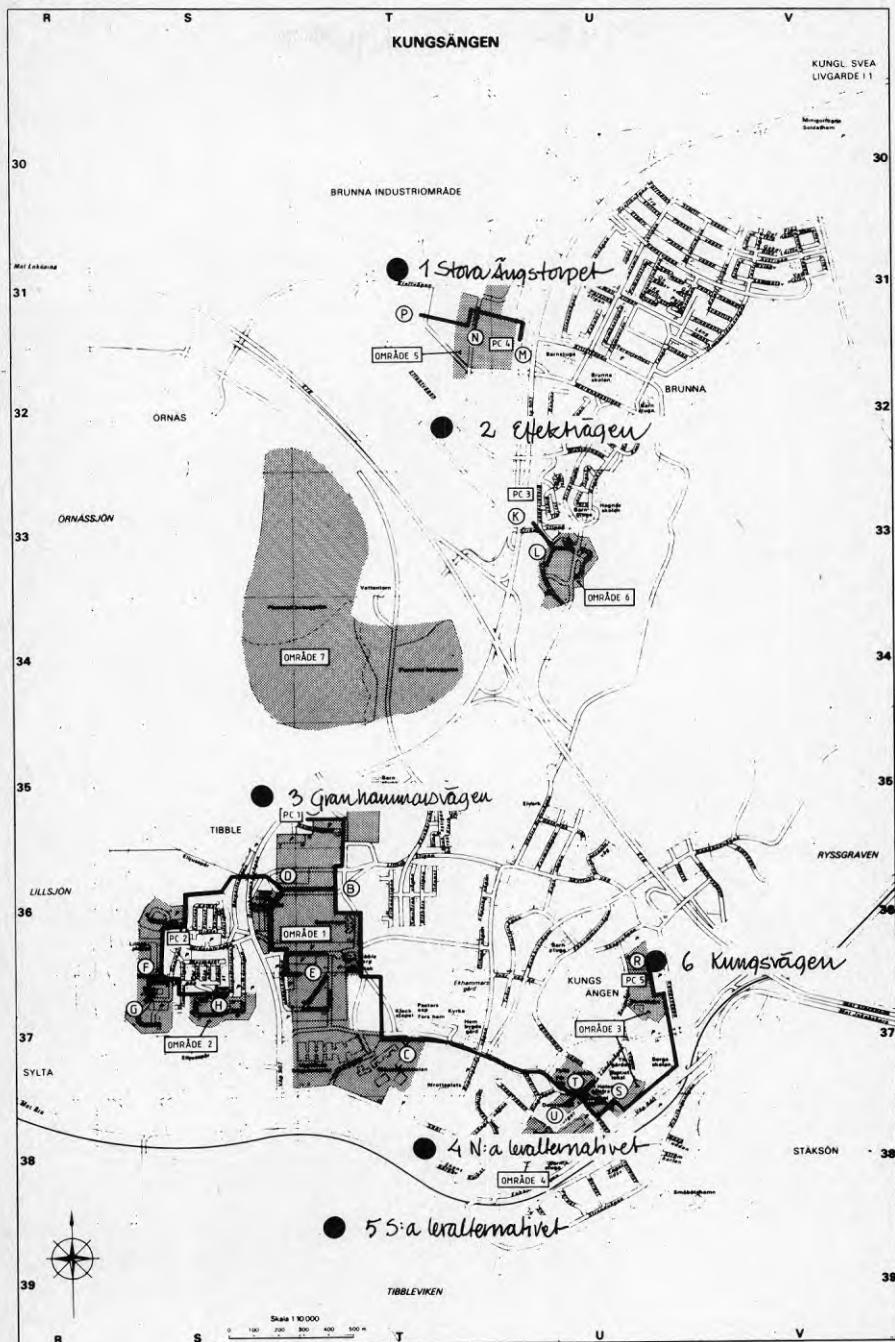
4.3.2 Geologiska förutsättningar

De lägen för värmelager som diskuteras i det följande är numrerade (1-6) och finns markerade på planen, Figur 4.4.

I området vid panncentral 4, där en ny sopförbränningsstation eventuellt ska byggas, är terrängen mycket kuperad. Uppstickande bergknallar i det intilliggande lerområdet antyder också en mycket ojämn bergyta och ställvis stora jordmäktigheter. Området är till större delen skogsklätt och moränen som dominerar är närmast att betrakta som storblockig.



Figur 4.3 Värmetekniskt lämpliga områden för värmelager.



Figur 4.4 Undersökta lägen för säsongsvärmelagring.

I själva industriområdet är marken utplanad och byggnaderna således till stor del grundlagda på fyllningsmassor. Området erbjuder alltså inga uppenbart lämpliga lägen för ett borrhålslager.

