



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

R62:1989

**Dieselmotordriven
uteluftvärmepump med
reservkraftkapacitet**

Förstudie

Henrik Enström

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plad	5er

R/TL

Byggforskningsrådet

R62:1989

DIESELMOTORDRIVEN UTELUFTVÄRMEPUMP
MED RESERVKRAFTKAPACITET

Förstudie

Henrik Enström

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 861048-0
från Statens råd för byggnadsforskning till Skandinavisk
Termoekonomi AB, Stockholm.

REFERAT

På uppdrag av Byggforskningsrådet har ett integrerat uppvärmningssystem baserat på dieselelektrisk drift av uteluftvärmepump konstruerats. Systemet kombinerar kraftvärme och energibesparing, en hittills "omöjlig" uppgift. Den blir möjlig eftersom anläggningen fungerar som energisystem intern och som effektsystem extern. El levereras ut på nätet endast då behovet är mycket stort och ett bra pris kan förväntas. Under övrig tid används elektriciteten effektivt för värmeproduktion och energibesparing. Förutsättningar har därmed skapats för ett rationellt utnyttjande av investerat kapital. Honnörsorden ekologi, ekonomi och flexibilitet sammanfattas i systemets arbetsnamn; ECOFLEX.

Kraftvärmedelen är uppbyggd kring ett dieselelektriskt aggregat, energibesparingen fås med värmepump. Dessa bägge komponenter samverkar så att deras totala prestanda ökar. Tillsammans med avancerad rening och värmeåtervinning ur avgaser, fås ett flexibelt och miljövänligt system med konkurrenskraftig ekonomi.

Driftstrategin är att under eldningsssäsong, då elektriciteten är dyr, generera el med dieselmotorn för drift av uteluftvärmepumpen. Ett eventuellt elöverskott kan levereras till det lokala eldistributionsnätet. Förutom värme från värmepumpen tillförs värmesystemet värme direkt från dieselmotorns kylvatten och avgaser. Sommartid då elkraften är billig stoppas dieselaggregatet och värmepumpen drivs av el utifrån. Det är fullt tänkbart att använda ett avkopplingsbart elabonnemang för detta ändamål.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R62:1989

ISBN 91-540-5054-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1989

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
SAMMANFATTNING.....	4
1. INLEDNING.....	7
2. SYSTEMUPPBYGGNAD.....	8
3. MARKNAD SINVENTERING.....	13
3.1 Potentiell marknad för systemet.....	13
3.2 Komponenter.....	13
3.2.1 Dieselkraftverk.....	13
3.2.2 Värmepump.....	14
3.2.3 Avgasvärmväxlare.....	14
3.2.4 Avgasrening.....	14
4. OBJEKTET; PANNCENTRALEN FARMEN.....	16
5. MÄTNINGAR.....	19
5.1 Värmebehov.....	19
5.2 Temperaturer.....	21
6. ENERGIKALKYLER.....	23
6.1 Värmepumpen.....	24
6.2 Dieselkraftverket.....	24
6.3 ECOFLEX-systemet.....	25
7. MILJÖKONSEKVENSER.....	27
7.1 Energibesparing.....	27
7.2 Kväveoxider.....	27
7.3 Buller.....	29
7.4 Köldmedier.....	29
8. EKONOMI.....	31

SAMMANFATTNING

På uppdrag av Byggeforskningsrådet har ett integrerat uppvärmnings-system baserat på dieselelektrisk drift av uteluftvärmepump konstruerats. Systemet kombinerar kraftvärme och energibesparing, en hittills "omöjlig" uppgift. Den blir möjlig eftersom anläggningen fungerar som energisystem internt och som effektsystem externt. El levereras ut på nätet endast då behovet är mycket stort och ett bra pris kan förväntas. Under övrig tid används elektriciteten effektivt för värmeproduktion och energibesparing. Förutsättningar har därmed skapats för ett rationellt utnyttjande av investerat kapital. Hönorsorden ekologi, ekonomi och flexibilitet sammanfattas i systemets arbetsnamn; ECOFLEX.

Bakgrunden till projektet är den förändrade energiprissituation och ökade miljömedvetenhet som vårt samhälle möter kommande decennier. Elproduktionskapaciteten måste byggas ut för att med fortsatt positiv samhällsutveckling hantera kärnkraftens avveckling. Detta skall ske utan ökad miljöbelastning, speciellt torde CO₂-utsläppen bli svärbemästrade.

Baskapaciteten för elproduktion kommer även i framtiden från vattenkraft. Sedan torde större mottryckskraftverk komma in och spetskraften kan produceras med kondenskraft. Det här föreslagna systemet kan ses som ett alternativ/komplement till kondenskraft vad gäller nationell elförsörjning. Tekniskt sett är det dock en småskalig kraftvärmeanläggning.

Kraftvärmedelen är uppbyggd kring ett dieselelektriskt aggregat, energibesparingen fås med värmepump. *Dessa bägge komponenter samverkar så att deras totala prestanda ökar.* Tillsammans med avancerad rening och värmeåtervinning ur avgaser, fås ett flexibelt och miljövänligt system med konkurrenskraftig ekonomi.

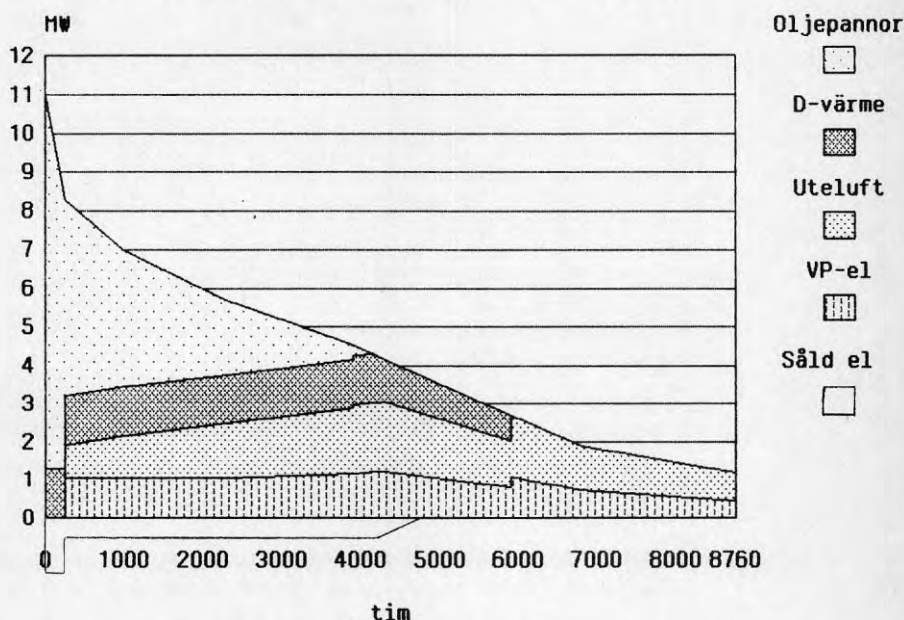
Systemets funktion framgår översiktligt ur figur S.1. Där har energiflödena ritats in i ett varaktighetsdiagram för det i projektet studerade områdets värmebehov. Driftstrategin är att under eldningsäsong, då elektriciteten är dyr, generera el med dieselkraftverket för drift av uteluftvärmepumpen. Ett eventuellt elöverskott kan levereras till det lokala eldistributionsnätet. Förutom värme från värmepumpen tillförs värmesystemet värme direkt från dieselmotorns kylvatten och avgaser. Vid mycket kall väderlek, ca -10 °C motsvarande 200 a 300 tim/år i Stockholm, eller vid bristsituationer på el stoppas värmepumpen och full eleffekt kan tillföras elnätet. Sommartid då elkraften är billig stoppas dieselaggregatet och värmepumpen drivs av el utifrån. Det är fullt tänkbart att använda ett avkopplingsbart elabonnemang för detta ändamål.

Sett från elleverantörens perspektiv fås en abonnent som köper el när det finns ett överskott, säljer då brist uppstår och i övrigt är självförsörjande. *En mycket viktig skillnad jämfört med konventionella mottryckskraftverk är att systemet levererar eleffekt till nätet, inte*

stora elenergimängder över året. Det passar därför väl in i befintligt, och än mer i kommande, elförsörjningssystem. Systemuppbyggnaden beskrivs även i kapitel 2.

Figur S.1

Varaktighetsdiagram med energimängder inlagda.



Vanligen används tjock eldningsolja i de panncentraler som är av lämplig storlek för ECOFLEX-systemet. Det kan därför vara naturligt att nyttja samma bränsle för förbränningsmotorn. Detta är dock ingalunda självklart, andra oljekvaliteér liksom gas av skilda slag går också utmärkt.

Enligt tillgänglig statistik finns i gruppcentraler ett totalt användbart värmeunderlag på ca 24 TWh. Därmed skulle årligen 8 TWh, motsvarande 900.000 kbm olja, kunna sparas och tillgång fås till 1.000 MW el för rerserv/spetslast. Se vidare kapitel 3.

Avsikten med denna förprojektering är att snabbt få till stånd en fungerande pilotanläggning. Arbetet har därför utförts i direkt anknö- ning till en panncentral och ett område lämpligt för en omedelbar fortsättning. Panncentralen Farmen i Täby levererar värme till två HSB-föreningar med ca 2.000 lägenheter, en skola, ett daghem och SL's bussdepå. Totalt åtgår årligen motsvarande ca 4.000 kbm eo4 ls. I

kapitel 4 beskrivs objektet närmare och i kapitel 5 redovisas utförda mätningar och värmebehovskalkyler.

Utgående från framtaget varaktighetsdiagram och leverantörsuppgifter har energiflödena beräknats, jämför figur S.1. Av ett totalt värmebehov på 37,1 GWh kommer 28,7 GWh (77 %) från ECOFLEX-anläggningen. Under höglåsttid levereras 1,7 GWh el ut på nätet, medan 1,9 GWh köps sommartid. Se vidare kapitel 6.

Värmepumpar ger alltid en energibesparing då annars "värdelös" energi tillvaratas. *I detta koncept reduceras oljeförbrukningen med ca 1/3 med uppenbara miljövinster som följd.* Miljöfrågorna behandlas i kapitel 7.

Systemet är samhällsekonomiskt lönsamt med dagens energipriser. Då förutsätts att värdet av reservkraftkapaciteten (ca 5.000 kr/kWe1) medtas i kalkylen. Med minskade risker (erfarenhet från pilotanläggning) och höjda kostnader för energi ökar givetvis konkurrensförmågan. I kapitel 8 utvecklas de ekonomiska förutsättningarna vidare.

Ett nytt system innebär alltid risker och man måste kalkylera med bakslag och långa intrimningsperioder. Det här aktuella systemet byggs upp kring välkända komponenter och delsystem för att snabbt få till stånd en fungerande anläggning.

Ett konkret projekt skulle förutom systemteknisk dimensionering och fullskaleprov innehålla följande utvecklings- och introduktionsmoment:

- Utveckling av styr- och övervakningssystem för ekonomiskt optimal samkörning såväl internt i anläggningen som externt mot elnätet.
- Testa eventuella hinder av såväl driftteknisk som administrativ karaktär vid försäljning av el från ett småskaligt reservkraftverk.
- Studera möjligheter och praktiska svårigheter för ombyggnad av större värmepumpanläggningar till förbränningsmotordrift med samtidig reservkraftkapacitet.
- Studie av kondenserande avgasvärmväxlare för avfrostningsvärme.
- Underlag för säker bedömning av det ekonomiska utfallet.
- Praktiskt påvisa möjligheterna att i en befintlig äldre gruppcentral, dimensionerad för relativt höga temperaturer, använda R22 som köldmedium.
- Kontrollera systemets totala miljöeffekter.

1. INLEDNING.

Nuvarande oljepriser (1988) har radikalt bromsat utveckling och installation av alternativa uppvärmningstekniker. Likaså har intresset för energibesparingsåtgärder minskat. På sikt leder detta till ökad miljöförstöring och sämre beredskap inför ändrade energipriser. Enligt tillgängliga prognoser kommer de svenska elpriserna att stiga relativt kraftigt under 90-talet, knapphet på produktionskapacitet ger dessutom kraftigt tidsdifferentierade taxor. För att klara miljösituationen kommer troligen avgifter på skadliga utsläpp att införas. Reducering vid källan, d. v. s. energibesparing, är ur miljösynpunkt den mest effektiva taktiken. Kraftvärme i såväl stor som liten skala anses bli en viktig komponent i elförsörjningssystemet.

Mot denna bakgrund har på uppdrag av Byggforskningsrådet ett integrerat uppvärmningssystem konstruerats. Systemet innehåller kraftvärme och energibesparing, en hittills "omöjlig" kombination. Den blir möjlig eftersom anläggningen fungerar som energisystem intern och som effektsystem externt.

Kraftvärmedelen är uppbyggd kring ett dieselelektriskt aggregat, energibesparingen fås med värmepump. Dessa bägge komponenter samverkar så att deras totala prestanda ökar. Tillsammans med avancerad rening och värmeåtervinning ur avgaserna, fås därmed ett flexibelt och miljövänligt system med god lönsamhet.

Ett nytt system innebär alltid risker, man måste kalkylera med bakslag och långa intrimningsperioder. Det här aktuella systemet byggs upp kring välkända komponenter och delsystem för att snabbt få till stånd en fungerande anläggning. Förprojekteringen har för att bli så konkret som möjligt utförts för ett område där en fortsättning är fullt tänkbar. HSB-föreningarna Farmen och Volten i Täby har därvid ställt upp på ett förtjänstfullt sätt, ett speciellt tack riktas till maskinmästare Kurt Torelli.

2. SYSTEMUPPBYGGNAD.

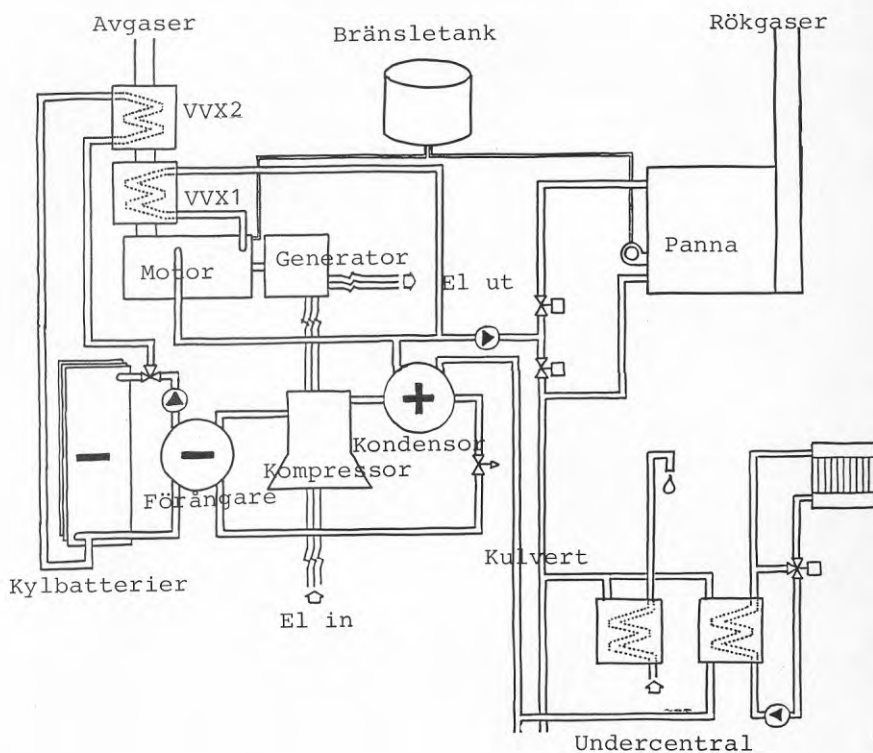
Det beskrivna systemet är uppbyggt kring följande huvudkomponenter:

1. Dieselelektriskt aggregat.
2. Uteluftvärmepump.
3. Kylvattenvärmeväxlare.
4. Avgaskylare.
5. Avgasrenare

Med dessa komponenter kan ett miljövänligt och mycket flexibelt energisystem konstrueras. Enligt gällande prognoser för energiprisutvecklingen i Sverige finns stora möjligheter för god ekonomi inom en snar framtid. Systemet har därför fått arbetsnamnet ECOFLEX, (ecology, economy and flexibility).

Av figur 2.1 framgår den principiella uppbyggnaden. Observera att schemat är starkt förenklat för att bli åskådligt.

Figur 2.1. Principiell systemuppbyggnad.



Dieselmotorn kan drivas med mycket varierande bränslen; oljor av varierande kvalitéer liksom gasol eller naturgas etc (observera skillnaden mellan dieselprocess och dieselbränsle!). Eo4 ls eller eo5 ls, vilka ofta används i panncentraler av intressant storlek, är utmärkta varför dubbla bränsleförsörjningssystem undviks. Det mekaniska arbetet från motorn omvandlas till elektricitet i en generator, vilket är centralt för systemets flexibilitet. Elektriciteten används sedan huvudsakligen för att driva värmepumpanläggningen. Omvägen över elektricitet ger vissa förluster och högre investeringskostnad. Fördelarna är dock betydande; fabriksklara standardaggregat kan användas, flera värmepumpaggregat kan drivas av samma dieselmotor, den känsliga kopplingen förbränningsmotor/kompressor undviks och systemet öppnar sig mot omvärlden.

Verkningsgraden för ett modernt dieselkraftverk är ca 40 %. Större delen av bränslets energiinnehåll omvandlas således till värme. För god ekonomi krävs att denna värme till stor del kan nyttiggöras. Knappt 30 % bortförs motorn via kylvatten. Denna värme bör tillföras kulvertnätet direkt, vilket ställer krav på låg temperaturnivå för lång livslängd (helst 50 a 60 °C). Lika mycket lärnar motorn via avgaserna. Även denna värme kan till stor del återvinnas med hjälp av kulvertnätet. Under ca 160 °C temperatur på avgaserna finns dock risk för utfällning av korrosiva ämnen, vilket ställer stora materialkrav på värmväxlaren. För att med rimliga värmväxlarytor utnyttja avgastemperaturer under ca 100 °C, krävs tillgång till lägre kylvätsketemperatur än vad som fås från kulvertnätet. Då kan också värmeåtervinningen ökas ytterligare.