Norr om Kraftvägen, vid Stora Ängstorpet, finns dock en öppning i skogen som möjligen skulle kunna användas (1). Troligt är dock att den lertunga som sticker upp i området är underlagrad av morän och att bergytan under denna är alltför ojämn för att platsen ska kunna utnyttjas.

Ett något bättre läge för ett borrhålslager vid industriområdet är förmodligen den våtmark som ligger söder om Effektivvägen, mittemot Energivägen (2). Marken är där någorlunda plan med ytligt liggande berg, som förmodligen är tätt eftersom våtmarken bildats. Ytan är dessutom lättillgänglig. För bägge ytorna vid industriområdet gäller att jordbergsonderingar måste göras innan något mera bestämt kan sägas om ytornas användbarhet.

Panncentral 1 ligger i kanten av den lerfyllda dal som går tvärs igenom området. För att hitta ett område som är lämpligt för lagring av högtempererad spillvärme måste man därför leta väster om Granhammarsvägen i det berg- och moränområde som finns där. Området är dock så kuperat att det är svårt att finna ett lämpligt läge. Det lutar ner mot lerområdet där höga artesiska vattentryck uppmätts. Man kan därför förvänta sig att grundvattnet rör sig relativt snabbt. Mittemot panncentralen finns dock en sänka med relativt plan yta och stillastående grundvatten (3). Ytan är dock relativt svår att nå, och med tanke på de anläggningstekniska problem som måste lösas för att man ska kunna utnyttja en sankmark, kan inte heller denna yta utan vidare rekommenderas.

I det fall man väljer att anlägga en sjövärmepump och ett lager som förhöjer utnyttjandet av denna kan man anlägga ett lager i lera. Lerområdet väster om Tibbleviken vid gamla Enköpingsvägen lämpar sig för detta ändamål. Norr om vägen har lerdjup på 20 m mätts upp, och söder om vägen finns djup på minst 11 m. Troligt är dock att man även söder om vägen kan hitta områden med lerdjup på 15-20 m. Norr om vägen skulle ett lämpligt läge vara på den obebyggda ytan intill Bygdegårdsvägen mellan idrottsplatsen och gamla Enköpingsvägen (4). Söder om vägen (5) finns ingen bebyggelse att ta hänsyn till eftersom marken är odlad. För att finna lämpligaste läge här, måste man kartlägga lerdjupen genom enkla sonderingsborrningar.

Alternativt kan sjövärmepumpen kombineras med ett borrhålslager i berg. För detta ändamål är den stora parkeringsplatsen längs Kungsvägen lämplig (6). Parkeringsplatsen ligger i en topografisk sadelpunkt i det väl sammanhängande berg-moränområdet

väster om Stäksön och Ryssgraven. Intill den föreslagna ytan, som ligger på delvis plansprängt berg, blottas berget i vägens skärning med detsamma. Den omkringliggande markens lutning är liten vilket bör ge en liten gradient hos grundvattnet. Någon större grundvattenströmning genom den utvalda platsen torde därför ej ske.

4.3.3 Slutsatser

Ur geologisk synpunkt synes det bästa läget för ett värmelager i berg vara vid panncentral 5 vid sundet mot Stäketön. Ett värmelager som skulle laddas med sjövärme kan också med fördel anläggas i leran innanför Tibbleviken. Leran är djup och väl vattenmättad. Eftersom området saknar bebyggelse behöver man ej befara skador i samband med den förändring av lerans egenskaper som eventuellt kan bli resultatet av uppvärmningen. Man bör dock ej lägga ett lerlager alldeles intill järnvägen.

Önskvärt är att hitta ett läge i närheten av huvudanläggningen för produktionen av värme, där man efter en samman- och utbyggnad av fjärrvärmenätet skulle ha tillgång till hela fjärrvärmeflödet.

Väljer man således sopeldning i stället för en sjövärmepump bör man mer ingående undersöka marken i fält för att ytterligare klarlägga möjligheterna att hitta ett lämpligt ställe i anslutning till sopstationen.

5.1 Allmänna principer och tekniska lösningar

Syftet med ett värmelager är alltså att kunna ersätta dyrt bränsle, främst olja, under höglasttid med ett billigare bränsle med vilket man under låglasttid producerat värme som sedan lagrats.

I det studerade systemet i Upplands Bro skulle det kunna vara intressant att säsongslagra sopförbränningsvärme eller naturvärme från en sjövattnenvärme-pump. Med hänsyn till systemets storlek blir lagret relativt litet och för att värmeförlusterna ej skall bli stora måste lagret ligga vid en relativt låg temperaturnivå. Värmepump blir då nödvändig för att tömma lagret. Värmepumpen ger samtidigt möjlighet att skapa ett stort temperatursving i lagret.