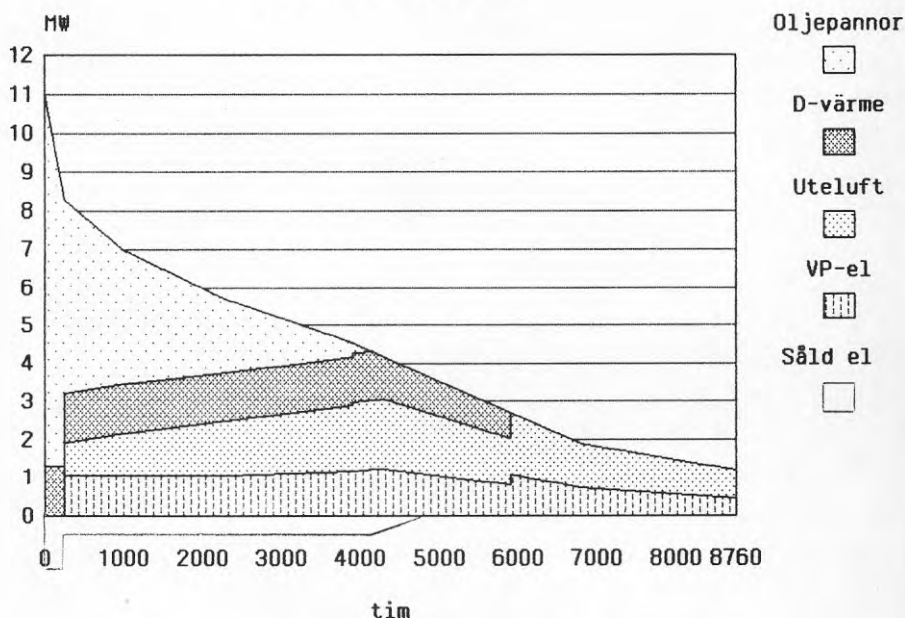
I systemet finns tillgång till mycket låga temperaturer på värmepumpens förångarsida. Om värme tillförs där och sedan passerar värmepumpen för att avges vid dess varma sida blir dock nyttan låg och knappast ekonomiskt försvarbar. Genom att använda återvunnen avgasvärme för avfrostning av uteluftvärmepumpens kylbatterier blir dock situationen helt annorlunda. På detta sätt kommer värme som tillförs köldbäraren från avgaserna att ersätta värme som skulle tagits från kulvertnätets returledning. Den lågtempererade återvunna värmen är därmed termodynamiskt likställd "prima" värme. Uteluftvärmepumpens kanske största nackdel (avfrostningsbehovet) löses på ett elegant sätt samtidigt som värmeåtervinningen ökar och möjlighet till viss rening av avgaserna fås. Denna synergieffekt mellan förbränningsmotor och uteluftvärmepump möjliggörs av att komponenterna är lokaliserade på samma plats.

Systemets flexibilitet avseende elenergi beskrivs bäst i anslutning till ett varaktighetsdiagram över värmebehovet, figur 2.2. Här har mätdata från en panncentral i Täby använts för att ta fram ett realistiskt diagram, se vidare kapitel 5. I figuren har sedan effektagivningen från ECOFLEX-systemet olika delar införts och energileveranserna markerats. Driftstrategin är att under eldningsssäsong då elektriciteten är dyr generera el med dieselkraftverket för drift av uteluftvärmepumpen. Ett eventuellt elöverskott kan levereras till det lokala eldistributionsnätet. Förutom värme från värmepumpen tillförs värmesystemet värme direkt

från dieselmotorns kylvatten och avgaser. Vid mycket kall väderlek, ca $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ motsvarande 200 a 300 tim/år i Stockholm, eller vid brist-situationer på el, stoppas värmepumpen och full eleffekt kan tillföras elnätet. Sommartid, då elkraften är billig, stoppas dieselaggregatet och värmepumpen drivs av el utifrån. Det är fullt tänkbart att använda ett avkopplingsbart elabonnemang för detta ändamål.

Figur 2.2

Varaktighetsdiagram



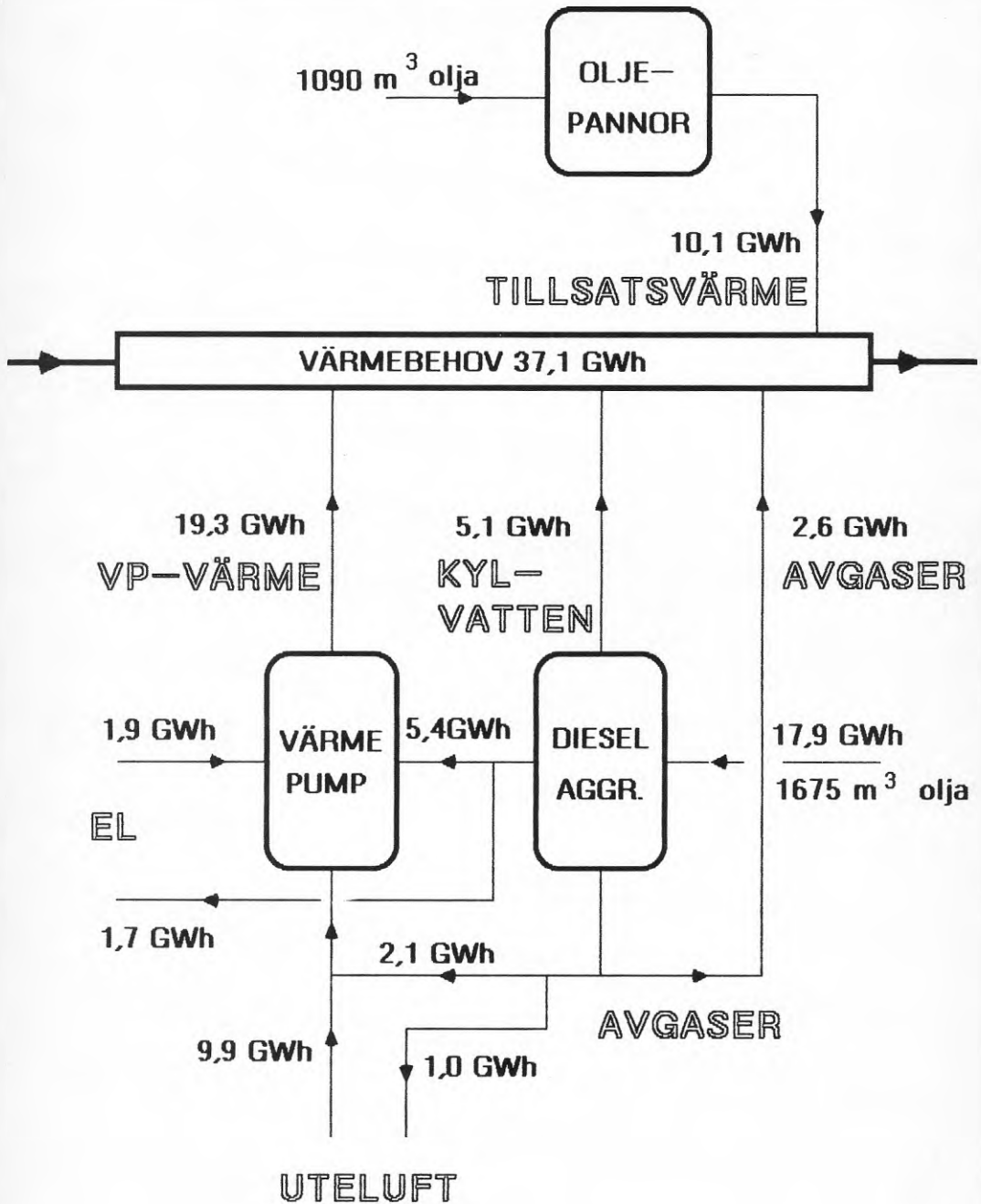
Sett från elleverantörens perspektiv fås en abonnent som köper el när det finns ett överskott, säljer då brist uppstår och i övrigt är självförsörjande. *En mycket viktig skillnad jämfört med konventionella mottrycks kraftverk är att systemet levererar eleffekt, inte stora elenergimängder över året.* Det passar därför väl in i befintligt, och än mer i kommande, elförsörjningssystem.

Som nämnts ovan är systemet flexibelt även ur bränslesynpunkt. Förbränningsmotorer utnyttjande dieselprocessen kan drivas med en stor variation bränslen. Jämfört med olja har gas nackdelen med ett lågt värmeinnehåll per volymsenhet. Det finns dock i dag framme motor-konstruktioner som arbetar med mycket högtryckt gas, varför denna skillnad minskar. Utvecklingsarbetet är intensivt inom detta område och man räknar med att i vissa fall kunna bygga om befintliga motorer från olje- till gasdrift.

Ekologiskt fås alltid stora vinster med värmepumpstekniken då den tillvaratar energi annars oandvändbar för uppvärmning, vilket är liktydigt med "energibesparing". Beroende på alternativ värmeförsörjning, hur värmepumpens drivenergi alstras, reningsutrustning och eventuell negativ omgivningspåverkan från använda arbetsmedia, varierar de totala miljökonsekvenserna. Dessa frågor behandlas vidare i kapitel 7, men redan här kan nämnas att systemuppbyggnaden ger möjligheter till en totalt sett betydande miljöförbättring.

Energiflödena för den i rapporten behandlade anläggningen framgår av figur 2.3. Som synes blir uppbyggnaden relativt komplicerat, vilket ställer stora krav på totaloptimerad dimensionering och styrning. Det är därför ett praktiskt krav för fullgod funktion inom överskådlig tid, att komponenter och delsystem är avgränsade samt kommersiellt tillgängliga och utprovade. Som syns av figuren är nettoflödet elenergi till omgivningen ungefär noll. *Sett från elleverantörens håll kan förloppet sägas motsvara "lagring" av elektricitet från sommar till vinter.*

Figur 2.3. Principiellt schema över energiflöden



3. MARKNAD SINVENTERING.

3.1 Potentiell marknad för systemet.

Innan resurser offras för utveckling av nya system måste en bedömning av möjlig avsättning göras. Den potentiella marknaden är här större gruppcentraler och mindre fjärrvärmenät. Enligt VAST nr 85:57, 85:63 bedöms värmeunderlaget i sådana (exklusive industrin) 1995 uppgå till 12 TWh/år i totalt 380 centraler. Värmeunderlaget inom industrin är betydligt större, men svårare att bedöma då en stor del används för produktion av ånga. Om potentialen för ECOFLEX-systemet i industrin antas lika med övrig fås ett totalt värmeunderlag på 24 TWh. Därmed skulle 8 TWh, motsvarande 900.000 kbm olja, kunna sparas per år och tillgång till 1.000 MW el, motsvarande en kärnkraftreaktor, för reserv/spetslast fås.

Diskussioner om möjliga marknadspotentialer tenderar ofta att bli alltför teoretiska. När ett praktiskt genomförande blir aktuellt dyker problem upp som inte ens den mest noggranna skrivbordskalkyl kunnat förutse. Dylåka studier måste därför alltid betraktas med ett kritiskt öga. Ovanstående potentialbedömning visar dock att utrymme finns för en introduktion av tekniken i den takt det är praktiskt genomförbart och att ett lyckat resultat banar väg för en inte oväsentlig ny komponent i Sveriges energisystem. Långre än så kan man inte komma i detta skede. Att anläggningarna kan byggas med svensktillverkad utrustning, ger arbete inom ett område där svenskt kunnande är världsledande och ger exportmöjligheter är extra spännande.

3.2 Komponenter.

Som nämnts tidigare är systemet huvudsakligen uppbyggd av komponenter och delsystem som väl utprovade i andra applikationer. Vissa delar är dock inte helt kommersiell teknik idag, och för andra gäller att denna tillämpning ställer speciella krav.

3.2.1 Dieselkraftverk.

Dieselmkraftverk används världen över för elproduktion. De kan grovt indelas i tre grupper; lågvarviga, mellanvarviga och högvarviga, där generellt lägre varv används vid stora anläggningar och vid lång utnyttningstid. Exempel på lågvarviga är kraftverken i Visby och Skultuna, mellanvarvsdieslar används för vissa större reservkraftverk, där annars högvarviga har en given marknad. I detta fall torde i första hand dieslar i mellanvarvsregistret vara aktuella. Det finns ett stort antal leverantörer av lämpliga aggregat, varför tillgången till information om prestanda och drifterfarenhet är god. Vanlig tjockolja, eo 4 ls, är ett utmärkt bränsle för dessa motorer. Någon större renovering torde inte bli aktuell förrän efter 30.000 a 40.000 timmars drift, motsvarande 5 till 7 år. Utvecklingen under senare år har lett till motorer med hög förbränningsgrad och därmed låga utsläpp samt hög

verkningsgrad (över 40 %). En intressant utvecklingslinje är förbränning av gas vid mycket höga tryck.

3.2.2 Värmepump.

Värmekällan förutsätts här vara uteluft. Det gör tekniken generell, uteluft finns ju alltid tillgänglig. Dessutom kan lågvärdig spillvärme användas för avfrostning, varvid uteluftvärmepumpens kanske största nackdel får en elegant lösning. Givetvis kan i speciella fall andra värmekällor bli aktuella.

Uteluftvärmepumpen är tänkt för indirekt värmeupptagning, dvs en köldbärare används som värmetransportör mellan kylbatteri och förångare. Med ett sådant system kan den kyltekniska utrustningen köpas som fabriksbyggda enhetsaggregat. Lämpliga kompressortyper är kolv eller skruv. Erfarenheterna från sådana uteluftvärmepumpar av aktuell storlek är begränsade. Det finns dock ett antal i drift, t ex Skarpnäck, Hällbybrunn, Ektorp och Fisksätra. I dessa används dock köldmediet R12, (i Fisksätra har ett aggregat R22, det andra R12). Att som här planeras endast använda R22 ställer mycket höga krav på såväl i aggregaten intern styrutrustning, som extern styrning mot nätet och övriga värmeproducenter.

3.2.3 Avgasvärmväxlare.

För att sänka avgasernas temperatur så mycket som här planeras krävs speciella värmväxlare. På marknaden finns flera olika typer utförda i plast, glas, höglegerade stål och emaljerat stål. De har hittills använts för nedkylning med kondensutfällning av rökgaser från olja, gas, sopor och fastbränsle. Den tvättning av rök/avgaser som fås vid kondens-utfällning minskar utsläppen av svavel (främst SO_3), tungmetaller och stoft till atmosfären. I stället krävs sedimentering och pH-justering av kondensatet innan utsläpp till avloppsnätet kan ske. Även om vissa erfarenheter finns från likartade applikationer kan detta knappast betraktas som konventionell teknik.

3.2.4 Avgasrening.

Den minskade oljeförbrukning som systemet åstadkommer är givetvis mycket positiv för miljön. En negativ effekt är dock de förhöjda halter av NO_x som förbränningsmotorn ger. De höga förbränningstemperaturerna i dieseln gör att NO_x -halterna blir 5 a 10 ggr de som fås vid oljeeldning. I dag finns inga krav på utsläpp från så små anläggningar som denna. I Miljöpropositionen 1987/88:85 föreslås krav på 0,1–0,2 g NO_x/MJ tillfört bränsle vid anläggningar över 10 MW effekt. För mycket stora anläggningar med årliga utsläpp av kväveoxider på över 300 ton är motsvarande värden 0,05–0,1 g NO_x/MJ . Om dessa värden skall nå måste någon typ av aktiv rening installeras. På marknaden finns system tillgängliga med NH_3 och katalysator. Metoden finns dock inte i drift i Sverige. En annan tänkbar metod som undersökts är rening

med väteperoxid, H_2O_2 . Väteperoxid är dyrare än ammoniak men kräver inte katalysator, varför totalkostnaden kan bli lägre. NO_x -rening med väteperoxid har inte provats i liknande tillämpningar tidigare. Frågor kring NO_x -rening och andra miljöaspekter behandlas mer utförligt i kapitel 7.

Sammanfattningsvis kan sägas att ingående komponenter och delsystem är mer eller mindre väl utprovade och kommersiellt tillgängliga. Kunskaper från flera olika anläggningar måste sammansmältas och bilda ett nytt system.

4. OBJEKTET; PANNCENTRALEN FARMEN.

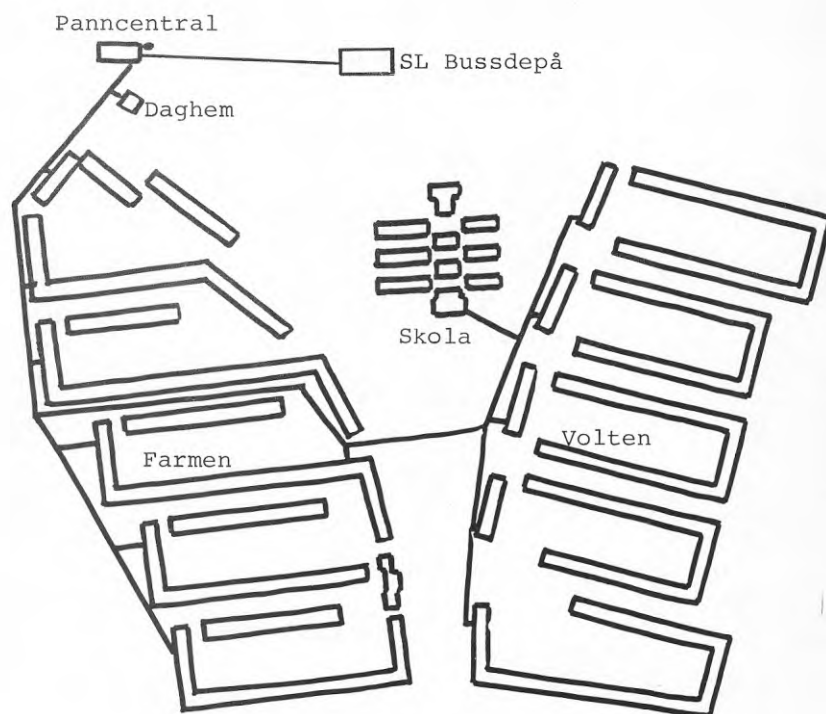
Förprojekteringen har utförts med panncentralen Farmen i Täby och tillhörande fastigheter som konkret objekt. Panncentralen levererar värme till två HSB-föreningar, Farmen och Volten, med tillsammans ca 2.000 lägenheter i 3-våningshus, SL's bussdepå, en skola och ett daghem. Totalt åtgår årligen ca 4.000 kbm olja (eo4 ls) för uppvärmningen. En del av denna olja har under senare år ersatts med avkopplingsbar el.

Panncentralen inrymmer tre oljepannor på vardera 6 MW, två av dessa är relativt nyinstallerade (1987), och en elpanna på 6 MW från 1985 (10 kV, avkopplingsbart abonnemang). Hela panncentralen är synnerligen välhållen och välskött.

Man har också nyligen gjort vissa ombyggnader och nyinstallationer i undercentraler, injusterat värmesystem, renoverat fönster och isolerat vindar. Sammantaget finns inte mer att göra av "normala" energibesparingsåtgärder.

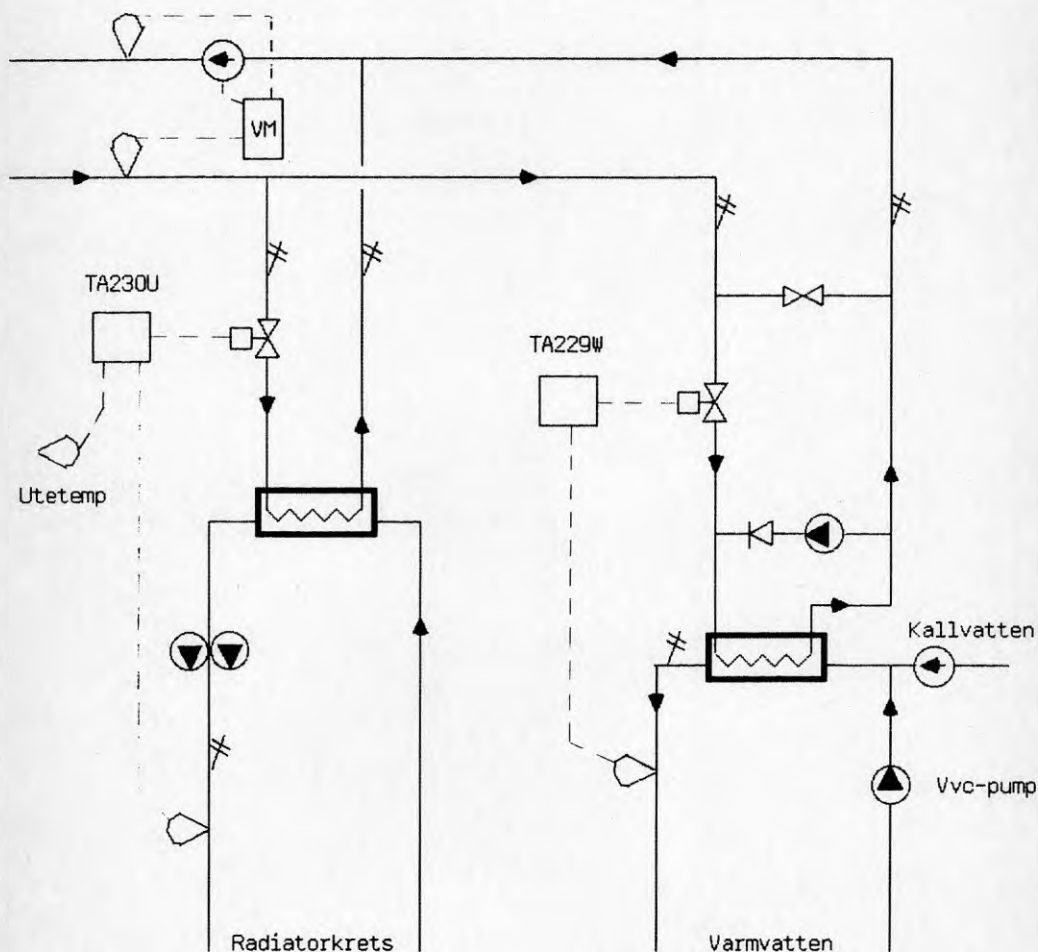
En planskiss över området visas i figur 4.1.