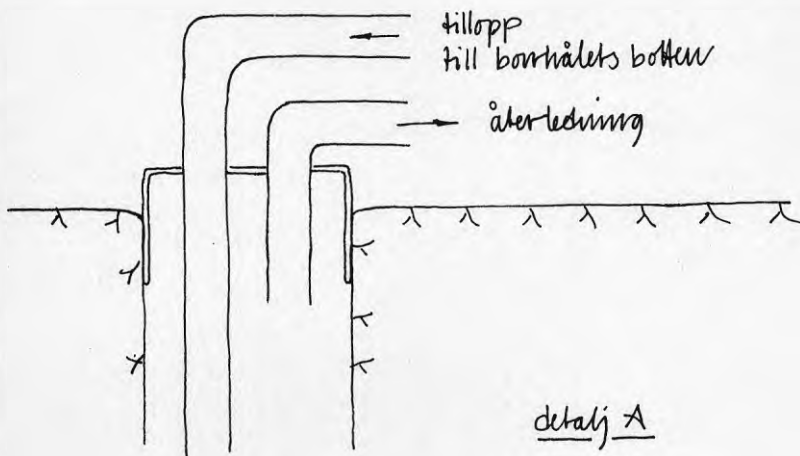
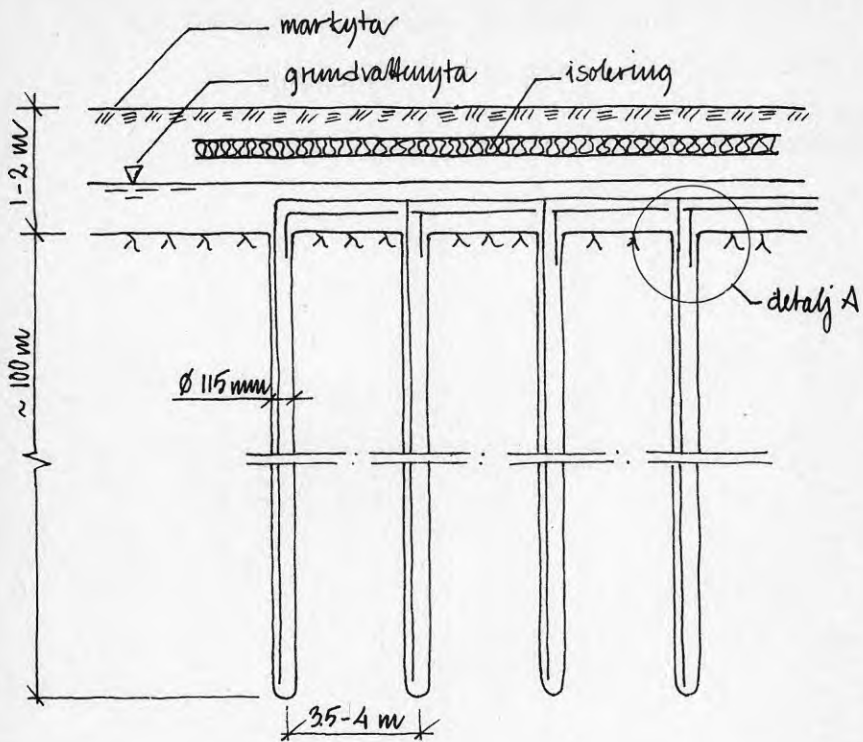
I kalkylerna i det följande förutsätts att ett lager dimensioneras med 40°C temperatursving och ca 40°C medeltemperatur. Lagringsförlusten blir härigenom vid de aktuella lagerstorlekarna ca 20 % av den inladdade energimängden. Lagret förutsätts bli av typ borrhålslager med utformning i princip såsom den prototypanläggning som byggts vid Tekniska Högskolan i Luleå och som f n är under utvärdering, Andersson, m fl (1982). Genom lokalisering till en plats med lämpliga geologiska förutsättningar bedöms den specifika kostnaden för lagret inklusive anslutningsledningar och värmeväxlare bli så låg som ca 20 kr/m³. Den principiella utformningen av lagret visas i Figur 5.1. Samlingsledningarna ska ligga under grundvattenytan så att undertryck ej behöver uppstå. Kravet på tätningar mellan borrhål och anslutningsledningar blir då också måttlig. Någon korttidsackumulator i form av vattentank eller berggrum har ej övervägts p g a systemets begränsade storlek.

5.2 Värmelager i kombination med sopeldning

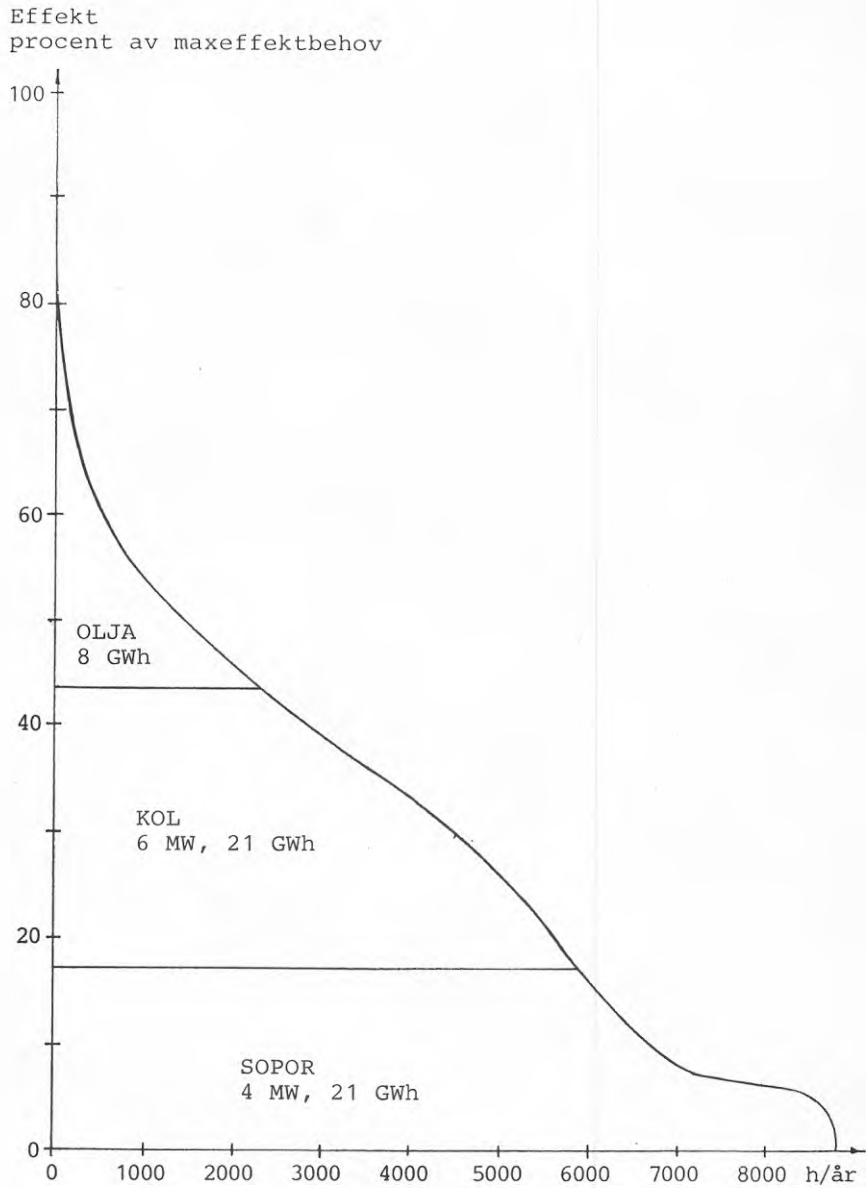
5.2.1 System med värmebehov 50 GWh/år

I alternativ A1 enligt avsnitt 3.2 installeras 4 MW sopvärmeeldning och 6 MW koleldning (stybbkol). Energitäckningen blir då enligt Figur 5.2. Oljebehovet reduceras från 40 till 8 GWh/år.