Figur 4.1. Skiss över området.



Från panncentralen utgår två kulvertledningarna, en för SL's bussdepå och en för övriga fastigheter. Framledningstemperaturen ut från panncentralen ligger konstant på ca 100 °C. Det finns dock inga avgörande skäl till varför inte lägre temperaturer kan användas under större delen av året. Den abonnent som har mest speciella krav är SL's bussdepå. Uppvärmning av bussar kan tidvis kräva hög temperatur. Möjligheter finns dock att förbättra värmedistributionen, dessutom finns redan elpannor installerade hos SL för extra tillskott. Även övriga undercentraler kan med vissa kompletteringar utföras för betydligt lägre temperaturer, se även kapitel 5.

Figur 4.2. Principiell rörkoppling i typisk undercentral.



I figur 4.2 visas en principskiss över utförandet i en undercentral typisk för bostadshusen. Värme växlas till såväl radiatorkrets som tappvarmvatten via plattvärmeväxlare. Tappvarmvattentemperaturen konstant hålls på ca 55 °C. Idag används en intern pumpcirkulation för att underlätta regleringen av utgående temperatur. Möjligheterna till en kraftig temperatursänkning av primärvattnet minskar dock med denna princip. Radiatortemperaturen varierar med utetemperaturen, ca 50 °C vid 0 °C ute.

Statistik över värmeleveranser från panncentralen finns väl dokumenterad sedan flera år. Områdets värmebehov har därför kunnat kartläggas med fullt tillräcklig noggrannhet, se vidare kapitel 5.

5. MÄTNINGAR.

Data från gamla mätningar, panncentralrapporter och meteorologiska data från SMHI (Bromma flygplats) har sammanställts tillsammans med nya mätningar på temperaturnivåer i nätet. Syftet är att få en så riktig uppfattning som möjligt om områdets temperaturkrav och värmebehov i tiden.

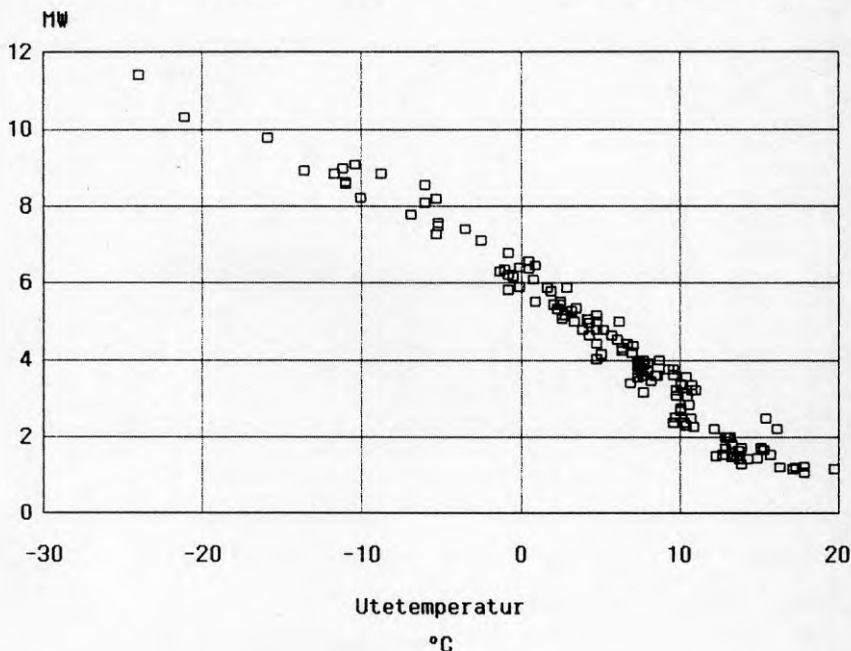
5.1 Värmebehov.

En korrekt uppfattning av områdets värmebehov är grundläggande för alla fortsatta kalkyler. Tack vare omsorgsfullt ifyllda panncentralrapporter finns här ett mycket gott underlag för sådana beräkningar. Värmen ut från panncentralen mäts med värmemängdsmätare, vilken avläses dygnsvis. Dessutom noteras el tillförd elpannan. Jämförelser mellan avläsningar av el till elpannan och värmemängdsmätaren under perioder utan oljeeldning, visar att värmemängdsmätaren registrerar värden 2 a 3 % högre än elmätaren.

Figur 5.1 visar områdets värmebehov vid varierande utetemperaturer. Diagrammet har konstruerats utifrån samhörande värden på avläst dygnsförbrukning och genomsnittlig utetemperatur enligt SMHI (Bromma flygplats).

Figur 5.1

Värmeeffekt (dygnsmedelvärden) vid varierande utetemperatur.

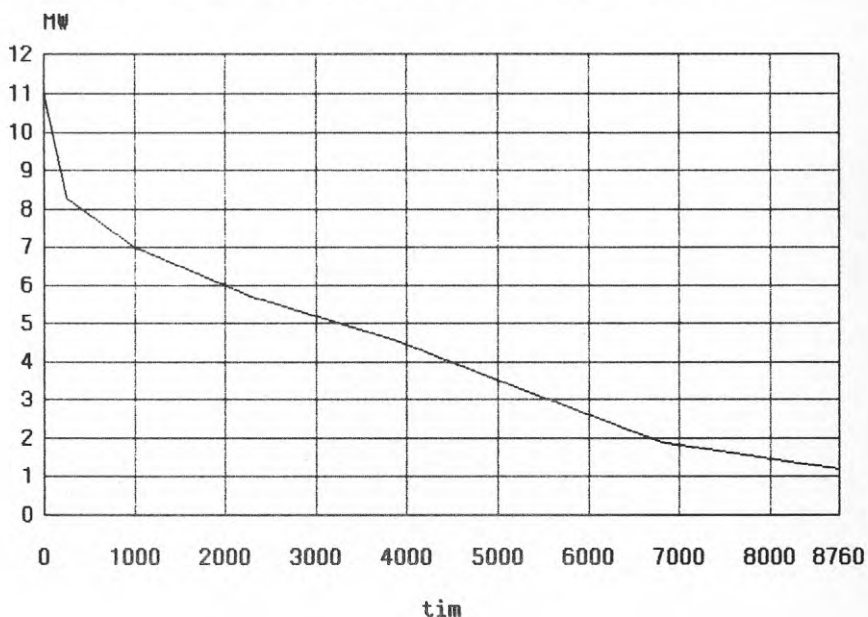


En möjlig felkälla vid framtagandet av värmebehovet är den värmeackumulering som byggnadernas värmekapacitet orsakar. För att eliminera denna har endast dygn medtagits vars medeltemperatur avviker maximalt 1 °C från föregående dygn. Totalt 128 dygn uppfyllde detta krav under mätperioden, 1986 08 01 – 1987 07 31. Ett dygn med avvikelsen 1,1 °C har då medtagits, detta för att få med det kallaste dygnet (-24,0 °C). Givetvis kvarstår en viss spridning orsakad av varierande solinstrålning, vind, avläsningsfel, ej perfekt reglerutrustning, varierande tappvarmvattenbehov etc. Spridningen är dock förhållandevis liten och indikerar en noggrannhet fullt tillräcklig för praktisk dimensionering.

Utgående från figur 5.1 har med hjälp av utetemperaturens varaktighet i Stockholm ett varaktighetsdiagram över värmebehovet konstruerats, figur 5.2. Detta diagram utgör grunden för alla fortsatta energikalkyler. Årligt värmebehov för normalår blir enligt figur 5.2 ca 37 GWh, vilket indikerar en genomsnittlig pannverkningsgrad på 87 % (4.000 kbm eo4 ls).

Figur 5.2

Varaktighetsdiagram för värmebehovet, pc Farmen.