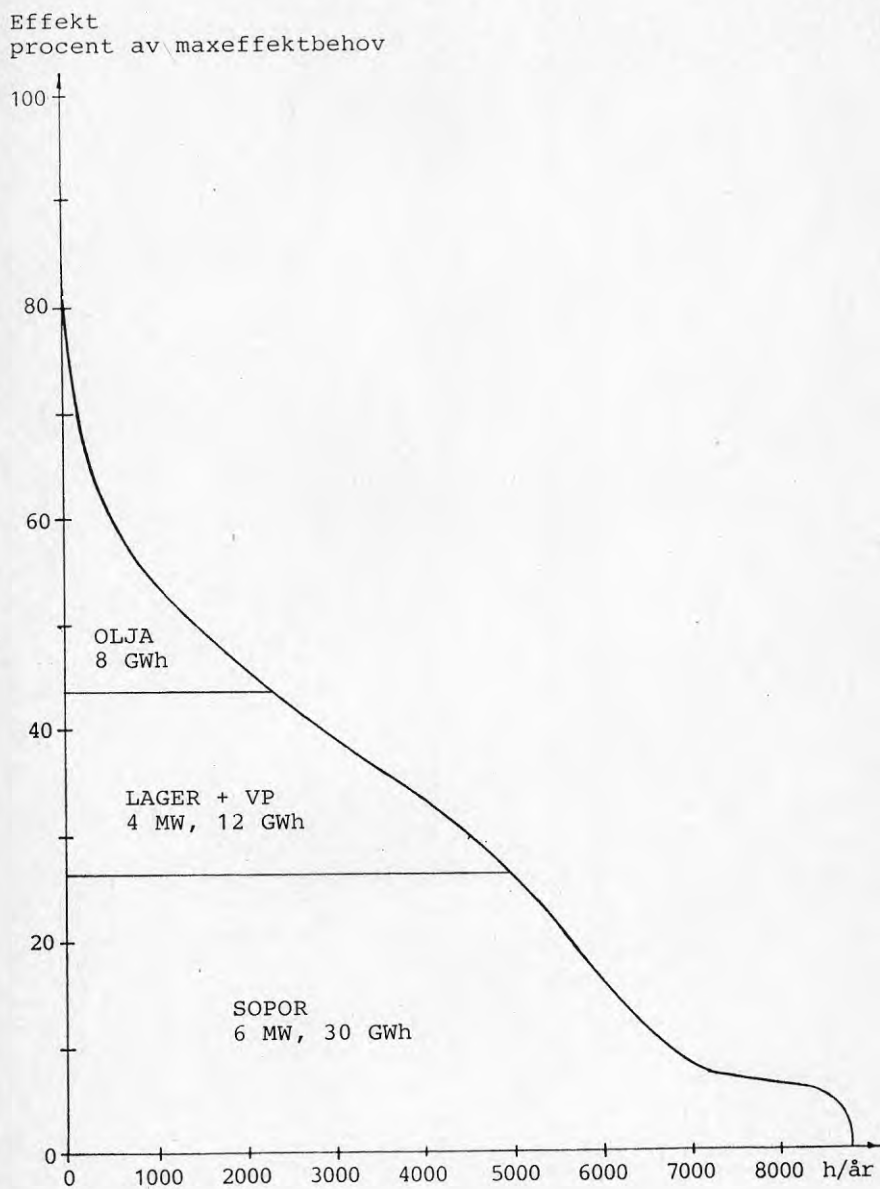
Genom att anlägga ett värmelager och utöka storleken på sopeldningsanläggningen till 6 MW kan koleldningsdelen uteslutas. Värmelagret töms härvid med hjälp av en värmepump på 4 MW. Värmepumpen levererar totalt 12 GWh/år, se Figur 5.3 varav ca 3 GWh är drivel (värmefaktor 4) och 9 GWh är lagrad sopvärme. Erforderlig lagervolym blir härigenom ca 430 000 m³.



Figur 5.1 Principiell utformning av borrhålslager i berg.



Figur 5.2 Effektvaraktighetsdiagram alternativ A1 utan lager.



Figur 5.3 Effektvaraktighetsdiagram alternativ A1 med lager.

5.2.2 System med värmebehov 37 GWh/år

I alternativ B1 enligt avsnitt 3.2 installeras 4 MW sopvärmeanläggning och 5 MW koleldning. Energitäckningen blir då enligt Figur 5.4. Oljebehovet reduceras från 37 GWh till 5 GWh/år.

Genom att anlägga ett värmelager och utöka storleken på sopeldningsanläggningen till 4,5 MW kan koleldningsdelen uteslutas. Värmelagret töms med en värmepump på 2,5 MW. Värmepumpen levererar totalt 8 GWh/år, se Figur 5.5, varav ca 2 GWh är drivvel och 6 GWh är lagrad sopvärme. Erforderlig lagervolym blir härvid ca 290 000 m³.

5.3 Värmelager i kombination med sjövärmepump

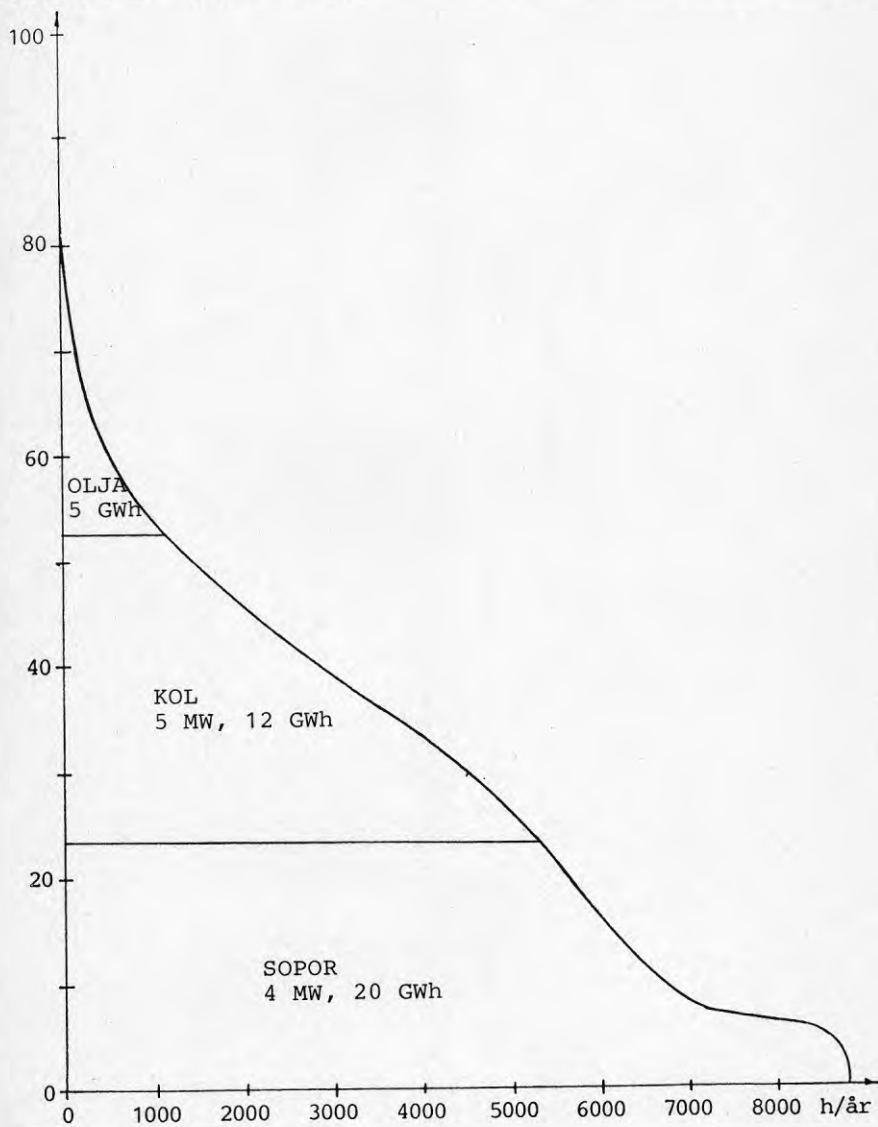
I alternativ B4 enligt avsnitt 3.2 installeras en 4 MW sjövärmepump. För att uppnå en lämplig energitäckningsgrad bör dock den installerade effekten ökas. I det följande räknas därför med 7 MW installerad effekt. Energitäckningen blir då enligt Figur 5.6. Oljebehovet blir 7 GWh/år.

Om värmekällan är begränsande under vintern skulle man kunna tänka sig att sommartid ladda ett säsongsvärmelager med värmepumpen för att under vintern kunna köra med reducerad effekt på sjövärmelagret. Energitäckningen skulle kunna bli enligt Figur 5.5 men med sopeldningen ersatt med sjövärmepump. För att ett sådant alternativ skall bli intressant krävs att värmekällan verkligen är begränsande och/eller att eltaxan är starkt säsongsdifferentierad.

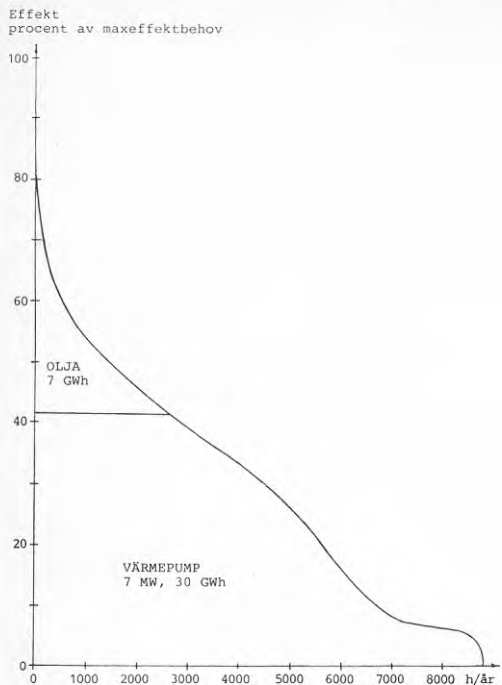
5.4 Värmelager i kombination med elpanna

Om eltaxan vore starkt differentierad skulle det kunna vara lönsamt med ett säsongslager för värme producerad med billig sommarel. Lagret skulle sedan tömmas med hjälp av en värmepump med god värmefaktor. Eftersom ett värmelager är en relativt långsiktig investering och eftersom tillgängligheten på billig avkopplingsbar el även utan värmelager troligen blir hög under en relativt lång tid framöver, har ett sådant alternativ ej bedömts vara intressant för Upplands-Bro. Det har därför ej behandlats vidare i denna rapport.