5.2 Temperaturer.

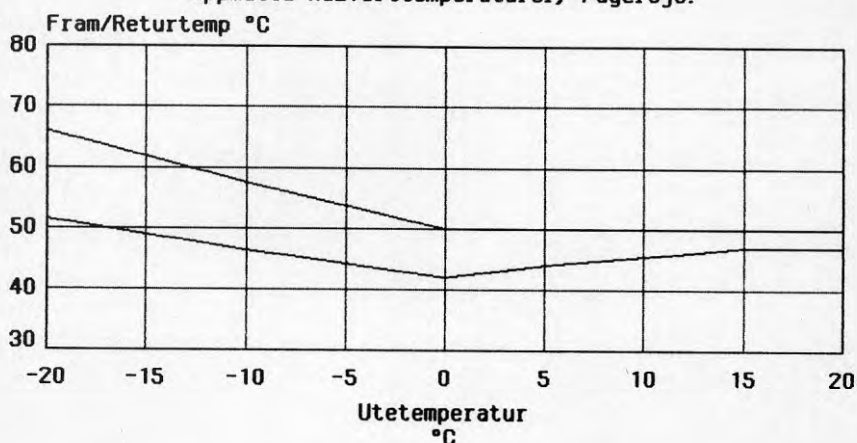
Vid projektering av värmepumpsystem är temperaturkraven lika vitala som värmebehovet. Oftast kan avsevärt lägre kulverttemperaturer accepteras än befintliga. Vid drift med pannor av skilda slag: olja, el, gas, kol, fastbränsle etc har temperaturnivån mycket liten betydelse. Ofta hålls då temperaturen uppe för att av korrosionsskäl säkerställa erforderlig temperatur in till pannorna (≥ 70 °C) och ha tillgång till "tillräcklig" temperatur i undercentraler. *Värmepumpsystem är direkt bundna till termodynamikens andra huvudsats.* Tankesättet för god funktion blir därför helt väsenskiilt när denna process används. Låga kulverttemperaturer, såväl i fram- som returledning, har högsta prioritet.

För värmepumpar finns en "kritisk" gräns vid ca 55 °C. Upp till denna temperatur kan man med konventionella aggregat använda R22 som köldmedium. Därmed minskas erforderlig slagvolym jämfört med då R12 nyttjas, dessutom fås en betydligt mindre påverkan på stratosfärens ozonskikt. Allt talar därför för att försöka ändra distributionssystemet så att framledningstemperaturen inte överskrider 55 °C då värmepumpen ensam svarar för hela värmeförseln. I praktiken betyder detta att 55 °C skall räcka för tappvarmvattenvärmning. I fastigheter som de här aktuella, är nämligen tappvarmvattenvärmningen kritisk ur temperatursynpunkt ned till utetemperaturer kring 0 °C. Först då kräver lokalvärmesystemet högre kulverttemperaturer. Mätningar i området har visat att tappvarmvattnets temperaturfall från undercentral till längst bort belägna tappställe är knappt 3 °C. För att säkerställa HSB-föreningarnas önskemål på 47 °C i tappställena, krävs således 50 °C ut från undercentralerna.

Mätningar från Fagersjö, söder Stockholm, visar att mycket låga kulverttemperaturer räcker för att nå fullgod kvalitet, figur 5.3.

Figur 5.3

Uppmätta kulverttemperaturer, Fagersjö.



I Fagersjö är sedan 1983 en uteluftvärmepump på ca 2,5 MW värmeeffekt vid 0 °C utetemperatur i drift. Bostadsområdet byggdes i början på 60-talet och värms via en tidigare helt oljeeldad panncentral. Liksom i Farmen var utgående temperatur 90 a 100 °C. I samband med värmepumpinstallationen utfördes interna panncirkulationskretsar, kulvertflödet ökades och undercentralerna byggdes om med kraftigt ökade värmeväxlarytor. Förutom goda driftförhållanden för värmepumpen resulterade detta i minskade kulvertförluster på drygt 400 MWh årligen, motsvarande ca 80.000 kr.

Det är således fullt möjligt att drastiskt sänka primärvattnets temperatur i befintliga kulvertnät. Värmewäxlarytorna i undercentralerna förstoras, flödet höjs och styrprinciperna förändras något. Om några enstaka abonnenter har speciella krav får särskilda åtgärder vidtas hos dessa.

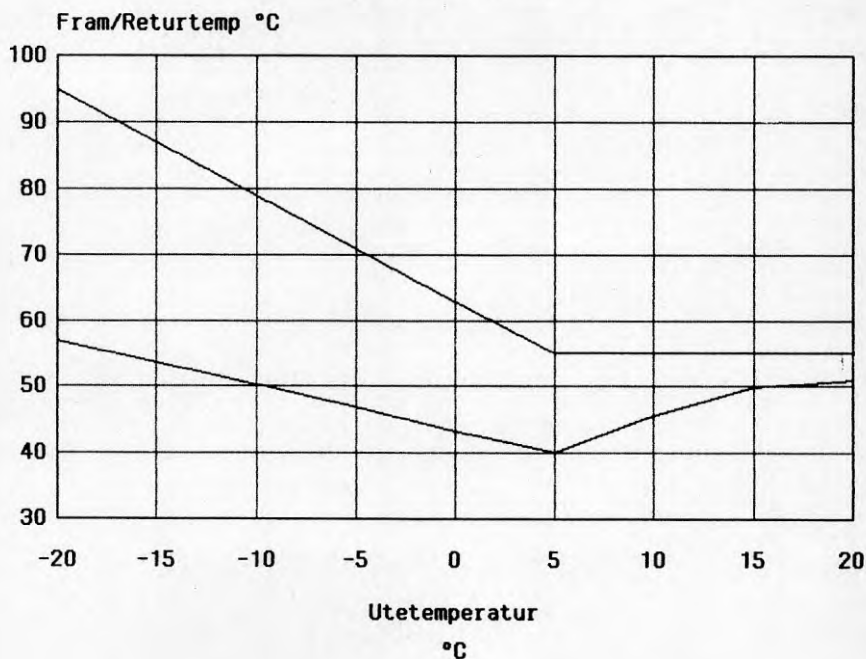
6. ENERGIKALKYLER.

Varaktighetsdiagrammet över områdets värmebehov ett normalår, figur 5.1, är grunden för alla energikalkyler och därmed också de ekonomiska slutsatserna. I detta kan prestanda för olika värme- och elproducerande anläggningsdelar ritas in och deras respektive energileveranser beräknas.

Energiberäkningarna har utförts utgående från katalogdata från leverantörer av värmepumpaggregat och dieselmotorkraftverk. Mot bakgrund av mätningar i området och erfarenheter från andra projekt anses nätets kulverttemperaturer efter modifieringar kunna följa förloppen i figur 6.1.

Figur 6.1

Kulverttemperaturer



6.1 Värmepumpen.

För beräkningarna har en persondator med kalkylprogram av vanlig matrismodell använts. Programmet har utvecklats så att prestanda från två seriekopplade värmepumpaggregat fås som funktion av utgående värmebärartemperatur. Aktuell köldbärartemperatur fås med ett iterationsförfarande där kylbatteriernas prestanda samordnas med aggregatens sammanlagda kyleffekt.

I den körning som presenteras här har data för två skruvkompressor-aggregat typ STAL VSP71EC med inbyggda volymförhållandet 4,2 och med R22 som köldmedium använts. De förutsätts vara omvänt seriekopplade på köld- respektive värmebärarsidorna. Katalogdata har minskats med 5 % avseende värmeeffekter och med 7 % avseende kyleffekter. Programmet tar hänsyn till variationen i kylbatteriernas kA-värde beroende på uteluftens (köldbärarens) temperatur. Hänsyn tas även till variationer i uteluftens relativa fuktighet och densitet. Hjälpffekternas storlek har uppskattats utifrån erfarenheter från liknande anläggningar. Vid den slutliga sammanställningen av energi-flöden har värmefaktorn begränsats till maximalt 3,0 och vid drift med reducerad kapacitet har framräknad värmefaktor minskats med 10 %.

Under påfrostning försämras kylbatteriernas kA-värde varvid köldbärarens temperatur sjunker. Denna försämring förutsätts kompenseras med värme från dieselmotorns avgaser. Efter avfrostning är kylbatterierna rena och ger full effekt. All värme återvunnen från avgaserna till köldbäraren åtgår då till uppvärmning av avfrostningstanken. När tanken laddats överförs värmeåtervinningen direkt till processen och kompenseras därmed kylbatteriernas försämrade funktion.

6.2 Dieselkraftverket.

Prestanda för dieselaggregatet har tagits från en Wärtsilä 8V25. Flera likvärdiga fabrikat finns givetvis för såväl diesel- som värmepump-aggregat. Detta aggregat har vid fullast följande prestanda enligt leverantören:

Mekanisk effekt	1530 kW	44 %
Elektrisk effekt	1450 kW	41,7 %
Kylvatten	940 kW	27 %
Avgaser	695 kW	20 %
Strålning etc	390 kW	11,3 %

Vid beräkningarna har den totala verkningsgraden reducerats med 5 %, dvs ned till 39,6 %. Värmeförlusterna ökar i motsvarande grad. Av förlusterna antas allt från kylvattnet och 1/2 från avgaserna, dvs 1350 kW, kunna kylas direkt av värmekulverten. Av resterande avgasvärme och strålningsförluster tillförs 90 %, 600 kW, köldbäraren.

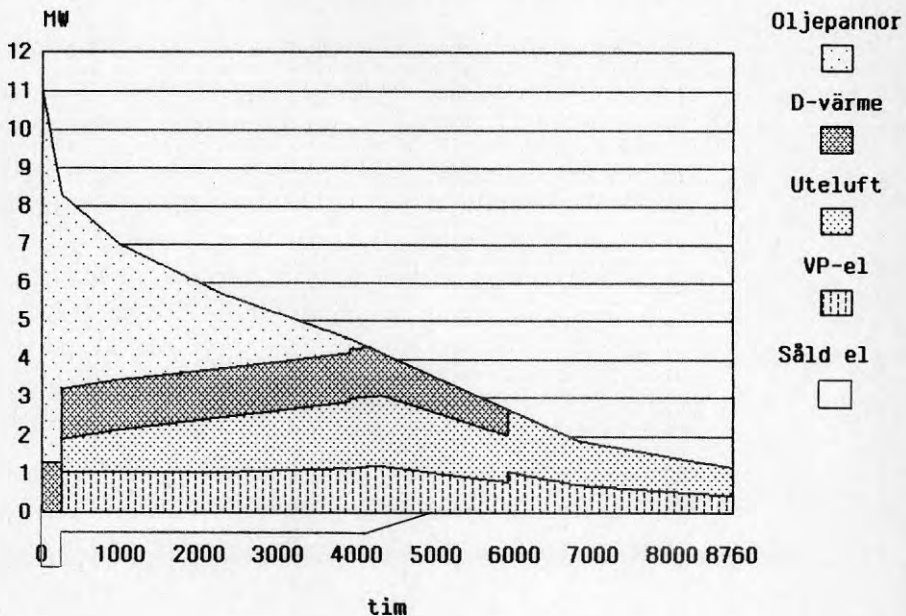
6.3 ECOFLEX-systemet.