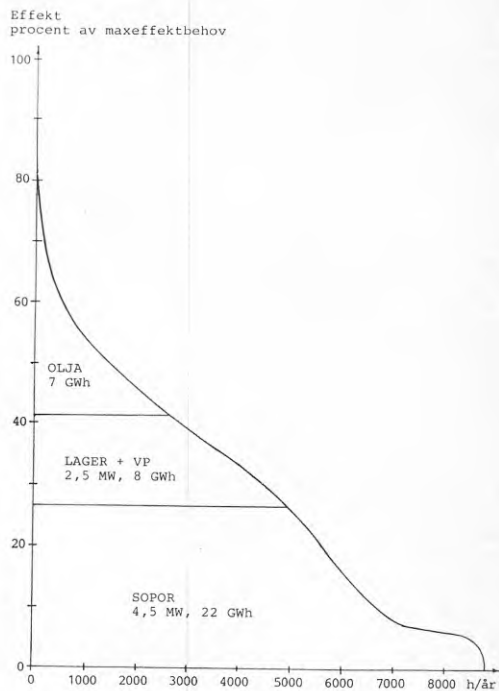
Effekt
procent av maxeffektbehov



Figur 5.4 Effektvaraktighetsdiagram alternativ B1 utan lager.



Figur 5.6 Effektvaraktighetsdiagram alternativ B4 utan lager (sjövärmepump 7MW).



Figur 5.5 Effektvaraktighetsdiagram alternativ B1 med lager.

6 EKONOMI FÖR SÄSONGSVÄRMELAGER

6.1 Investeringskostnader

Utgående från antagandena i en tidigare utredning, Holmström (1983), har en bedömning gjorts av investeringskostnaderna för alternativen A1, B1 och B4 enligt ovan med och utan säsongsvärmelager.

För värmeproduktionsanläggningarna har följande specifika kostnader antagits

- sopeldning	3 500 kr/kW
- värmepump	2 000 kr/kW
- koleldning	1 800 kr/kW
- värmelager inkl anslutningar och värmeväxlare	20 kr/m ³ .

Investeringskostnaderna för erforderliga utbyggnader av distributionsnätet har beräknats till 11,3 Mkr för en sammanbyggnad av hela systemet och till 4,8 Mkr om endast områdena 1-4 byggs samman. De totala investeringskostnaderna blir med dessa förutsättningar enligt Tabell 6.1. (Beteckningen L avser alternativ med värmelager.)

Tabell 6.1 Investeringskostnader (Mkr)

Alternativ	A1	A1L	B1	B1L	B4	B4L
sopeldning	14,0	21,0	14,0	15,8	-	-
koleldning	10,8	-	9,0	-	-	-
värmepumpar	-	8,0	-	5,0	14,0	14,0
oljeeldning	-	-	-	-	5,0	5,0
värmelager	-	8,6	-	5,8	-	5,8
kulvertar	<u>11,3</u>	<u>11,3</u>	<u>4,8</u>	<u>4,8</u>	<u>4,8</u>	<u>4,8</u>
totalt	36,1	48,9	27,8	31,4	23,8	29,6

6.2 Värmeproduktionskostnader

För beräkning av de totala värmeproduktionskostnaderna har följande antaganden gjorts.

Den reala kalkylräntan har satts till 6 %, avskrivningstiden för värmeproduktionsanläggningen till 15 år och för värmelager och kulvertar till 30 år, vilket ger annuiteterna 10,3 resp 7,3 %.

Energipriserna har antagits vara följande (nettokostnader)

- sopor	0	kr/kWh	
- kol	0,11	kr/kWh	
- olja	0,21	kr/kWh	
- el			
sommarvärmepump	0,14	kr/kWh	(inkl skatt 3,2 öre/kWh)
vintervärmepump	0,20	kr/kWh	- " -
hjälpel	0,27	kr/kWh	- " -

De årliga drift- och underhållskostnaderna har antagits till följande belopp (i % av investeringskostnaderna)

- sopor	4	%
- kol	4	%
- olja	2	%
- värmepump	2	%
- kulvertar och lager	1	%
- försäkringar	0,5	%

Personalkostnaderna har förutsatts vara 150 kkr/person och år och erforderlig bemanning 14 personer vid fastbränsleledning och 5 vid värmepumpdrift.

Elkostnaderna har beräknats med antaganden om en hjälpelförbrukning på 18 kWh/MWh för fastbränsleledning och värmefaktorerna 4,0 för lagervärmepump och 2,6 för sjövattnvärmepump.

De totala värmeproduktionskostnaderna för de sex studerade alternativen med de ovanstående kostnadsantagandena framgår av Tabell 6.2.

Tabell 6.2 Totala värmeproduktionskostnader (kkr)