Delsystemens prestanda har förts in i ett varaktighetsdiagram, se figur 6.2. Dieselkraftverket anses vara i drift med full kapacitet varvid överflödigt elektricitet säljs till nätet. Under +5 °C utetemperatur minskas värmepumpens kapacitet med 6 % på grund av förloppet vid avfrostning. Energimängderna blir då för ett år:

Totalt värmebehov	37,1 GWh	
Totalt från ECOFLEX	28,7 GWh	varav 1,7 GWh såld el
El till vp	7,3 GWh	varav 1,9 GWh köpt el
El från diesel	7,1 GWh	varav 1,7 GWh såld el
Bränsle till dieseln	17,9 GWh	

Figur 6.2

Varaktighetsdiagram med energimängder inlagda.



Detta innebär att oljeförbrukningen minskar från 4.000 kbm/år till 2.765 kbm/år, observera att då har också 1,7 GWh el levererats externt. Systemet ger således en energibesparing på ca 30 %.

Beräkningar av komplicerade energisystem kan inte bli annat än över-
slag, praktiska förhållanden av såväl normal som för pilotanläggningar
speciell natur, ger en övergripande osäkerhet som förtar nyttan av
alltför detaljerade kalkyler. Målet har här varit att med tillgängliga
erfarenheter och med rimliga antaganden få ett beslutsunderlag för
bedömning av denna tekniks möjligheter.

7. MILJÖKONSEKVENSER.

All verksamhet bör granskas och bedömas utifrån sin påverkan på miljön, lokalt och globalt. Inom energisektorn är detta mycket uppmärksammat. Vilka energiformer som används är dock sedan gammalt ett ekonomiskt optimeringsproblem, även om ibland viss hänsyn tas till andra aspekter; sysselsättning, beredskapsskäl, miljö etc. Dagens insikt om miljöfrågornas betydelse synes dock leda till att viss miljöbelastning prissätts. I så fall kan nyttan av mer miljövänlig teknik få ett direkt avläsbart ekonomiskt värde.

Nya tekniska lösningar resulterar vanligen i sig såväl positiva som negativa effekter, även avseende miljöpåverkan. Det är viktigt att den totala inverkan jämförs med alternativens.

7.1 Energibesparing.

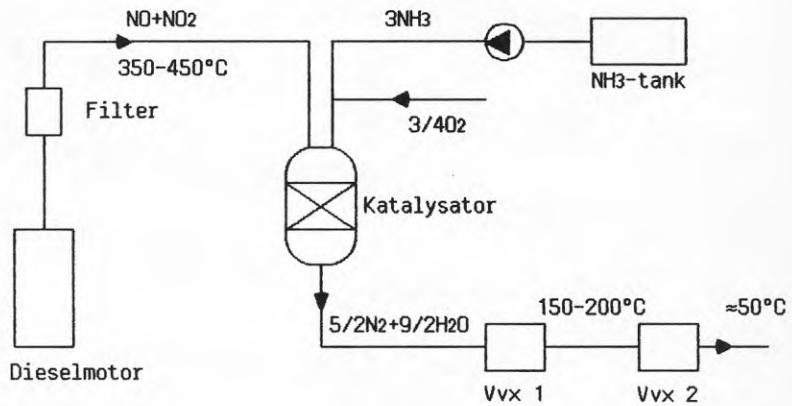
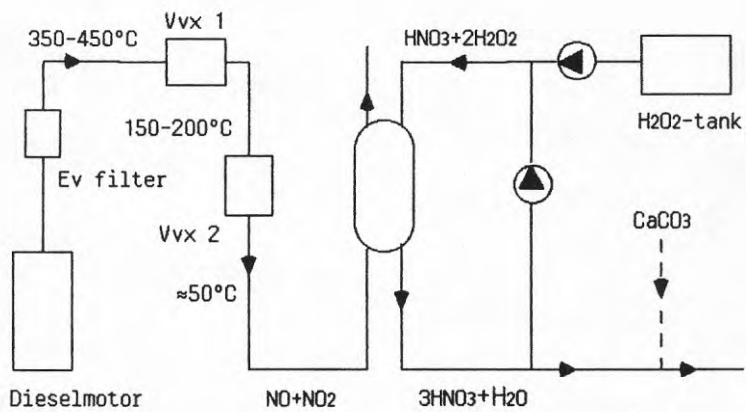
Den mest påtagliga miljöpåverkan från ECOFLEX-anläggningen är en 30%-ig reduktion av primärbränsle. Beroende på bränsleslag varierar lättningen av miljöpåverkan. När som i det här konkreta fallet tjockolja ersätts minskar utsläppen av främst CO₂, svavel, tungmetaller och stoft. *Energibesparing är det säkra sättet att minska utsläpp till omgivningen.*

7.2 Kväveoxider.

Nackdelen med förbränningsmotorer ur emissionssynpunkt är att den höga förbränningstemperaturen ökar halten kväveoxider 5 å 10 gånger jämfört med eldning. De absoluta utsläppen är trots allt små och anläggningsstorleken i detta fall långt under den som föreslagna normer behandlar (<10 MW). Trots detta känns det måhända otillfredsställande att installera processer som i något avseende ökar utsläppen. Mycket arbete har därför lagts ner på att undersöka lämpliga metoder att reducera NO_x-emissionen till nivåer godtagna för stora kraftanläggningar. Det innebär 0,05-0,1 g/MJ tillfört bränsle. Observera att nuvarande normförslag inte tar hänsyn till energispareffekter. Den intressanta siffran är ju totalt årligt utsläpp, och då har en 30 %-ig energibesparing betydelse.

Den idag "konventionella" metoden för NO_x-rening baseras på katalysator och tillförsel av ammoniak. Erfarenheterna är dock begränsade, i Sverige finns ingen motsvarande anläggning. Investeringskostnaden är hög, medan driftkostnaden är relativt låg, förutsatt att katalysatorerna klarar prognostiserad livslängd.

En annan tänkbar metod är tillförsel av väteperoxid, H₂O₂. I detta fall erfordras ingen katalysator, reaktionshastigheten till salpetersyra är tillräckligt snabb ändå. Investeringskostnaden blir därför lägre medan

Figur 7.1. Katalytisk NO_x-rening med ammoniak.Figur 7.2. NO_x-rening med väteperoxid.

driftkostnaden blir högre, då väteperoxid är ca 3 gånger dyrare än ammoniak.

Principerna för respektive process framgår av figurerna 7.1 och 7.2. Katalysatormetoden kräver hög temperatur på avgaserna varför de måste kylas efter NO_x-rening. För väteperoxidmetoden gäller det omvända, avgasernas temperatur bör ligga under 60–70 °C. Risk finns annars att väteperoxiden sönderfaller innan den hunnit reagera med kvävet. Med katalysator och ammoniak finns inget problem med restprodukter. Väteperoxidmetoden däremot ger salpetersyra som rest. Detta kan vara ett problem men också en möjlighet. Salpetersyra med den kvalitet som fås här kan utan vidare användas vid t ex viss stålframställning.

Ekonomiskt syns metoderna likvärdiga. En noggrann jämförelse kräver dock praktiska erfarenheter. Exempelvis kan väteperoxidmetodens okänslighet mot varierande belastning och föroreningar ge avgörande fördelar vid verklig drift. Vidare fås stora ekonomiska fördelar om restprodukten salpetersyra kan avyttras till ett marknadsmässigt pris.

Erfarenheterna från NO_x-rening med väteperoxid är mycket få och någon referens liknande detta fall finns inte. För tillfället pågår dock prov vid en anläggning i västra Sverige med gaser av sämre kvalitet än som fås ur en dieselmotor. Om allt går planenligt bör en del resultat finnas framme till sommaren 1989.

7.3 Buller.

En annan möjlig negativ omgivningspåverkan är buller. Erfarenheterna från stora uteluftvärmepumpar visar dock att ljudet från såväl kompressorer som fläktar kan dämpas i erforderlig grad. Problemet med kylbatteriernas fläktar är annars svårast eftersom det följer med luften. Här tillkommer buller från dieselaggregatet vilket dämpas i maskinrumsväggar och med ljuddämpare i avgaskanalen. Tillämplig norm är Naturvårdsverkets "Råd och riktlinjer för externt industri-buller", 1978:5. Enligt denna skall ljudnivån ej överstiga 40 dBA vid tomgräns nattetid. För särskilt känsliga områden kan detta värde sänkas 5 dBA.

7.4 Köldmedier.

Så kallade CFC-medier eller "freoner" har haft en avgörande betydelse för kylteknikens stora landvinningar under 1900-talet. De har länge betraktats som mycket miljövänliga. Dagens bedömning om deras betydelse för nedbrytning av stratosfärens ozonskikt har förändrat bilden radikalt. Avgörande för CFC-mediernas negativa effekt är deras stabilitet. Genom att inte sönderfalla förrän molekylerna nått stratosfären kan kloratomerna bli skadliga. Man antar att klor fungerar som katalysator vid O₃-molekylens sönderfall. De mest stabila föreningarna, de full-

ständigt halogeniserade, är därför betydligt skadligare än de ofullständigt halogeniserade. Det för värmepumpar vanliga köldmediet R12 är ett exempel på den första typen, medan det likaledes vanliga R22 tillhör den andra typen.

Av ekonomiska skäl väljs R22 framför R12. Problemet är att med R22 fås betydligt högre tryck vid given temperatur. Med R22 kan man normalt klara ca 55 °C utgående vattentemperatur, med R12 ca 75 °C. Högre temperaturer kräver speciella konstruktioner på grund av de höga tryck som då uppstår. R22's skadliga inverkan på ozonskiktet bedöms vara 1/15 av R12's. *Om man kan visa att R22 kan användas i applikationer där nu R12 tillämpas får detta en uppenbar betydelse.*

I dag finns inget bättre alternativ än R22. Ammoniak exempelvis, är ett på många sätt utmärkt köldmedium för värmepumpar. Vid de förhållandevis höga kondenseringstemperaturer som trots allt krävs blir dock tryckrörstemperaturerna för höga. Om detta ska kunna behärskas erfordras fördyrande konstruktioner såsom tvåstegskompression med mellantryckskylning. Även om detta skulle kunna motiveras kvarstår praktiska problem med platsbyggda ammoniakanläggningar i en helt ny applikation.

Ett intensivt arbete för framtagande av nya köldmedier pågår världen över. Innan ett nytt medium kan släppas ut på marknaden krävs exempelvis många tidskrävande tester gällande toxicitet, explosivitet, övrig miljöpåverkan, praktiska frågor såsom samverkan med oljor, tätningsmaterial etc. Det finns ingen anledning att passivt invänta frisläppandet av eventuella bättre medier. Användandet av R22 minskar på intet sätt möjligheten till övergång till andra ännu ej tillgängliga köldmedier, snarare tvärtom.

B. EKONOMI.

De ekonomiska kalkylernas noggrannhet kan självfallet inte bli bättre än underlagets, energikalkylernas. Dessutom tillkommer osäkerheter om investeringskostnad, kapitalkostnad och energipriser. Investeringskostnaden är här baserad på anbud, varför den är förhållandevis säker, åtminstone för detta projekt. Kapitalkostnaden har beräknats utifrån en 20-årig amorteringstid och 6 % realränta. Osäkerheten kring framtida energipriser gör att känslighetskalkyler är nödvändiga.

Ett överskådligt sätt att redovisa den ekonomiska konkurrenssituationen visas i figur 8.1. Där framgår som ytor de prisrelationer vilka gör ren oljeeldning, eldriven uteluftvärmepump respektive förbränningsmotor-driven uteluftvärmepump enligt ECOFLEX-konceptet till billigaste uppvärmningsform. Beroende på egna antaganden om investeringskostnad och energiprisutveckling kan man snabbt avgöra mest lönsamma alternativ.

Utöver ovanstående förutsättningar antas följande:

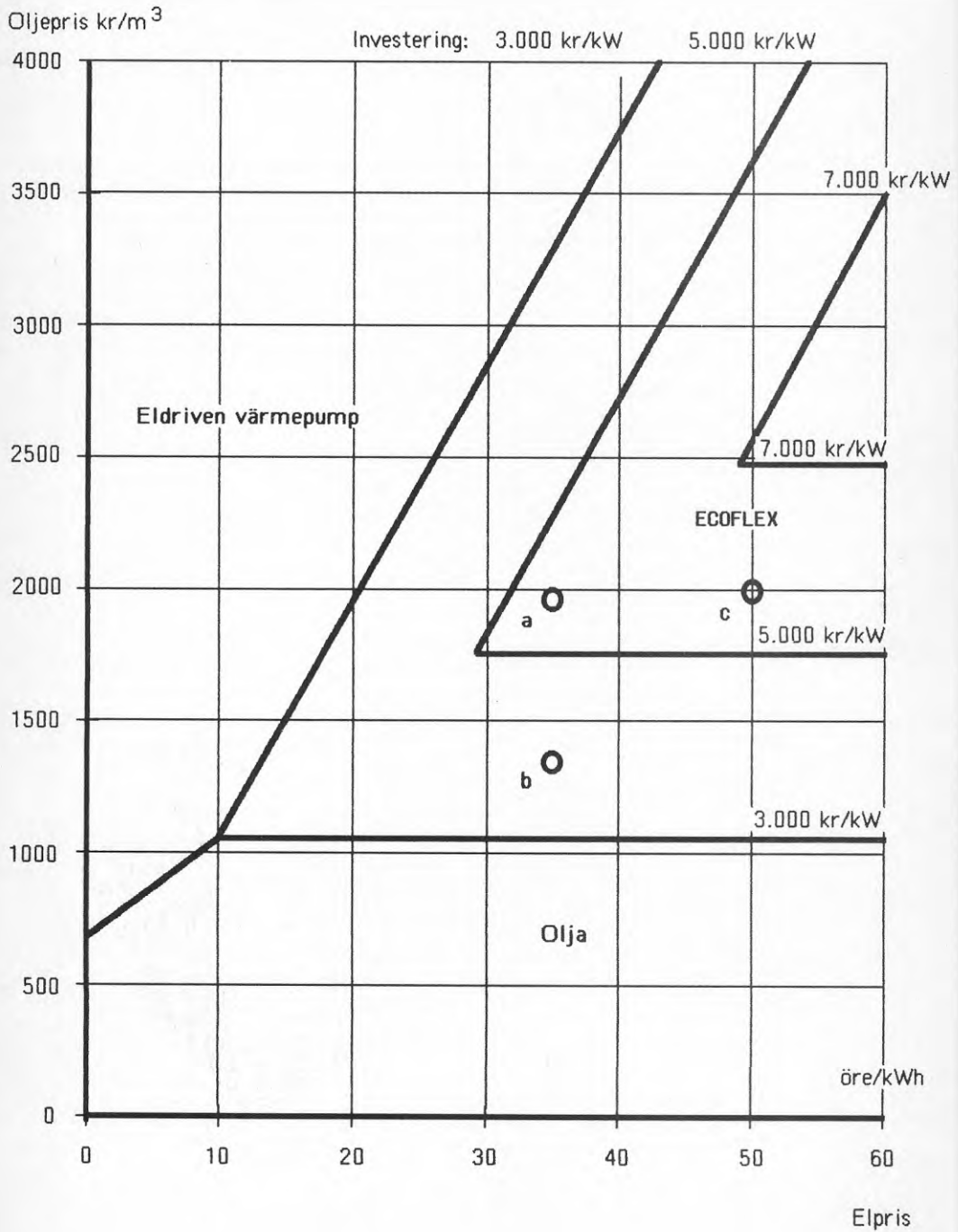
- För service och underhåll avsätts årligen 2,3 % av investeringskostnaden. Annuiteten stiger därmed från 0,087 till 0,11.
- Den eldrivna uteluftvärmepumpens investeringskostnad är 5.000 kr/kW.
- Kostnader för köpt sommarel balanseras av såld vinterel.
- Ingen hänsyn har tagits till lägre service/underhållskostnad av oljeeldningsutrustningen, ej heller till lägre kapitalkostnad på grund av längre livslängd.

Punkten a i figur 8.1 motsvarar aktuell investeringskostnad för ECOFLEX-anläggningen, ca 5.500 kr/kW, och aktuellt genomsnittligt elpris, ca 35 öre/kWh. Vid oljepriset 1.950 kr/kbm ligger punkten a precis vid skärningen där samtliga tre alternativ är likvärdiga. I en sådan situation fortsätter man givetvis med oljeeldning.

Förhållandet blir ett annat om man värdesätter tillgänglig reservkraftkapacitet som ersättning av alternativ produktionsutbyggnad. Detta är högst skäligen eftersom sådan annars måste utföras av elproducenterna. Med alternativkostnaden 5.000 kr/kW blir värdet av reservkraftkapaciteten 7 Mkr. Detta läge motsvaras av punkten b, indikerande en samhällsekonomisk lönsamhet vid oljepriset 1.330 kr/kbm.

Uppenbarligen krävs ett ekonomiskt stöd så att värdet av reservkraftkapaciteten kan krediteras för genomförande av projektiden. Tiden från idé till en utprovad och marknadsmogen anläggning av detta slag kan bedömmas till ca 5 år. Därför är det prognosen för energiprissituationen om 5 år och framåt som skall ligga till grund för ett ställningstagande om stöd idag. Att elpriset kommer fortsätta stiga förhållandevis kraftigt är en av hörnstenarna i utvecklingen inom energiområdet. Det är därför uppenbart att eldrivna värmepumpar inte är eller kommer att bli konkurrenskraftiga utan osannolika energiprisförändringar eller

Figur 8.1. Lönsamhetsdiagram olja / eldriven vp / ECOFLEX

Annuitet $a = 0,11$.

"tekniksprång", jämför punkten c. Den framtida prisutvecklingen på fossila bränslen är betydligt mer svårbedömd. Världsmarknadens utveckling, skatter, beredskaps- och miljöavgifter avgör prisnivån. De flesta prognoser antyder en relativt lugn prisutveckling av världsmarknadspriset de närmsta åren. Den som slår sig till ro med detta resonemang riskerar dock en besvärlig situation om utvecklingen blir en annan ute i världen eller på hemmaplan. Ett fortsatt lågt pris på fossila bränslen kommer att i accelererande omfattning initiera en övergång från el. Användningen av fossila bränslen kan dock inte tolereras öka med bibehållande av kravet på oförändrade CO₂-utsläpp.

Sammanfattningsvis syns principen med dieselelektrisk drift av uteluftvärmepumpar ha möjlighet kunna bli en konkurrenskraftig och ur elför-sörjningssynpunkt intressant teknik redan för 90-talets energisystem.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 861048-0
från Statens råd för byggnadsforskning till Skandinavisk
Termoekonomi AB, Stockholm.**

R62: 1989

ISBN 91-540-5054-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6709062

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna**

Cirka pris: 37 kr exkl moms