Alternativ	A1	A1L	B1	B1L	B4	B4L
<u>Kapitalkostnader</u>						
- värmeprod	2 554	2 987	2 369	2 142	1 957	1 957
- lager	-	628	-	423	-	423
- distrib	825	825	350	350	350	350
totalt	3 379	4 440	2 719	2 915	2 307	2 730
<u>Drift och underhåll</u>						
- värmeprod	992	1 000	920	732	380	380
- lager	-	86	-	58	-	58
- distrib	113	113	48	48	48	48
- försäkr	180	245	139	157	119	148
- personal	2 100	2 100	2 100	2 100	750	750
totalt	3 385	3 544	3 207	3 095	1 297	1 384
<u>Energi</u>						
sopor	0	0	0	0	-	-
kol	2 310	-	1 320	-	-	-
olja	1 680	1 680	1 050	1 470	1 470	1 470
el						
sommarvp	-	-	-	-	540	1 090
vintervp	-	600	-	400	1 540	1 160
hjälpel	243	243	180	180	-	-
totalt	4 233	2 523	2 550	2 050	3 550	3 720
Summa (kkr)	10 997	10 507	8 476	8 060	7 154	7 834
Värmepr GWh	50	50	37	37	37	37
kr/kWh	0,22	0,21	0,23	0,22	0,19	0,21
kr/kWh, 50 GWh*	0,22	0,21	0,23	0,23	0,21	0,22

* mellanskillnaden mellan 37 och 50 GWh beräknas bli producerad för 0,25 kr/kWh.

6.3 Slutsatser

De studerade alternativen för värmeproduktion är i kostnadshänseende relativt likvärdiga med genomsnittliga värmekostnader i intervallet 0,21-0,23 kr/kWh. Sjövattnenvärmepumpen kan vara det gynnsammaste alternativet men sopförbränning med värmelager i största möjliga sammanbyggda system kan ge likvärdiga kostnader. Sopförbränning i ett litet system ger sämre ekonomi.

Ett värmelager kan vara ekonomiskt lönsamt i kombination med sopeldning men ej tillsammans med sjövattnenvärmepump om tillgängligheten för sjövattnet som värmekälla ej är mycket låg.

Om värmeproduktionen i det sammanbyggda systemet ej uppgår till mer än 40 GWh/år kommer värmekostnaden att öka 1-1,5 öre/kWh p g a sämre utnyttjande av distributionsnätet.

7 REKOMMENDATIONER

Denna studie visar att säsongsvärmelagring kan vara ett intressant komplement till en sopförbränningsanläggning i Upplands-Bro. Ekonomin är jämförbar med den för en stor sjövattnenvärmepump. Om sopeldningsanläggningen samtidigt skulle innebära en lösning på sophanteringsproblemen inom kommunen kan den innebära ytterligare ekonomiska fördelar som talar till dess förmån.

Ett fortsatt arbete bör inriktas mot en noggrannare investeringskalkyl för sopeldning alternativt en sjövattnenvärmepump, med hänsyn tagen till de nu utförda undersökningarna om värmebehov och sparpotential. Underlag för detta noggrannare arbete är bl a de miljöskydds krav som koncessionsnämnden fastställer för sopanläggningar resp de mätningar av sjövattnstemperaturer vintertid som utförts. De två nämnda alternativen bör dessutom jämföras med alternativet att under en period av 5-10 år klara oljeersättningen med elpannor.

En finansieringskalkyl bör utföras för de tre olika alternativen och beräkningar göras av driftekonomin med hänsyn tagen till faktiska investeringstidpunkter och kapitalkostnader. Om sopeldningsalternativet förefaller gynnsamt bör en förprojektering av värmelagret (i form av ett borrhålslager i berg) utföras. Denna bör bl a innefatta noggrannare undersökningar av de geotekniska förutsättningarna för att anlägga lagret på den önskvärda platsen vid Brunna industriområde.

Vad beträffar utnyttjandet av marken som energiresurs inom ej fjärrvärmeansluten bebyggelse bör förutsättningar finnas för ytjordvärme och bergvärme i ett betydande antal enfamiljsfastigheter i Kungsängen. I vilken utsträckning denna typ av anläggningar kan komma till utförande beror bl a på de enskilda fastigheternas värmebehov, möjligheterna för elförsörjning av värmepumpar samt på finansieringsvillkoren. Eftersom betydande möjligheter till oljeersättning föreligger i detta fastighetsbestånd kan det vara angeläget att kommunen och eldistributören informerar fastighetsägarna om vilka förutsättningar som finns i dessa avseenden.

8 REFERENSER

Andersson, S, m fl, 1982. Borrhålslager i berg. Förprojektering av demonstrations- och experimentanläggning. Allmänna Ingenjörskyrån AB.

Holmström, T, m fl, 1983. Värmeförsörjning i Upplands-Bro Kommun. ABV-Teknik.

Hultmark, G, 1980. Sunclay-projektet. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R38:1980.

Hydén, H, m fl, 1983. Värmelagring i akviferer i Sverige. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R66:1983.

K-Konsult, 1982. Oljereduktionsplan för Upplands-Bro Kommun.

Platell, O, m fl, 1981. Projekt Sunstore. Verksamheten 1977-1980. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R100:1981.

Svedinger, B, 1981. Värme i jord, berg och vatten. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport T1:1981.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
831048-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till Stockholms-Näs Kraft AB, Kungsängen.**

Art.nr: 6704177

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 25 kr exkl moms

R177: 1984

ISBN 91-540-4286-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm