



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**

**R51 :1991**

# **Energibalansmodell för mikrokraftvärmesystem**

**Pär Dalin**

**Per Göransson**

**Salvador Valencia**

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135558

# **Bygghforskningsrådet**

R51:1991

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
VÄG- OCH VATTENBYGGNAD  
BIBLIOTEKET

**ENERGIBALANSMODELL FÖR  
MIKROKRAFTVÄRMESYSTEM**

Pär Dalin  
Per Göransson  
Salvador Valencia

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 880992-1  
från Statens råd för byggnadsforskning till ÅF-Energi-  
konsult Stockholm AB, Stockholm.

## REFERAT

Små system för värme och samtidig elgenerering s k Mikrokraftanläggningar blir med stigande elpriser en alltmer attraktiv teknik. Den "optimala" konstruktionen av dessa system påverkas av flera yttre faktorer såsom energipriser, taxekonstruktioner, värmeunderlag (mängd, temperatur), elunderlag, prestanda på ingående komponenter, investeringskostnader etc.

För att möjliggöra framtagning av lämplig systemutformning vid givna förutsättningar krävs någon typ av verktyg som underlättar systemberäkningar. Syftet med detta projekt har varit att ta fram en datorbaserad beräkningsmodell för mikro-kraftvärmeanläggningar samt att utföra ett antal beräkningsfall med känslighetsanalyser.

En beräkningsmodell är framtagen i kalkylprogrammet "Symphony". Kalkyler har utförts för ett kontorshus samt för ett större bostadsområde. Olika system har simulerats vilket påvisar att med dagens förutsättningar avseende energipriser, taxor och skatter erhålls de mest kostnadseffektiva systemen i kombination med värmepumpar.

I Bygghälsningsrådets 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.

R51:1991

ISBN 91-540-5376-5  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

**gotab** 94877, Stockholm 1991

## **INNEHÅLLSFÖRTECKNING**

	<i>Sid</i>	
<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>TEKNIKÖVERSIKT</b>	<b>2</b>
2.1	<i>Förbränningsmotorer</i>	<i>2</i>
2.2	<i>Generatorer</i>	<i>6</i>
2.3	<i>Värmepumpaggregat</i>	<i>7</i>
2.4	<i>Rökgaskondensering</i>	<i>10</i>
2.5	<i>Systemlösningar</i>	<i>11</i>
2.6	<i>Investering, service och underhåll</i>	<i>16</i>
<b>3</b>	<b>BERÄKNINGSPROGRAMMET</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>EXEMPEL</b>	<b>48</b>
4.1	<i>Exempel 1</i>	<i>48</i>
4.2	<i>Exempel 2</i>	<i>54</i>
4.3	<i>Känslighetsanalys och slutsatser</i>	<i>59</i>
<b>5</b>	<b>UTVECKLING &amp; MARKNAD</b>	<b>72</b>

### **BILAGA 1    GENERELLA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR EXEMPLEN**

### **BILAGA 2    GRÄNSVÄRDEN EMISSIONER**

- 2.1 *Sverige*
- 2.2 *Tyskland*
- 2.3 *Internationellt*

### **BILAGA 3    REFERENSER**



## 1 INLEDNING

Syftet med denna rapport är att belysa den ekonomiska bärkraften för små kraftvärmeanläggningar. I huvudsak avses anläggningar för el- och värmeproduktion inom en fastighet eller grupper av fastigheter och en anläggning (här kallad MKV, Mikro Kraft - Värme) utgörs av en förbränningsmotor samt utrustning för generering av el och öveföring av värme.

Ur ekonomisk aspekt har denna teknik flera fördelar. Kostnaderna för ingående komponenter är relativt låga tack vare rationell tillverkning (stora serier). De här applikationerna syftar i huvudsak till reduktion av inköpt elenergi vilket ger hög kreditering för elproduktion.

Den "optimala" systemtekniska konstruktionen samt dimensioneringen av ett MKV-system påverkas av flera parametrar som till exempel energipriser, verkningsgrader, värmeunderlagets utseende etc.

För att på ett effektivt sätt kunna utföra den systemtekniska konstruktionen krävs någon form av verktyg så att olika tekniska lösningars ekonomiska utfall kan simuleras.

Detta verktyg är framtaget och redovisas i denna rapport. Verktöget utgörs av en beräkningsmodell (MKV-kalk) inlagd i matrisberäkningsprogram. Genom modeller kan olika tekniska utformningar simuleras och utnyttjas som underlag vid konstruktion av MKV-system.



## 2 TEKNIKÖVERSIKT

### 2.1 Förbränningsmotorer

Inom förbränningsmotortekniken finns det två huvudtyper av kolvmotorer, ottomotorer och dieselmotorer. Skillnaden mellan motortyperna är att vid en ideal ottoprocess sker förbränningen under konstant volym medan vid en ideal dieselprocess sker förbränningen under konstant tryck.

Ottomotorn är den "vanliga" tändstiftsmotorn, där bränsle- och luftblandningen antänds med en gnista i eller nära kolvens övre dödpunkt. Ottomotorn kan med fördel utnyttjas med naturgas. Eftersom naturgasen är mindre benägen för självantändning (knackning) än exempelvis bensen, går det att höja kompressionen vid naturgasdrift. Detta kan medföra att motorns verkningsgrad ökar.

En dieselmotor utformad för drift med enbart olja fungerar enligt följande:  
Förbränningsluft sugas in i cylindern och komprimeras.

Vid maximal kompression, som är väsentligt högre än i en ottomotor, har förbränningsluftens temperatur höjts och ligger klart över bänsllets självantändningstemperatur.

Olja sprutas då in i cylindern med högt tryck genom speciella munstycken. Olja atomiseras och självantänder.

Då dieselmotorn skall köras på gasformigt bränsle tillförs detta motorn med förbränningsluften och komprimeras. Antändning sker genom att en liten del dieselbränsle sprutas in vid max kompression. Andelen dieselbränsle vid gas- och dieseldrift är cirka 5-8 % av totala bränsleenergitillförseln vid fullast.

I tabellen nedan ges en sammanställning av effekter och verkningsgrader för olika motortyper vid el- och värmeproduktion.

	Eleffekt- intervall	Elverks- ningsgrad	Totalverk- ningsgrad
<u>Ottomotor</u>			
Fordonsmotor	20 - 200 kW	25-30 %	75-85 %
Industrimotor	200 - 3000 kW	30-35 %	85-90 %
<u>Dieselmotorer</u>			
Högvarvsdiesel	200 - 1000 kW	35-40 %	-80 %
Mellanvarvsdiesel	1000 - 3000 kW	45-50 %	-90 %

\* Totalverkningsgraden är avhängd återvinningsgraden och kan i princip nå 100 % (110 % räknat på övre värmevärde, gas).



## Leverantörer

På marknaden finns en rad tillverkare av förbränningsmotorer för gasdrift. Flera tillverkare levererar kompletta moduler innehållande motor, generator, elutrustning, värmeväxlare, ljuddämpare, rökgasvärmväxlare m m. Exempel på högvarviga (gasmotorer av ottotyp) är t ex Fiat (Totem), MAN, Dorman, Deutz-MWN, Jenbacher, Waukesha, Caterpillar, Köhler och Ziegler och Kaset. Wärtsilä och Deutz-MWN tillverkar 4-takts gasdieselmotorer och exempel på lågvarviga 2-takts gasdieselmotorer (dual-fuel) är MAN B & W.

## Miljöaspekter

När det gäller miljöaspekten råder förhållanden i kolvmotorer som framför allt gynnar bildning av  $\text{NO}_x$ . Detta gäller speciellt motorer som ursprungligen utvecklats för dieseldrift. En motor som är optimerad för hög verkningsgrad har ett luftöverskott på 20-30 %, vilket nära sammanfaller med maximal bildning av  $\text{NO}_x$ .

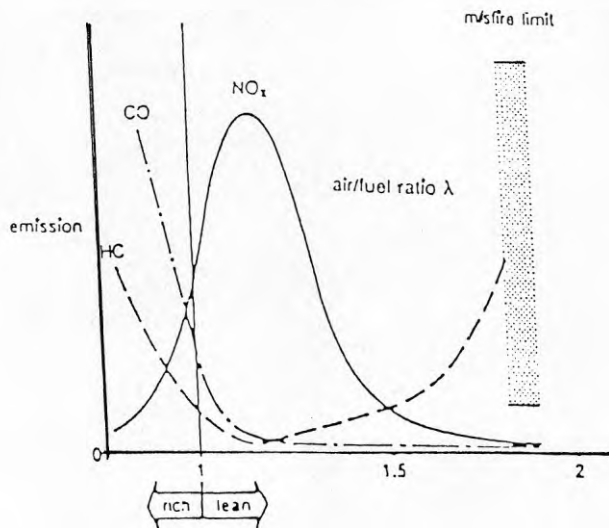


Bild 2.1.1  $\text{NO}_x$ , CO och HC bildning s.f.a förhållandet luft/bränsle (lambda-värdet)

Som exempel kan nämnas att en mindre högvarvig ottomotor optimerad för hög verkningsgrad och dito effektuttag har  $\text{NO}_x$ -värden på cirka 2 500 mg/MJ.

Miljöfarlig verksamhet, exempelvis utsläpp av rökgaser från naturgas till atmosfären, regleras i miljöskyddslagen och redovisas i bilaga 2.1. I regeringens proposition "miljöpolitiken inför 90-talet" anges de tyska bestämmelserna TA-luft som den nivå som bör gälla även i Sverige. I bilaga 2.2 och 2.3 anges dessa och internationella  $\text{NO}_x$ -gränsvärden.

Även om det idag ej förekommer  $\text{NO}_x$ -gränsvärden för mindre anläggningar så kan den lokala miljö- och hälsoskyddsnämnden sätta egna gränsvärden. Nivåer för  $\text{NO}_x$  som kan förväntas ligger mellan 50 och 200 mg/MJ tillfört bränsle.

Det finns idag möjligheter att reducera  $\text{NO}_x$ -utsläppen från förbränningsmotorer så att de svenska kraven innehålls. Det gäller framför allt ottomotorer som idag ger större möjligheter att reducera  $\text{NO}_x$ -utsläppen, både med katalysatorer och förbränningstekniska åtgärder såsom förändring av utformning av förbränningskammare, vatteninsprutning och rökgasåtervinning. Generellt kan sägas angående dieselmotorer att lågvarvs- och medelvarvs-gas/dieslar är det svårare att klarar angivna nivåer utan katalytisk rening och/eller i kombination med motortekniska åtgärder.

#### Motortekniska åtgärder

Utvecklingsarbetet är intensivt när det gäller att finna åtgärder i motortekniken, som minskar  $\text{NO}_x$ -emissionerna. Nedan följer exempel på prövade motortekniska åtgärder.

- Rökgasåterföring. Med 10% återföringsgrad har vid försök påvisats ca 50%  $\text{NO}_x$ -reduktion.
- Optimering av förbränningsrummet så att extrema tryck- och temperaturförhållanden lokalt undviks.
- Fördröjd insprutning (diesel) eller tändning (otto). Ca 30 %  $\text{NO}_x$ -reduktion har påvisats vid försök med fördröjd insprutning.
- Förblandning av luft och rökgas (otto).
- Vatteninsprutning med förbränningsluften och vatteninblandning i bränslet.
- Lean burning. Förbränning vid luftöverskott, lambda 1.6-1.7.

### Rening av rökgaser

Beroende på motortyp är två olika typer av katalysatorer aktuella.

3-vägskatalysator (Non Selective Catalytic Reduction, NSCR)  $\text{NO}_x$ , CO och HC reduceras. Fungerar enbart på mindre 4-takts ottomotorer. Stora krav ställs på exakt lambda (0.99) för att nå optimal drift. Vissa motorleverantörer garanterar lägre  $\text{NO}_x$ -halter än 50 mg/MJ.

Selektiv katalytisk reduktion (SCR) med ammoniak  $\text{NO}_x$  reduceras till kvävgas och vatten m.h.a. ammoniak vid lambdavärden mellan 1.1 och 1.5. Utrustningen är lämplig för 2- och 4-taktsmotorer vid gas och dieseldrift.

Rökgaserna kan även renas utan katalysator genom separat efterförbränning eller genom att tillsätta kemikalier.

Flera olika kemikalier är omnämnda i litteraturen såsom väteperoxid-dosering och isocyansyra-dosering dessa metoder är dock relativt oprövade.

### Slutsatser och kostnader

Ofta är motortekniska åtgärder ej tillräckliga för att minska  $\text{NO}_x$ -utsläppen. För större anläggningar erfodras då rening av rökgaser i kombination med motortekniska åtgärder. De erfarenheter för reningsutrustning som finns tillgängliga visar på kostnader från 2 öre per producerad  $\text{kWh}_{el}$  och uppåt.

## 2.2 Generatorer

Det finns två huvudtyper av generatorer för alstring av växelström, asynkrongenerator och synkrongeneratorer. I kraftsammanhang används huvudsakligen synkrongeneratorer (i varje kraftproduktionssystem måste den största delen av generatorerna vara synkrongeneratorer) men i vissa applikationer kan det vara fördelaktigt med asynkrongeneratorer.

De föreskrifter som skall iakttas vid egen produktion av el är starkströmsföreskriften samt kraven från Svenska Elverksföreningen.

### *Generatorns elektriska inkoppling*

Det finns olika möjligheter att koppla in generatorn, Valet är beroende av ekonomiska förutsättningar och anläggningens totala utförande.

Vid egenproduktion av elkraft finns två grundkopplingar:

- Generatorn försörjer ett eget kraftnät med kraft, som ej är i elektrisk förbindelse med det yttre kraftnätet.
- Generatorn ansluts till ett befintligt nät, kan inkopplingen utföras på samma sätt som konventionella reservkraftaggregat vid t ex sjukhus.

Nedan sammanfattas aspekterna på val av generatortyp i olika inkopplingar:

#### Enbart koppling mot eget kraftnät

Synkrongenerator i hela effektområdet. En asynkrongenerator med dess omfattande kringutrustning för att klara konstant ström, spänning, frekvens vid olika belastningar blir lika dyr som en synkrongenerator.

#### Koppling mot befintligt kraftnät

Asynkrongenerator om eldistributören medger detta. Det förutsätter då att nätets huvudförsörjning utgörs av betydligt större synkrongeneratorer som ombesörjer spännings- och frekvensreglering.

Skall anläggningen kunna leverera kraft även vid nätbortfall, dvs utgöra reservaggregat, väljs synkrongenerator.

## 2.3 Värmepumpaggregat

Vid konventionella anläggningar utan värmepumpaggregat ligger totalverkningsgraden på mellan 75 och 90%. Ytterligare 15-35% är möjliga att återvinna, räknat på bränslets övre värmevärde (ca 110% för naturgas, 106% för diesel). Orsaken till att denna värme ej återvinns är att temperaturnivåerna är för låga för att direkt överförs till värmesystemet (se kap. 2.6).

Med hjälp av en värmepump är det i de flesta fall lönsamt att återvinna hela eller delar av denna värme vilket framgår av kapitel 4.

Förutom värmepumpens positiva effekt på totalekonomin vid samdrift med förbränningsmotorn finns ytterligare fördelar. Värmepumpen kan under övrig tid drivas av extern el, vanligen låglastel, med tex uteluft eller frånluft som värmekälla. Den kan även fungera som komfortkylaggregat. Värme och komfortkyla kan då produceras utan att belastas av investeringskostnader.

### Verkningsgrader (c.o.p)

De senaste årens värmepumputveckling har präglats av aggregatsanpassning till nya, mindre miljöpåverkande köldmedier. Dessutom har förenklingar och förbättringar av aggregatens utformningar gjorts för att öka tillgängligheten. Även prestandan har förbättrats bl.a genom utveckling av förångare och kondensorer i form av plattvärmeväxlare som ger sänkta temperaturdifferanser och högre cop.

Nedan visas vilka värmefaktorer som kan uppnås vid olika förångnings- resp. kondenseringstemperaturer.

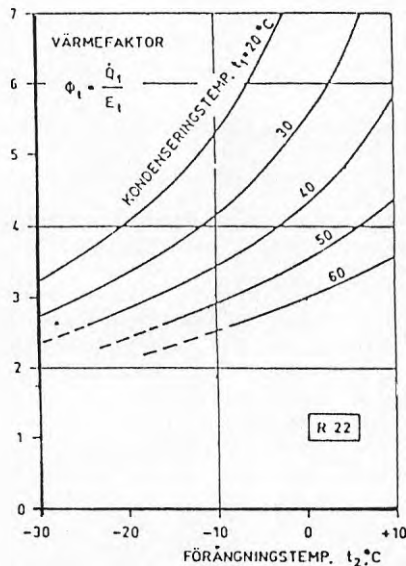


Bild 2.3.1

Vid kraftvärmeapplikationer har värmepumpen tillgång till betydligt högre temperaturnivåer än vid text uteluft under vinterhalvåret. Den kan därför arbeta med gynnsamma förångningstemperaturer varför värmefaktorer på över fyra kan erhållas.

### Allmänna konverteringsprinciper

Värmepumpaggregatets kompressor måste tillföras drivenergi i någon form. Den traditionella lösningen med elmotordrift kopplad till elnätet kan konverteras till förbränningsmotorbaserad drift. Kopplingen mellan motorn och kompressorn är möjlig att lösa på olika sätt med olika grad av ingrepp i kompressorn. De i figuren nedan visade kopplingarna kan vara realistiska med tanke på investeringar och platsbehov.

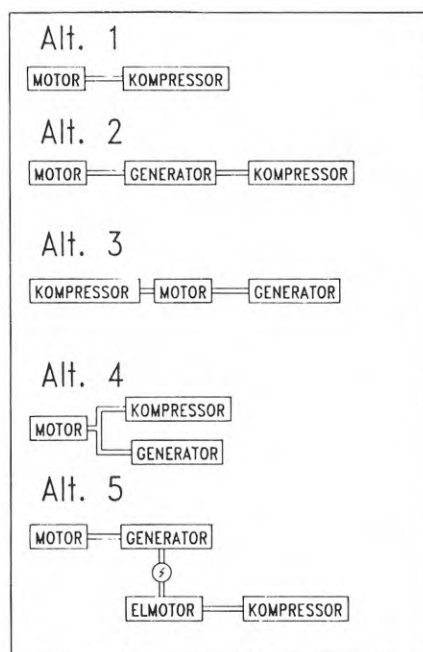


Bild 2.3.2 konverteringsprinciper

- 1 Kompressorn drivs direktkopplad till motorn.
- 2 Kompressorn kopplas i serie med generatorn.
- 3 Kompressor, drivmotor och generator i serie, i serie med de båda övriga komponenterna.
- 4 Parallellkoppling av kompressor och generator, båda drivna från motorns baksida.
- 5 Inkoppling av en elmotor via el från generatorn.

Alternativ 1-4 innebär ingrepp i kompressorn, vilket endast är aktuellt för s k öppna kompressorer. Dessa alternativ är relativt ovanliga i mikrokraftvärme-sammanhang. I alternativ 5 bibehålls kompressorn och elmotorn intakt. Kopplingen innebär att maximal flexibilitet erhålls vad gäller placeringen av kompressorn. Elförsörjningen till elmotorn sker då via förbränningsmotordriven generator och är applicerbar både på öppna och övriga kompressortyper.

Alternativet bedöms ha de största utsikterna på den svenska marknaden den närmaste framtiden och är idag den i särklass vanligaste lösningen. Förutom flexibiliteten finns fördelar som att idag serietillverkad utrustning kan användas och att ingrepp i befintliga kylaggregat ej är nödvändiga.

Övriga systembeskrivningar och exempel i rapporten utgår från detta alternativ.



## 2.4 Rök-gaskondensering

Genom kylning av rök-gaserna kan energiförlusterna i form av sensibelt och latent värme återvinnas. Det sensibla värmnet erhålls genom temperatursänkning och det latent värmnet genom kondensering av vattenånga i rök-gaserna.

kylningen kan ske enligt två principer, indirekt och direkt kylning.

Vid kondensering erhålls ett kondensat som måste neutraliseras. Vanligtvis används natriumhydroxid eller kalk. Kondensatet som kan vara mycket korrosivt gör att materialvalet i kylaren är viktigt. Syrafast stål och plaster är material som används idag i indirekta kylare.

Vid en jämförelse kan sägas att de indirekta systemen har fördelar som:

- Billigare kondensatbehandling eftersom det ej är uppblandat med kylmediet.
- Stabilare och drift
- Högre kylvattentemperaturer

Samtidigt finns nackdelar som:

- Högre tryckfall
- Rengöring av växlarytorna är mer omfattande
- Högre investeringskostnader, upp till fyra gånger de direkta systemen.

Bränslet spelar en stor roll vid rök-gaskylning. Naturgasen är betydligt renare, ger mindre korrosionsproblem och kondenserar vid en högre temperatur. Kostnaderna för kondensering vid naturgasdrift kan därför bli betydligt lägre än för diesel samtidigt som tillgängligheten kan bli högre.

Några exempel på tillverkare av rök-gaskylare är Alfa-Laval Termal, Fagersta Energetics, Toveku, Andeze, IGF och Atena.

## 2.5 Systemlösningar

En förbränningsmotorbaserade mikrokraftvärmeanläggningens ekonomi är beroende av möjligheten att utnyttja diesel/gasmotorns förluster för ersättning av primärenergi.

Ett effektivt utnyttjande av dessa förluster ger olika systemtekniska utformningar beroende av t ex temperaturnivå i distributionssystem, relativ storlek jämfört med värmeunderlagets effektbehov. Optimal dimensionering påverkas i sin tur bl a av bränsle- och elpris.

Det betyder att systemlösningar ej är allmängiltiga utan beror på aktuella förutsättningar. Nedan redovisas dock ett antal principiellt olika utförande för några applikationer.

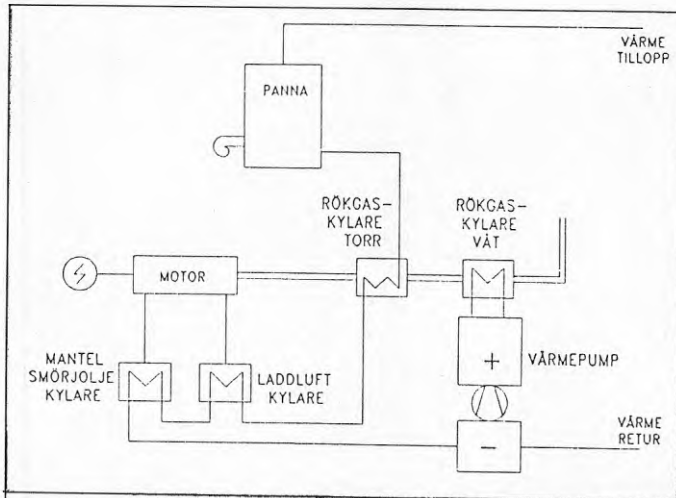


Bild 2.5.1

Förbränningsmotordriven generator med värmepump samt system för värmeåtervinning.

Värme från förbränningsmotorn anges från rörgaser, mantel, smörjolja, insugningsluft/ och via strålning. Mantel- och smörjoljekylningen är ofta sammankopplad till ett integrerat kylsystem. För återvinning av strålningsförluster kan en rumskylare installeras i motorrummet. Den kan då ta tillvara strålningsförlusterna och generatorförlusterna.

I ett system med värmepump kan värme från förbränningsmotorn återvinnas via direkt överföring eller via aggregatets förångarsida. Valet är beroende på temperaturnivån. När temperaturnivån hos

värmekällan understiger kylaggregatets temperaturkapacitet skall den inkopplas på dess förångnings- sida och i annat fall på distributionssidan.

Vid utformning av anläggningen är kunskaper om de termodynamiska förhållandena som råder i motor- och värmepumpprocessen av största vikt.

Avgörande för den verkningsgrad som kan erhållas i en förbränningsmotorbaserad anläggning är möjligheterna att återvinna förlustvärme från förbränningsmotorn. Av detta skäl är värmesänkans temperaturnivå av helt avgörande betydelse.

Nedan framgår översiktligt kyltemperaturer samt hur andel förluster för olika motortyper kan fördelas.

	Temp. område värmekälla °C	Dieselmotor Högvarig	Gasmotor
Mekanisk energi		37 %	33 %
Oljekylning	60-100°C	16 %	25 %
Mantelkylning			
Laddluftkylning	40- 70°C	10 %	5 %
Avgaskylning torrt	120-500°C	20 %	20 %
Avgaskylning vått	20-120°C	17 %	22 %
Rumskylning	20°C	5 %	5 %

som framgår ur ovanstående kan en stor del av förlustenergin från motorn återvinnas direkt till ett värmesystem med normala temperaturnivåer. Utan värmepump för värmeåtervinning kan därför små anläggningar placerade "nära" slutanvändaren ofta ge högre totalverkningsgrad jämfört med anläggningar där t ex ett fjärrvärmenät utgör värmesänka.

Det är förutom rumskylning framförallt kylning av laddluft samt rökgaser (kondensering) som kräver lägre kyltemperaturer.

Om en värmepump utnyttjas är begränsningarna naturligtvis mindre men även här måste hänsyn tas till temperaturnivå beaktande av valet av köldmedium.

Speciellt fördelaktiga förutsättningar är central tappvarmvattenproduktion där inkommande kallvatten kan utnyttjas för t ex kylning av rökgaser, laddluft och eventuell rumskylning.

Exempel på systemutformningar i det följande:

I det följande beskrivs några olika anläggnings-typer:

1. Mikrokraftvärmeanläggning utan värmepump med tillgång till värmeunderlag med låg temperatur-nivå i kombination med varmvattenproduktion.

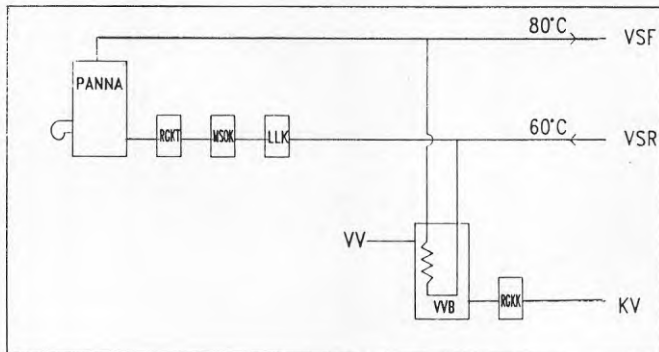


Bild 2.5.2

RGTT = rökgaskylare torr  
 RGKK = rökgaskylare kondenserande  
 MSOK = mantel och smörjoljekylare  
 RGK = laddluftkylare

Här utnyttjas värmedistributionssystemet och inkommande kallvatten för kylning av motorn och dess rökgaser. På detta sätt kan verkningsgrader upp till ca 100 % erhållas genom att latent värme utvinns ur rökgaserna. Om central tappvattenproduktion inte utnyttjas kan en del av den latent värmen återvinnas genom att denna kylare genomströmmas av oförvärrat returvattnet.

2. Mikrokraftvärmeanläggning med värmepump för återvinning av fölustvärme från rökgaser och laddluft.

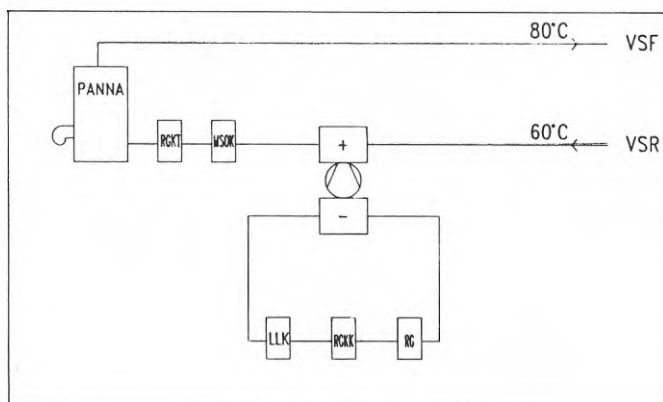


Bild 2.5.3 RK = rums kylare

Genom denna lösning förbrukas en del av elproduktionen för drift av värmepumpen vilket ger mindre mängd el för reduktion av köpt el eller försäljning. Fördelen med denna lösning är dock att verkningsgraden blir högre genom att i stort sett alla förluster återvinns i systemet.

3. Mikrokraftvärmeanläggning med värmepump där värmepumpen hämtar värme från en extern värmekälla

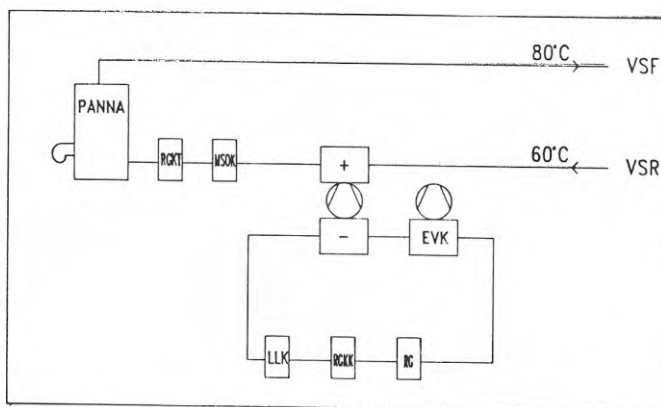


Bild 2.5.4 EVK = extern värmekälla

Här har anläggningen kompletterats med en anslutning av värmepumpens förångare till en extern värmekälla som t ex kan utgöras av uteluft eller återvinning av annan spillvärme.

Fördelen med denna systemutformning är att värmepumpen kan vara idrift under tiden när elpriset är lågt och då förbränningsmotorn ej är idrift.

I t ex kombination med komfortkyla är det ej lämpligt att producera el via förbränningsmotor sommartid eftersom värmeunderlaget då är litet.

Det finns många olika sätt att bygga upp ett system för samtidig el och värmegenerering via förbränningsmotorer och den mest lämpliga utformningen ska avpassas efter förutsättningarna.

I avsnitt 4 redovisas energibalanser och driftekonomi för några olika systemalternativ med ett givet objekt som underlag.

## 2.6 Investering, service och underhåll

Investeringskostnaderna för en komplett modul innehållande kraftgenerering, återvinning av värmeförluster och NO<sub>x</sub>-reningsutrustning varierar beroende av motortyp. Det effektområde som nedan angivna priser gäller för är mellan 200 kW och 1 400 kWel. De lägre priserna är aktuella för de större effektstorlekarna. Inga kostnader för anslutning av yttre ledningar, byggnad, mark eller byggherrekostnader ingår i priserna. Det bör även noteras att spridningen på priserna är relativt stor från olika leverantörer för samma effektstorlekar (1990 års kostnadsnivå).

Gasmotoraggregat	5 000 - 7 000 kr/kW <sub>el</sub>
Dual-fuel dieselmotor (aggregat 4-takt)	4 000 - 8 000 kr/kW <sub>el</sub>

Nedan visas en sammanställning av anbudspriser för komplett anläggning (1989 års priser):

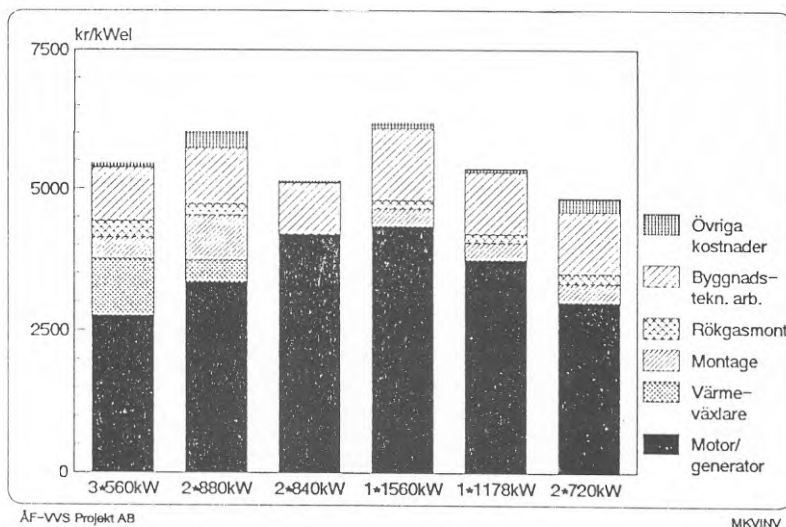


Bild 2.6.1



Om anläggning kompletteras med återvinning av lågtemperaturrenergier med värmepump som beskrivs i kapitel 2.5 tillkommer mellan 1500 och 3500 kr/kW värme ut från värmepumpen vid värmefaktor 3,5.

Normalt underhåll för kolvmaskiner i storleksordningen 100 - 1 000 kW sett över dess totala livslängd utgörs av:

- Förebyggande underhåll i nivåer från 1 000 h till 10 000 h.
- Större översyn med intervall varierande mellan 10 000 - 5 000 h, bl a topplock och kolvringar.
- Helrenovering med intervall varierande mellan 50 000 - 100 000 h bl a byte av kolvar och foder.

Total drift- och underhållskostnad för gasmotorer av ottotyp exklusive personal är 4-8 öre/kWhel och motsvarande 2-7 öre/kWhel för dieselmotorer.

### 3 BERÄKNINGSPROGRAMMET

#### **MKV-kalk**

Att beräkna driftekonomin för en anläggning med samtidig el och värmeproduktion är komplicerat på grund av att många olika parametrar inverkar. Av detta skäl är det lämpligt att utnyttja datorbaserade modeller som hjälpmedel. Detta är en förutsättning vid t ex framtagning av känslighetsanalyser då handberäkningar skulle bli extremt tidskrävande.

En beräkningsmodell av generell art har tagits fram. Beräkningsmodellen MKV-kalk är inlagd i kalkylprogrammet "symphony".

Nedan följer en kort beskrivning av MKV-kalk samt en detaljerad beskrivning av in- och utdata.

#### **MKV-kalk: uppbyggnad**

- Beskrivning av förutsättningar.  
Här definieras värme- och elunderlagets utseende uppdelat på månads-, vecko- och dygnsbasis. Vidare anges energipriser samt taxor för köp och försäljning av el.
  
- Viktiga indata är också information om värmeunderlagets temperaturnivåer samt möjligheten att tillföra förlustvärme från "mikrokraftvärmesystemet".
  
- Beskrivning av "mikrokraftvärmesystem". Systemet består av komponenterna.
  - Förbränningsmotor med överföring av axel-effekt till en generator samt värmeöverföring via; mantelkylning, laddluftkylning, rums kylare, rökgaser torrt steg samt kondenserade rökgaskylning.
  - Generator som producerar el.
  - Värmepump som återvinner värme från förbränningsmotorn samt från annan valfri värmekälla.

Förbränningsmotorernas egenskaper avseende axelverkningsgrad samt fördelning av värmeförluster varierar med motortyp, axeleffektnivå, belastningsnivå samt kylmedietemperatur. För att erhålla verklighetsnära beskrivning av motorpresterande innehåller programmet en möjlighet att beskriva verkliga maskintypers prestanda av ovanstående parametrar. På detta sätt kan specifika anläggningsutformningar simuleras. Vidare anges i anläggningsutformningen storlek av ev värmepump samt i vilken grad förlustvärme återvinns direkt till värmedistributionssystem eller via värmepump.

Avgörandet för anläggningens utformning är här bl a värmesystemets temperaturnivå samt systemets relativa storlek.

Som en förutsättning anges systemets tillgänglighet och drifttid för resp månad.

• Utdata energibalans.

Som utdata ur programmet erhålls uppgifter om producerad värmemängd under låglast- resp höglasttid för årets månader. På samma sätt anges mängden producerad elenergi samt andelen som försäljs externt dvs utanför det abonnemang som elunderlaget representerar.

• In- och utdata ekonomi.

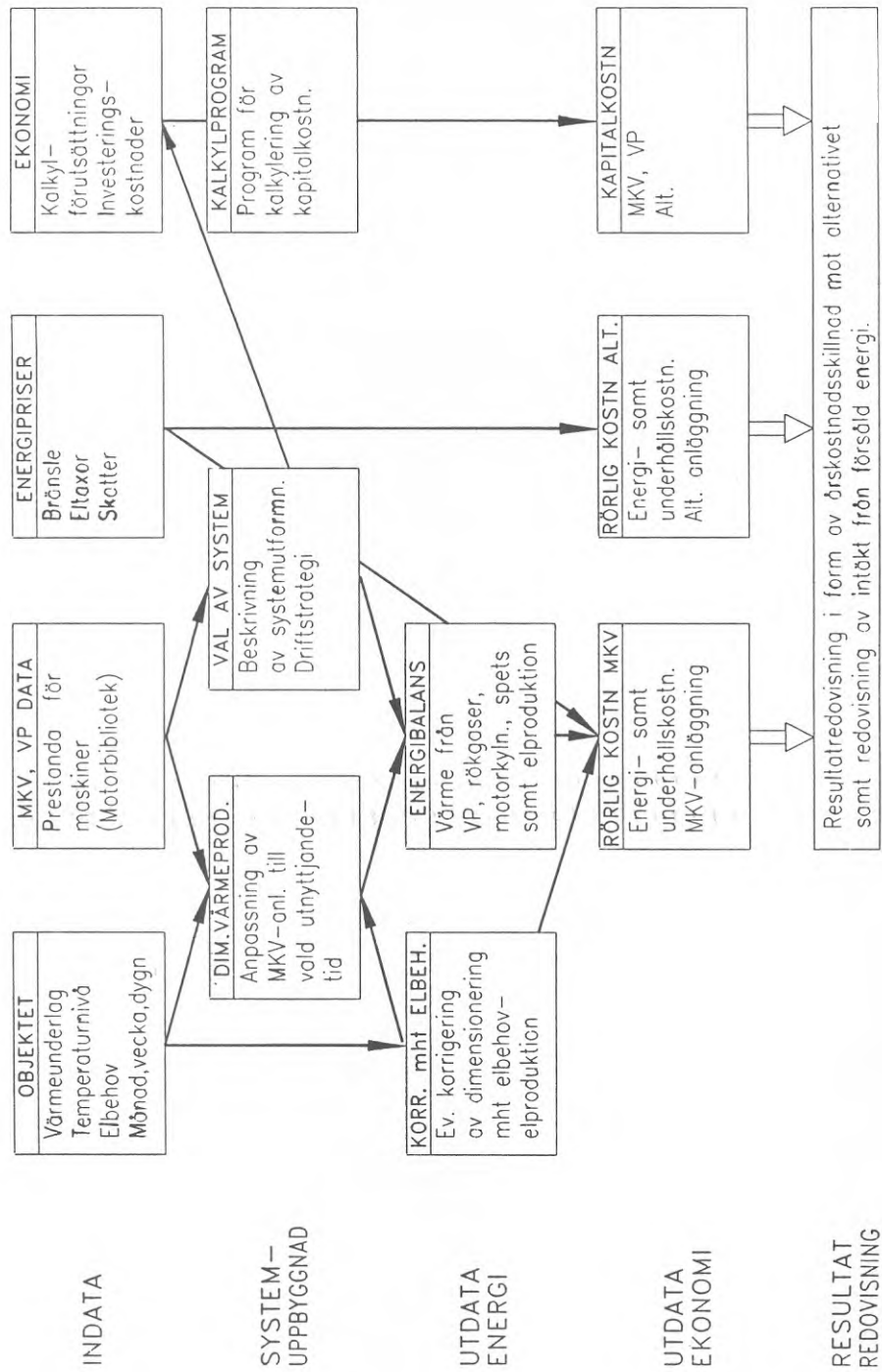
Investeringskostnader beräknas via angivelse av specifik kostnad för komplett kraftvärmeproduktionsenhet samt för värmepumpanläggning. Kapitalkostnaden beräknas med angivande av finansieringsförutsättningar.

Energikostnaden beräknas från angivna energipriser och taxor samt skattetekniska förutsättningar.

Total årskostnad beräknas och separeras bl a för låglast, höglast samt månadsvis och jämförs med ett tänkt alternativ som t ex kan utgöras av endast värmeproduktion via bränsle-eldad värme-panna.

Bild 3.1 redovisar schematiskt beräkningsprogrammet MKV-kalks uppbyggnad.

Principbeskrivning beräkningsprogram MKV – kalk



INDATA

SYSTEM –  
UPPBYGGNAD

UTDATA  
ENERGI

UTDATA  
EKONOMI

RESULTAT  
REDOVISNING

### Programbeskrivning

Nedan redovisas beräkningsgången uppdelad i indata och beräkningstabeller. Energier och effekter som anges i programmet är definierade enligt nedanstående bild.

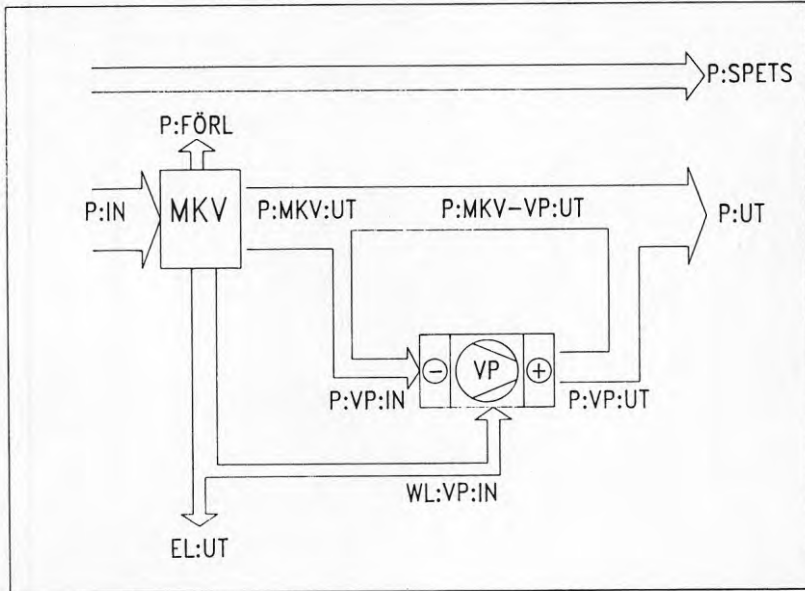


Bild 3.2

(1):BRÄNSLEKOSTNAD-kr/MWh:

Valid Sort	kr/m3	kr/MWh	Gr:pris	TOT:Skatt	Moms	Red:Skatt	Sort	kr/m3	kr/MWh	Gr:pris	TOT:skat	Moms	Red:skatt	E:skatt	CO2:skatt	S:skatt
B1 (MKV)	3500	350	149	131	70	54	[Eo1]	3000	298	108	131	60	60	54	72	5
Bränsle 2	3500	350	149	131	70		[EO5is]	3200	300	108	132	60	60	51	68	13
Bränsle 3							[EO5]	3200	289	92	139	58	58	51	68	20
							[Ng]	0	0		66			16	50	0
							[Sg]	0	0							
							[Gasol]	0	0							
EI	-	T4		72		0	[E]	-	T4	72	72		40			

Tabell 1 [INDATA]

Bränslekostnader anges inklusive moms som delas upp i grunngpris total skatt och moms. Här anges även eventuella skattereduktioner i kolumn 7. Vid bränsle 1:K7, anges om någon reduktion förekommer på den del av bränslet som går till värme. Vid EI:K7 anges om någon reduktion av elskatten förekommer.

Tabell 2 - 3  
[INDATA & BERÄKNINGAR]

Ansätt tider för hög och låg-  
laster T2. Fördelning av tider  
över året beräknas i T3.

(2):LASTTIDER-(Köpi/Försäld el):		Period	h/dag	h/vecka
		07-21	14	70
	Höglast:	21-07	10	98
	Låglast:			
-----				
(3):HÖG LÅGLASTTIDER-(h/mån):		-----		
Ant.dagar	Köpt el		Prod.el	
	Hög	Låg	Hög	Låg
JAN	31	310	434	310
FEB	28	280	392	280
MAR	31	310	434	310
APR	30	300	420	300
MAJ	31	310	434	310
JUN	30	300	420	300
JUL	31	310	434	310
AUG	31	310	434	310
SEP	30	300	420	300
OKT	31	310	434	310
NOV	30	300	420	300
DEC	31	310	434	310
TOT	365	3650	5110	3650
::				5110



Tabell 4 [INDATA]

Eltaxor exkl. moms för köp och försäljning ansätts.

(4):ELTAXA (kr/MWh):-rörilig del:(exkl.moms)

	KÖPT EL(In.skatt)		SÅLD EL(Ex.skatt)		KÖPT EL(Exkl.skatt)	
	Höglast	Låglast	Höglast	Låglast	Höglast	Låglast
JAN	640	320	402	194	568	248
FEB	640	320	402	194	568	248
MAR	640	320	402	194	568	248
APR	304	264	194	137	232	192
MAJ	304	264	138	118	232	192
JUN	304	264	138	118	232	192
JUL	304	264	138	118	232	192
AUG	304	264	138	118	232	192
SEP	304	264	194	117	232	192
OKT	304	264	194	117	232	192
NOV	640	320	402	194	568	248
DEC	640	320	402	194	568	248
	444	287			372	215

Tabell 5 [INDATA]

Indata för en grov beräkning av anläggningens energi och effektbehov. Alternativt kan uppmätta data eller en mer exakt bedömning föras in direkt i tabell 6. Här anges även värme-sänkans temperaturnivåer.

	Bef:anl	Alt:anl	Anm:
(5):GENERELLA INDATA:			
-----			
Ange Max.Effekt:	4900 kW		
Effekt:Vinter:	kW	530	Effektbehov i byggnaden
Effekt:År:	kW	530	424 Medelvärde 4h(maxvärdet)
Effektbehov VV:	600 kW		424 Medelvärde 4h(maxvärdet)
Utnyttjingstid:	1600 h		(10-15% av Max.Effekt)
Årsenergibehov:	7840 MWh/år		(1500-3000h)
Värmebehov:	2584 MWh/år		Max.Effekt*Utnyttjingsstid
Varmvattenbehov:	5256 MWh/år		Energibehov-VV
Balans-temp.:	17 °C		Effekt:VV*8760h
Verkn:gr Bef:Anl:	85 %		
Energiförbrukn:	9224 MWh/år		Energibehov / Verkn.grad
-----			
Värmebehov:	2.598 MWh/år	Från tabell 6	
Varmvattenbehov:	5.256 MWh/år	Från tabell 6	
-----			
Framl.temperatur:	60 °C		
Returtemperatur:	40 °C		
:::			

Tabell 6 [INDATA alt. FRÅN T5]

(6):EFFEKTBEHOV (kW):

	T:medel	P(+,-)%	P:konst	P:var	P:+,-	P:MKV	Uppv.%
JAN	-2,9	6	600	576	35	1141	100
FEB	-3,1	6	600	582	35	1147	100
MAR	-0,7	6	600	512	31	1081	100
APR	4,4	6	600	365	22	943	100
MAY	10,1	6	600	200	12	788	100
JUN	14,9	6	600	0	0	600	0
JUL	17,8	6	600	0	0	600	0
AUG	16,6	6	600	0	0	600	0
SEP	12,2	6	600	139	8	731	100
OKT	7,1	6	600	286	17	869	100
NOV	2,8	6	600	411	25	986	100
DEC	0,1	6	600	489	29	1060	100
TOT	6,6	6,0	600,0	297	18	879	

Kolumn 4-7 från tabell 5 och fördelas efter resp. månads medeltemperatur kolumn 2. Alternativt kan dessa värden föras in direkt. Variationen under månaden kan anges i kolumn 3. Denna variation ligger till grund för bedömningen av den effekt som mkv kan avge utan att dellastas, dvs K7=K4+K5-K6.

Tabell 7 [INDATA & BERÄKNING]

Lämpligt aggregat hämtas från aggregat-biblioteket till T25 ("valt aggregat").

Valt mkv-aggregat anpassas med skalning (1.19) till en nivå motsvarande högsta effektnivån i T6 (685kW). Avgiven värmeeffekt vid 50 resp. 100% belastning beräknas. Mellan dessa belastningar ansätts ett linjärt förhållande.

Därefter kan mkv-aggregatet skallas ner ytterligare med en max avgiven värmeeffekt som blir dimensionerande (P:dim=). Efter genomgång av T8-13 där system koppling väljs sker korrigering av mkv-aggregatstorlek (P:max=). Denna effekt motsvarar värmeeffekten från ett aggregat där all(max) förlustvärme återvinns.

(7):AGGREGATDATA:

```

=====
Aggr: 0,00
P:lopp= 1147 kW
P:v.dim= 250 kW
P:v.max= 225 kW
=====
Anm:
=====
K= Skalning/Effektanpassning
2,00 Teoretisk max. effekt=P:MKV(Feb)
0,44 Valid värmeeffektnivå för MKV-aggregatet.
0,39 Effektbehov vid max verkningsgrad.
=====
P:in P:el-ut P:v-ut P:in P:el-ut
Bel%=50 P(kW)= 743,69 207,53 573,34 162,14 45,25
Bel%=100 P(kW)= 1775,82 717,93 1146,68 387,16 156,52
=====
A:in= 20,64 10,21 11,47 4,50 2,23
B:in= 743,69 207,53 573,34 162,14 45,25
=====

```

Tabell 8 [BERÄKNING]

Mkv-ggregatets teoretiska effekter in och ut vid dimensionering efter max. effekt (685kW) enl. T6. Tabellen skall ses som en hjälp för nedskalning i T9. Här anges även om en yttre värmekälla är tillgänglig som text uteluft,frånluft eller ett kylbehov.

\*OBS! det linjära förhållande som antagits mellan 50 och 100% belastning stämmer som framgår mindre bra för lägre belastningar. Belastningar under 30% bör ej simuleras med programmet\*

(8):POTENTIAL-MKV:-Teoretisk:

	Belast%	P:in	P:ut	P:el-ut	P:v.källa
JAN	100	1766	1141	713	150
FEB	100	1776	1147	718	150
MAR	94	1658	1081	660	150
APR	82	1409	943	536	150
MAJ	69	1130	788	398	150
JUN	52	792	600	231	150
JUL	52	792	600	231	150
AUG	52	792	600	231	150
SEP	64	1027	731	347	150
OKT	76	1276	869	471	150
NOV	86	1487	986	575	150
DEC	92	1619	1060	640	150

(9):POTENTIAL-MKV:-verklig:

	Belast%	Tot:drift%	Tillgång%	Drift%	P:in	P:ut	P:m:ut	Pel:m:ut	P:vp:in	P:vp:ut	Pel:vp:in	P2:ut	P2:in	P2:el:in	Spetspn
JAN	100	95	95	100	349	250	225	141	75	99	25	0	0	0	938
FEB	100	95	95	100	349	250	225	141	75	99	25	0	0	0	944
MAR	100	95	95	100	349	250	225	141	75	99	25	0	0	0	875
APR	100	0	95	0	349	250	225	141	75	99	25	0	0	0	965
MAJ	100	0	95	0	349	250	225	141	75	99	25	0	0	0	800
JUN	100	0	95	0	349	250	225	141	75	99	25	0	0	0	600
JUL	100	0	95	0	349	250	225	141	75	99	25	0	0	0	600
AUG	100	0	95	0	349	250	225	141	75	99	25	0	0	0	600
SEP	100	0	95	0	349	250	225	141	75	99	25	0	0	0	739
OKT	100	0	95	0	349	250	225	141	75	99	25	0	0	0	886
NOV	100	95	95	100	349	250	225	141	75	99	25	0	0	0	773
DEC	100	95	95	100	349	250	225	141	75	99	25	0	0	0	851
Medel=		40	95	42	349	250	225	141							

Tabell 9 [INDATA & BERÄKNINGAR]

Tillgänglighet och drifttid för mkv-aggregatet ansätts. Effektbalans och belastningsnivå erhålls som funktion av vald systemutformning i T10-13.

Tabell 10 [INDATA & BERÄKNINGAR]

(10):MKV-KÄLLOR:

1=JA,0=NEJ	1	0	1	0	1	0	1	0	0
%-Mantel	Mantel	Luftkyl	RG:kyln	-RG:kond	RG:kond	Stråln	SUMMA1		
100	95	0	72	100	0	0	167		
100	95	0	72	100	0	0	167		
100	95	0	72	100	0	0	167		
100	95	0	72	100	0	0	167		
100	95	0	72	100	0	0	167		
100	95	0	72	100	0	0	167		
100	95	0	72	100	0	0	167		
100	95	0	72	100	0	0	167		
100	95	0	72	100	0	0	167		
100	95	0	72	100	0	0	167		
100	95	0	72	100	0	0	167		
100	95	0	72	100	0	0	167		

I kapitel 2.5 redovisas systemkopplingar och vilka förutsättningar som gäller för respektive system. I T10 ansätts de värmekällor hos mkv-aggregatet som direkt kopplas till värmesystemet.



(11):VP-KÄLLOR:

1=JA,0=NEJ-->

>>>

JAN	4,0	95	95	100	100	100	9	9	46	28	0	0	105	110	28	0	0	3,0			
FEB	4,0	95	95	100	100	100	9	9	46	28	0	0	105	110	28	0	0	3,0			
MAR	4,0	95	95	100	100	100	9	9	46	28	0	0	105	110	28	0	0	3,0			
APR	4,0	95	0	100	100	100	9	9	46	28	0	95	0	110	28	0	0	3,0			
MAJ	4,0	95	0	100	100	100	9	9	46	28	0	95	0	110	28	0	0	3,0			
JUN	4,0	95	0	100	100	100	9	9	46	28	0	30	0	110	28	0	0	3,0			
JUL	4,0	95	0	100	100	100	9	9	46	28	0	30	0	110	28	0	0	3,0			
AUG	4,0	95	0	100	100	100	9	9	46	28	0	30	0	110	28	0	0	3,0			
SEP	4,0	95	0	100	100	100	9	9	46	28	0	95	0	110	28	0	0	3,0			
OKT	4,0	95	0	100	100	100	9	9	46	28	0	95	0	110	28	0	0	3,0			
NOV	4,0	95	100	100	100	100	9	9	46	28	0	0	105	110	28	0	0	3,0			
DEC	4,0	95	100	100	100	100	9	9	46	28	0	0	105	110	28	0	0	3,0			

Tabell 11 [INDATA & BERÄKNINGAR]

Val av värmekällor som kopplas via värmepumpen. COP för värmepumpen ansätts med hänsyn till aktuella temperaturnivåer. Om ej annat anges sätts tillgänglighet och drifttid lika som för mkv-aggregatet. Här ansätts även om yttre värmekälla skall utnyttjas. I T8 anges storleken på denna värmekälla.

Tabell 12 [INDATA & BERÄKNINGAR]

(12): VARMVATTEN:

1=JA,0=NEJ-->

```

>>>
=====
0 0 0 0 0 0 0 0
=====
% -Mantel  Mantel  Lufkyl  -RG:kond  RG:kond  Stråln  SUMMA3
-----
JAN 100 0 0 0 50 0 0 0
FEB 100 0 0 0 50 0 0 0
MAR 100 0 0 0 50 0 0 0
APR 100 0 0 0 50 0 0 0
MAJ 100 0 0 0 50 0 0 0
JUN 100 0 0 0 50 0 0 0
JUL 100 0 0 0 50 0 0 0
AUG 100 0 0 0 50 0 0 0
SEP 100 0 0 0 50 0 0 0
OKT 100 0 0 0 50 0 0 0
NOV 100 0 0 0 50 0 0 0
DEC 100 0 0 0 50 0 0 0
=====

```

Värmekällor som kopplas till separat uppvärmningssystem och andra temperaturnivåer. Det kan vara aktuellt vid separat krets för tappvarmvatten.

Tabell 13 [BERÄKNINGAR]

Visar resultatet av vald systemkoppling T10-12.

!TOT:SUM,inkl.cop&exkl.värmekälla!									
>>>									
Mantel	Luftkyl	RG:kyl	RG:kond	Sirån	V:källa	TOT:SUM	Spetspn		
JAN	95	9	72	46	28	0	278	0	0,90
FEB	95	9	72	46	28	0	278	0	0,90
MAR	95	9	72	46	28	0	278	0	0,90
APR	95	9	72	46	28	0	278	0	0,90
MAJ	95	9	72	46	28	0	278	0	0,90
JUN	95	9	72	46	28	0	278	0	0,90
JUL	95	9	72	46	28	0	278	0	0,90
AUG	95	9	72	46	28	0	278	0	0,90
SEP	95	9	72	46	28	0	278	0	0,90
OKT	95	9	72	46	28	0	278	0	0,90
NOV	95	9	72	46	28	0	278	0	0,90
DEC	95	9	72	46	28	0	278	0	0,90
							Medel=	278	

Tabell 14 [BERÄKNING]

(14):ENERGIBALANS:MKV+VP (MWh):

	E:in	E:ut	E:mk:ut	E:mk:ut	E:vp:in	E:mk-vp:ut	E:förl	E:spets	E:2:vp:ut	E:2:elt:vp
JAN	246	177	159	100	18	106	0	698	0	0
FEB	223	160	144	90	16	96	0	634	0	0
MAR	246	177	159	100	18	106	0	651	0	0
APR	0	0	0	0	0	0	0	694	0	0
MAJ	0	0	0	0	0	0	0	595	0	0
JUN	0	0	0	0	0	0	0	432	0	0
JUL	0	0	0	0	0	0	0	446	0	0
AUG	0	0	0	0	0	0	0	446	0	0
SEP	0	0	0	0	0	0	0	532	0	0
OKT	0	0	0	0	0	0	0	660	0	0
NOV	239	171	154	96	17	103	0	557	0	0
DEC	246	177	159	100	18	106	0	634	0	0
TOT	1200	861	775	485	86	519	0	6979	0	0

Visar energibalansen som ett resultatet av T9(effekt) och T3(tid).

Tabell 15 [INDATA & BERÄKNING]

Beräkning av verkningsgrad från T9 samt indata av verkningsgrader för befintlig anläggning samt spetsanläggning.

(15):VERKNINGSGRAD:-potential

>>>

	vg:bef	vg:tot	v:mk:ut	el:mk:ut	ALFA	v:mk-vp:ut	vg:spets	Anm
JAN	85	105	65	40	0.63	50	85	vg:mkv + vgr:el fås sfa
FEB	85	105	65	40	0.63	50	85	T:retur och Belasin% från
MAR	85	105	65	40	0.63	50	85	aggregatets datatabeller
APR	85	105	65	40	0.63	50	85	
MAJ	85	105	65	40	0.63	50	85	
JUN	85	105	65	40	0.63	50	85	
JUL	85	105	65	40	0.63	50	85	
AUG	85	105	65	40	0.63	50	85	
SEP	85	105	65	40	0.63	50	85	
OKT	85	105	65	40	0.63	50	85	
NOV	85	105	65	40	0.63	50	85	
DEC	85	105	65	40	0.63	50	85	
TOT	85	105	65	40	0.63	50	85	

Tabell 16 [INDATA & BERÄKNINGAR]

Indata för anläggningens elbehov  
 samt elkostnaden för befintlig  
 anläggning (T16\*T4).

(16):ELBEHOV-(Bef.Anl):		KÖPT.EL(MWh)		KOSTN.EL(kr)	
Höglast	Låglast	Höglast	Låglast	Höglast	Låglast
78	58	49920	18560		
JAN		53	44800	16960	
FEB		58	49920	18560	
MAR		56	22800	14784	
APR		58	23712	15312	
MAJ		56	22800	14784	
JUN		58	23712	15312	
JUL		58	23712	15312	
AUG		56	22800	14784	
SEP		58	23712	15312	
OKT		56	23712	15312	
NOV		56	48000	17920	
DEC		58	49920	18560	
TOT	916	683	405808	196160	

Tabell 17 [INDATA & BERÄKNINGAR]

Beräkning av producerad el under hög och låglast(K4-5) när den del som går till vp avräknats, vilken anges i K8-9.

ROD:EL:UT	E:PROD:EL:UT (MWh)		KOSTN:BESP(Kr)*		EL:VP:in	
	Höglast	Låglast	Höglast	Låglast	Höglast	Låglast
JAN	34	48	21889	15322	7	10
FEB	31	43	19771	13839	7	9
MAR	34	48	21889	15322	7	10
APR	0	0	0	0	0	0
MAJ	0	0	0	0	0	0
JUN	0	0	0	0	0	0
JUL	0	0	0	0	0	0
AUG	0	0	0	0	0	0
SEP	0	0	0	0	0	0
OKT	0	0	0	0	0	0
NOV	33	46	21183	14828	7	10
DEC	34	48	21889	15322	7	10
TOT	167	233	106620	74634	36	50

(17):EGEN PROD:EL (inkl. skatt):

Tabell 18 [BERÄKNING]

Beräkning av alt. anläggnings  
behov av el= behov:bef:anl +  
behov vp - egen produktion samt  
elkostnad då vp är i drift med  
extern el.

(18) BEHOV-ÖVERS KOTT EL(Exkl. skatt)(om>0):		Elkostnad:VP2(yttre värmekälla)		El(kr)(inkl.skatt)		Anm:	
EL(MWh)		EL(kr)(exkl.skatt)		VP2:HL		VP2:LL	
Höglast	Låglast	Höglast	Låglast	VP2:HL	VP2:LL	Elbehov-Överskott=	Bef.elbehov-(Prod.el-El:vp1)
44	10	24878	2509	0	0	0	0
FEB	39	22214	2419	0	0	0	0
MAR	44	24878	2509	0	0	0	0
APR	75	17400	10752	0	0	0	0
MAJ	78	18096	11136	0	0	0	0
JUN	75	17400	10752	0	0	0	0
JUL	78	18096	11136	0	0	0	0
AUG	78	18096	11136	0	0	0	0
SEP	75	17400	10752	0	0	0	0
OKT	78	18096	11136	0	0	0	0
NOV	42	23900	2396	0	0	0	0
DEC	44	24878	2509	0	0	0	0
TOT KÖP	749	450	245231	89143	0	0	0



Tabell 19 [INDATA & BERÄKNINGAR]

Om det föreligger överskott i T18 går detta till extern försäljning om ej annan indata ges.

(19): FÖRSÅLD EL (Exkl. skatt):		FÖRSÅLD EL (MWh)		FÖRSÅLD EL (kr)	
	Höglast	Låglast	Höglast	Låglast	
JAN	0	0	0	0	0
FEB	0	0	0	0	0
MAR	0	0	0	0	0
APR	0	0	0	0	0
MAJ	0	0	0	0	0
JUN	0	0	0	0	0
JUL	0	0	0	0	0
AUG	0	0	0	0	0
SEP	0	0	0	0	0
OKT	0	0	0	0	0
NOV	0	0	0	0	0
DEC	0	0	0	0	0
TOT	0	0	0	0	0

(20): ENERGIKOSTNADER o UNDERHÅLL:

BEF-ANL:	Fast:avg	Eft:avg	MWh/år	kr/MWh	Moms: ja=1 nej=0	Anm:
Bränsle2			9224	280	70	0,0
Bränsle3			0	0	0	0,0
E11			916,00	-	-	0,0 Höglast
E12			683,00	-	-	0,0 Låglast
U-håll			-	-	-	0,0

	Avg:fast	V:kr/kW	ÅR:kr/kW	Kost,År1	Prisök%
Bränsle2	-	-	-	2582588	0
Bränsle3	-	-	-	0	0
E11	400	304	0	567128	0
E12	400	0	70	233460	0
U-håll	-	-	-	0	0

Tabell 20 [INDATA & BERÄKNINGAR]

Indata fasta avgifter, effekta-  
avgifter, underhållskostnader,  
moms och prisutveckling för  
befintlig anläggning. Resultat:  
energi-förbrukning och energi-  
kostnader.

Tabell 21 [INDATA & BERÄKNINGAR]

Indata fasta avgifter, effekt-  
avgifter, underhållskostnader,  
moms och prisutveckling för alt.  
anläggning. Resultat: energi-  
förbrukning och kostnader  
(underhållskostnaden anges som  
funktion av producerad el om ej  
annat anges).

(21):ENERGIKOSTNADER o UNDERHÅLL:		500,00		>>>		
ALT.ANL:	MWh/år	Värme/el	Fört.	Gr:pris	Skatt oms: ja=1 a=1 nej=0	Anm:
B1.(MKV)	1200	775	0	178874	55067	0 0 Till MKV
Bränsle2	8211	-	-	1223430	1075633	0 0 Spets
E11-HL	749	202	0	245231	65952	0 0 HL
E12-LL	450	283	0	89143	49176	0 0 LL
U-håll						0,0
-----						
	Avg:läst V:kr/KW	ÅR:kr/KW	Kost_År1	kr/MWh	Prisök%	Anm:
Bränsle1	-	-	233942	195	0	Gaspris inkl.skatt
Bränsle2	-	-	2299064	280	0	Spets
E11	400	304	0	440362	588	Höglast, köpt
E12	400	0	70	168218	374	Låglast, köpt
E13	0	0	0	0	-	Höglast, Försäld
E14	0	0	0	0	-	Låglast, Försäld
U-håll	-	-	24267	-	0	
:::						

Tabell 22 [INDATA & BERÄKNINGAR]

(22)INVESTERING:

	P:v:max(kW)	kkr/kW	INV,kr	Avdag:kyla	Moms kkr/kW:el
MKV-aggregat	225	4,0	901		6.389
VP-aggregat	105	2,0	210	0	262
TOT			1.110		1.388

Indata specifika investeringskostnader. Resultat för aktuell anläggning, effekter och kostnader med resp. utan moms. Effekten som anges i K2 är den i T7 beräknade P:v:max. Specifik investering anges som funktion av denna effekt. I K7 beräknas vad det motsvarar i kkr/kW<sub>el</sub>. Här kan även anges ett ev. avdrag från vp investeringen om tex kompletterande kylinvestering reduceras.

Tabell 23 [INDATA]

Indata ekonomi: Investeringar,  
räntor, bidrag etc. Om ej annat  
anges hämtas investeringen  
T22, K4.

(23).LÅNETABELL:

Lån	Belopp	Löptid	Ränta%	Kalkyl:r%	a-faktor	Annuitet	Anm:
1-Bostad	0	30	6,0	0	0,073	0	
2-Botten	0	40	6,0	0	0,066	0	
3	1110242	15	6,0	0	0,103	114314	
4	0	15	6,0	0	0,103	0	

Tabell 24 [INDATA]

Indata för bidrag och stöd.

(24) BIDRAG o STÖD:

=====					
Räntebidrag:=====					
Underlag	Garant:r%	Uppräkn%	Bostad	Botten	
	2,70	0,25	0	0	
Nybygg:	0,00	5,25			
Ombygg:					
=====					
Ränteslöd-(ROT):=====					
Underlag	Stlån:r%	Bidrtid	Bidr:r%	Kalkyl:r%	a
0	11,40	20	4,72	8,0	0,102
=====					

Tabell 25 [BERÄKNINGAR]

Resultat: kostnader för lån och  
intäkter från bidrag och stöd.

(25):LÖNSAMHET-Lån:

AR	LÅN1	LÅN2	LÅN3	LÅN4	Rt:bidr	Rt:stöd
1	0	0	114314	0	0,00	0,00
2	0	0	114314	0	0,00	0,00
3	0	0	114314	0	0,00	0,00
4	0	0	114314	0	0,00	0,00
5	0	0	114314	0	0,00	0,00
6	0	0	114314	0	0,00	0,00
7	0	0	114314	0	0,00	0,00
8	0	0	114314	0	0,00	0,00
9	0	0	114314	0	0,00	0,00
10	0	0	114314	0	0,00	0,00
11	0	0	114314	0	0,00	0,00
12	0	0	114314	0	0,00	0,00
13	0	0	114314	0	0,00	0,00
14	0	0	114314	0	0,00	0,00
15	0	0	114314	0	0,00	0,00

(26):LÖNSAMHET-Energi:  
 Tabell 26 [INDATA & BERÄKNINGAR]

År	Ekost:Bet	Ekost:Alt	Förs:Ei	U-häll	NV=(%)	VINST	Vinst:NV	Ack:NV
1	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	103011
2	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	206022
3	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	309033
4	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	412044
5	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	515055
6	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	618066
7	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	721077
8	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	824088
9	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	927099
10	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	1030110
11	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	1133121
12	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	1236132
13	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	1339143
14	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	1442154
15	3383176	3141585	0	24267	103011	103011	103011	1545165

::|

Indata för nuvärdesuppräknningen,  
 K7 (inflationen). Resultat:  
 energikostnader för befintlig  
 resp. alternativ anläggning,  
 merkostnad för underhåll i  
 alternativ anläggning, intäkter  
 av försäld el samt total vinst.



Tabell 27 [INDATA]

Valt aggregat från aggregat-  
biblioteket vilket utgör indata  
till T7.

(27):Valt Aggregat:	högvarv diesel		Tänkt korr. aggregat:			
	100	75	50	100	50(el)	50(värme)
Returtemp.(°C):						
BELASTNING (%)						
BRÄNSLE (kW):	888	695	524	1776	1048	744
EL (kW):	359	269	179	718	358	208
VÄRME (kW):	573	461	371	1147	742	573
Mantelkyln.(kW):	197	172	155	394	310	
Laddluftkylin(kW):	29	18	8	58	16	
Rökgaskylin.(kW):	177	135	100	354	200	
Stråln.värme(kW):	112	84	64	116	88	
Rökgaskond(kW):	112	84	64	225	38	128
vg:EL(%)	40	39	34	38		
vg:VÄRME(%)	65	66	71	67		
vg:Mantel(%)	22	25	30	26		
vg:Laddluft(%)	3	3	2	2	vg:medel	
vg:Rökgas(%)	20	19	19	19		
vg:Stråln(%)	7	7	8	7		
vg:Kond(%)	13	12	12	12		
AGGREG:	CAT3516	1000rpm		CAT3516	1000rpm	CAT3516 1000rpm

#### 4 EXEMPEL

I bilaga 1 redovisas de generella förutsättningar som gäller för exemplen nedan. Specifika förutsättningar och resultat redovisas för respektive exempel. Därefter följer en generell känslighetsanalys baserad på exempel 1 och slutsatser. De tre grundalternativen är:

1. Mkv-aggregat där värmeåtervinning endast sker från smörjolja, mantel och den torra rökgaskylningen. (Mkv-vp)
2. Mkv-aggregat med värmepump där värmekällorna är laddluft, rökgaskondensering och strålningsförluster. (Mkv+vp)
3. Som alternativ 2 med den skillnaden att värmepumpen återvinner värme från en yttre värmekälla under den tid då mkv-aggregatet ej är i drift. (Mkv+vp+sommar)

##### 4.1 Exempel 1: Nyrenoverad äldre kontorsbyggnad

Temperaturnivåerna är anpassade till lågtemperatursystem, 60°C framledning. Klimatskärmen är däremot ej att jämföra med moderna kontorsbyggnader. Ventilationssystemet är ett konventionellt till och frånluftssystem. Tappvarmvattnet produceras centralt i panncentral till en ackumulerande varmvattenberedare och används i wc grupper och i restaurang. Anläggningen saknar central kylanläggning och försörjs med lågspänning.

##### Energi och effektbehov

Belastning	Effektbehov	Energibehov
Värme&vent	2200 kW	2910 MWh/år
Varmvatten	70 kW	610 MWh/år
El	530 kW	1600 MWh/år

Total kostnad för detta energibehov är idag:

Olja: 1160 kkr/år (E01)

El: 800 kr/år (lågspänning&tidstariff)

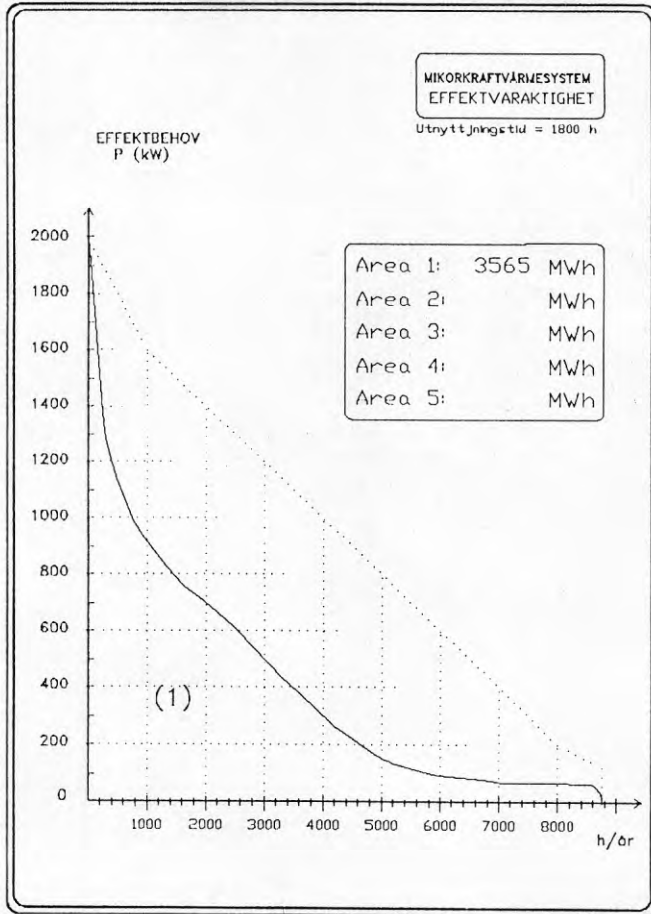


Bild 4.1.1 Varaktighet värme och tappvarmvatten

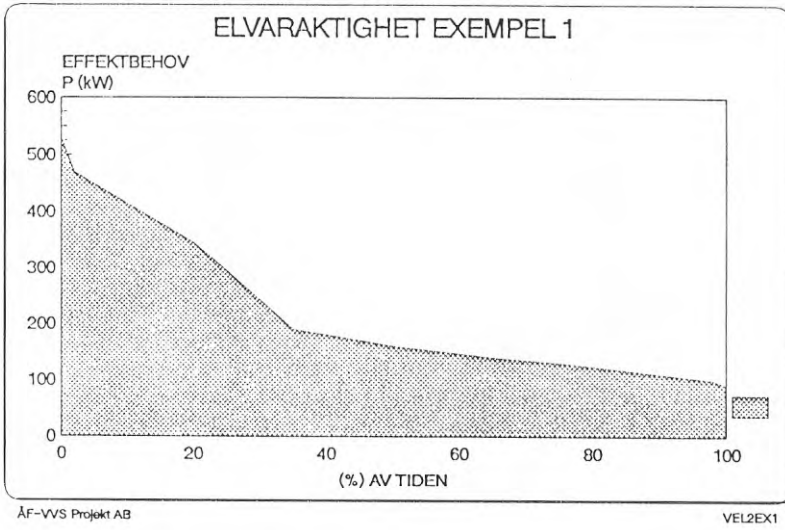
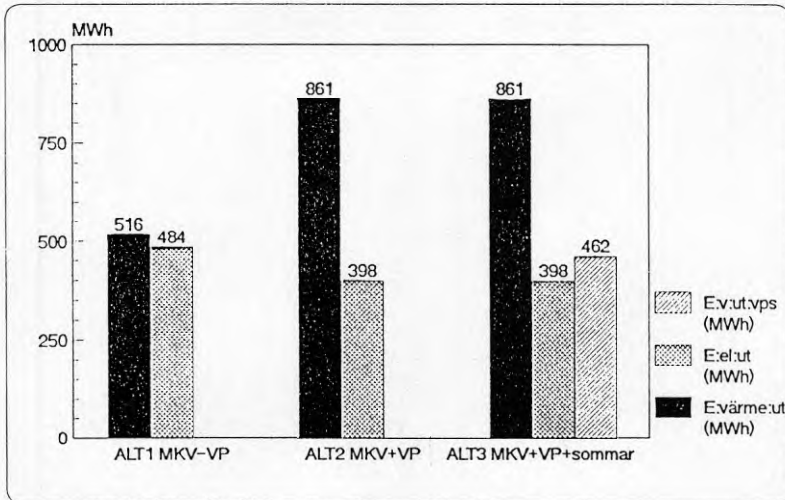


Bild 4.1.2 Varaktighet el

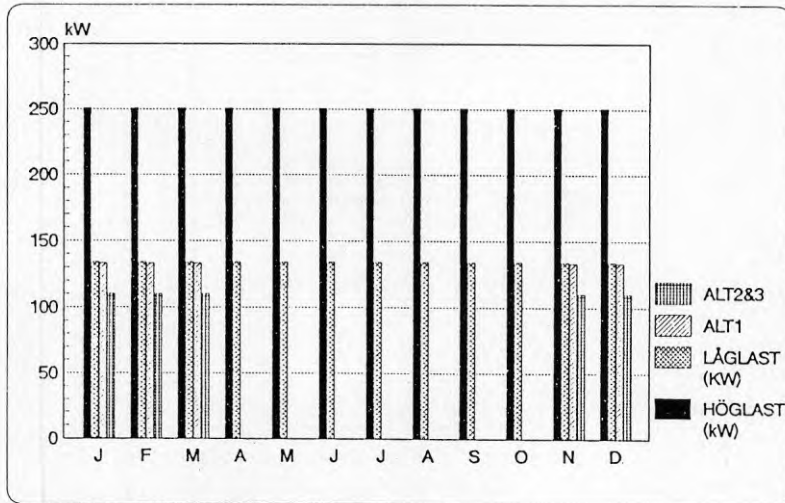
## Resultat



ÄF-VVS Projekt AB

EX1EL&V

Bild 4.1.3 Energitäckning el och värme, alt 1-3.



ÄF-VVS Projekt AB

EX1RESEV

Bild 4.1.4 Energitäckning el, alt 1-3.

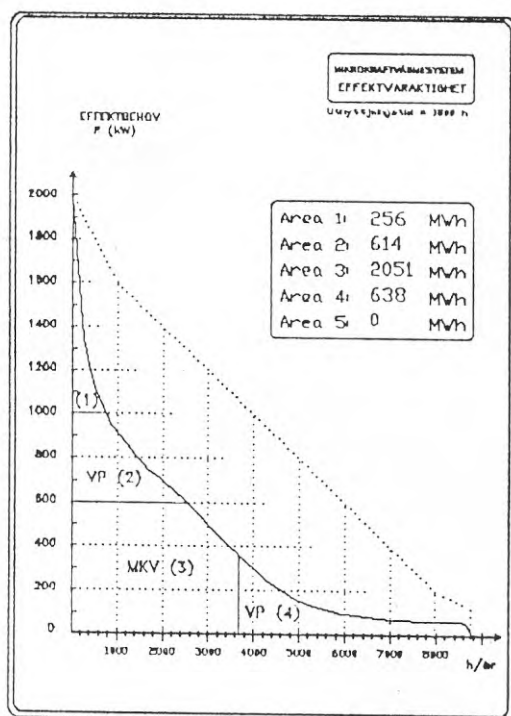


Bild 4.1.5 Energitäckning värme, alt 3.

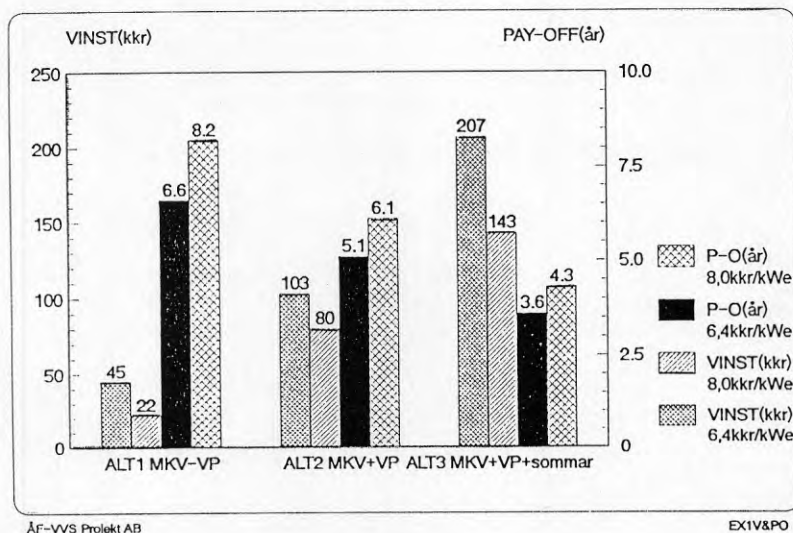


Bild 4.1.6

Lönsamhet vid investeringsnivåerna  
 MKV: 6400 kr/kW<sub>e1</sub> resp. 8000 kr/kW<sub>e1</sub>  
 VP: 2000 kr/kW<sub>värme(alt2)</sub> 2500 kr/kW<sub>värme(alt3)</sub>

## 4.2 Exempel 2: Bostadsområde

En gruppcentral försörjer ett relativt kompakt bestånd av flerfamiljshus med ca 1700 lägenheter. Tappvarmvatten produceras i undercentraler som försörjs från värmecentralen. Dimensionerande temperaturnivåer i värmesystemet är 90/50. Inget kylbehov föreligger. Området försörjs med högspänning 11 kV och ställverket är placerat i anslutning till energiproduktionsanläggningen.

### Energi och effektbehov

Belastning	Effektbehov	Energibehov
Värme&vent	4900 kW	7710 MWh/år
Varmvatten	600 kW	5250 MWh/år
El	1100 kW	4800 MWh/år

Total kostnad för detta energibehov är idag:

Olja: 4280 kr/år (E01)

El: 1860 kr/år (lågspänning&tidstariff)



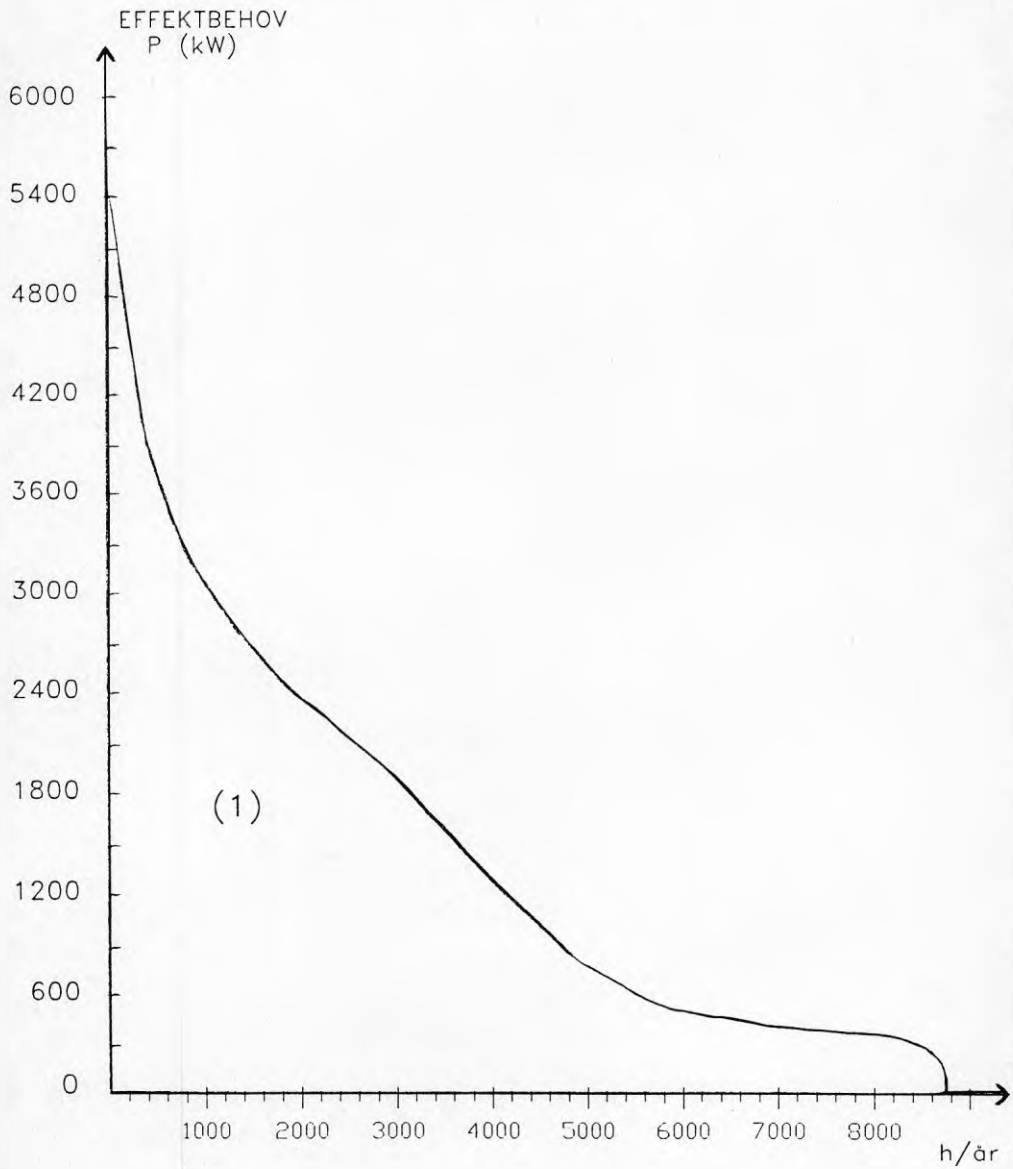
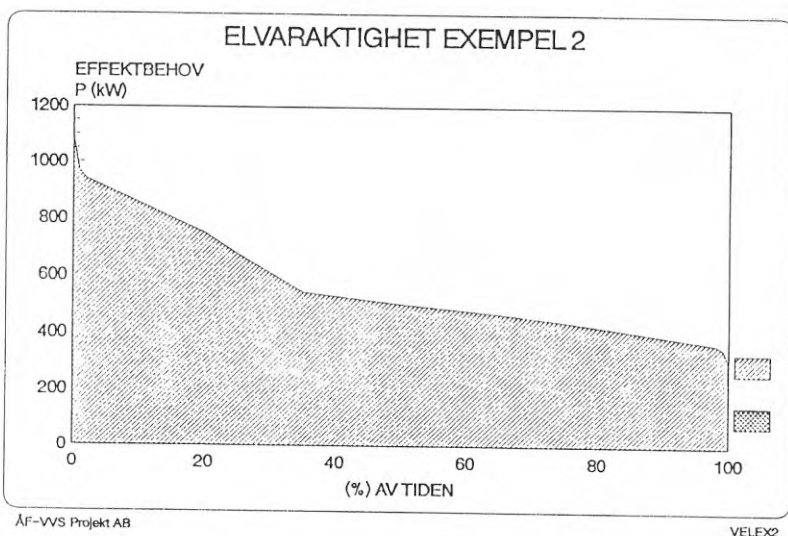
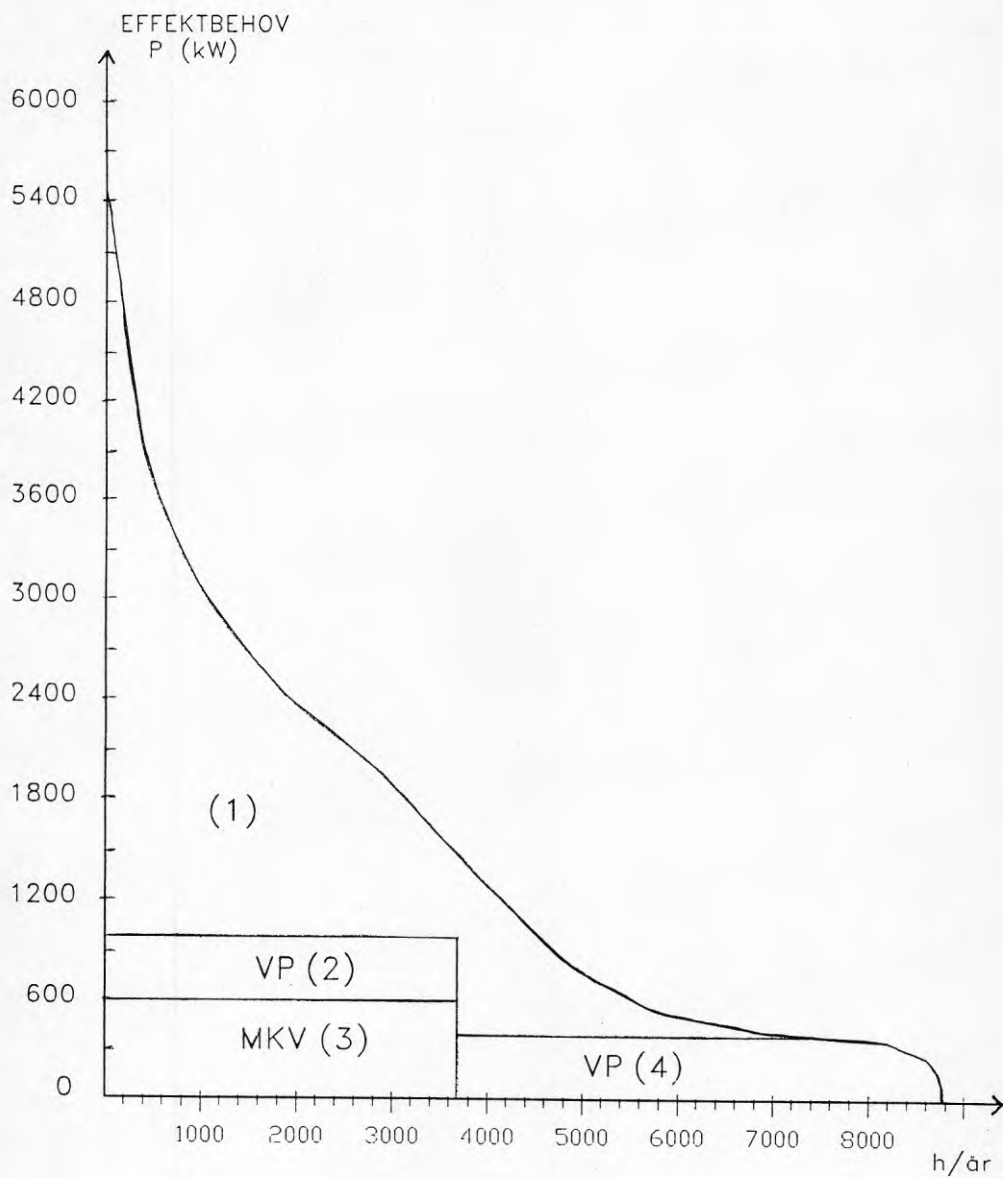


Bild 4.2.1 Varaktighet värme och tappvarmvatten



#### 4.2.2 Varaktighet el

**Resultat****4.2.3 Energitäckning värme, alt 3**

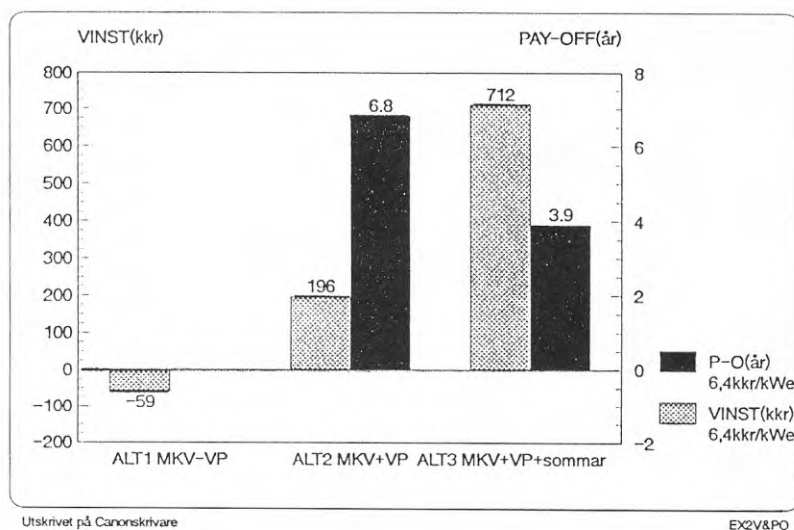


Bild 4.2.4

Lönsamhet vid investeringsnivåerna

MKV: 6400 kr/kW<sub>e1</sub>

VP: 2000 kr/kW<sub>värme(alt2)</sub> 2500 kr/kW<sub>värme(alt3)</sub>

### 4.3 Känslighetsanalys och slutsatser

Följande känslighetsanalys är baserad på exempel 1. Vinsten\* och pay-off tiden\*\* redovisas då förutsättningarna för de tre grundalternativen, mkv-vp, mkv+vp och mkv+vp+sommar förändras vid dieseldrift. Även drift då all producerad el går till värmepumpdrift och drift med gasmotor redovisas. (OBS! I de fall vinsten är negativ är pay-off tiden ett högst tveksamt begrepp och har därför satts till -1 för att markera denna negativa vinst).

\*driftöverskottet-medelinvesteringskost-naden/år1

\*\*Total investering/driftöverskottet

#### Mkv-vp

1. VARIABLER: Aggregatsstorlek och drifttid.

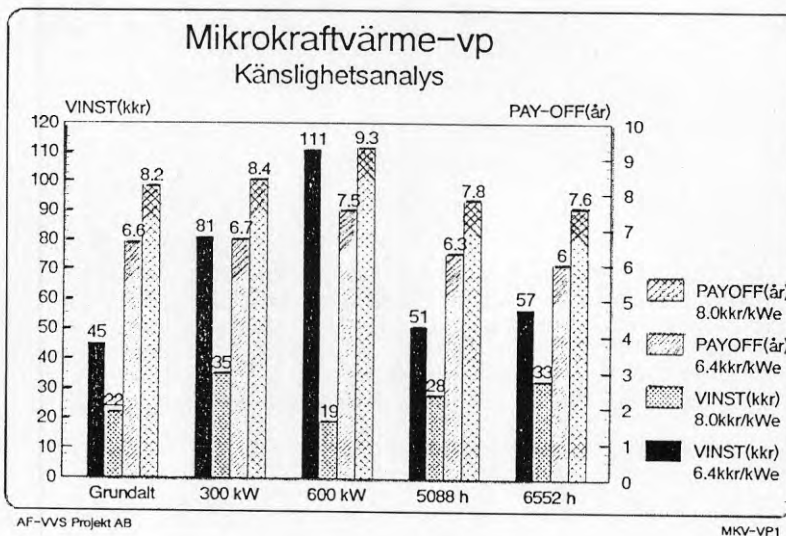


Bild 4.3.1

När aggregatets storlek ökas till över den nivå där elproduktionen överstiger behovet för anläggningen försämras pay-off tiden successivt ju mer el som går till försäljning.

Om däremot drifttiden för mkv-aggregatet ökar jämfört med grundalternativet ökar vinsten något och pay-off tiden sjunker.

2. VARIABLER: Oljepris och slopad  
energiskattereduktion på värmeproduktionen

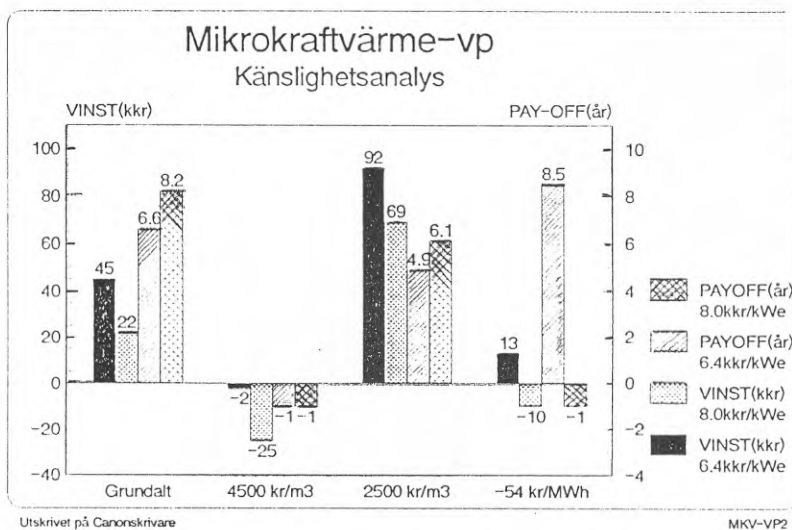


Bild 4.3.2

När oljepriset ökar med 1000 kr/m<sup>3</sup> till 450 kr/MWh försvinner vinsten. Elpriset under denna period (nov-mars) är ca 450 kr/MWh. En motsvarande sänkning till 250 kr/MWh innebär en vinstförbättring med knappt 50 kkr/år och en slopad skattereduktion på värmedelen en vinstförsämring med ca 30 kkr/år.

## 3. VARIABLER: Elpris, underhållskostnader

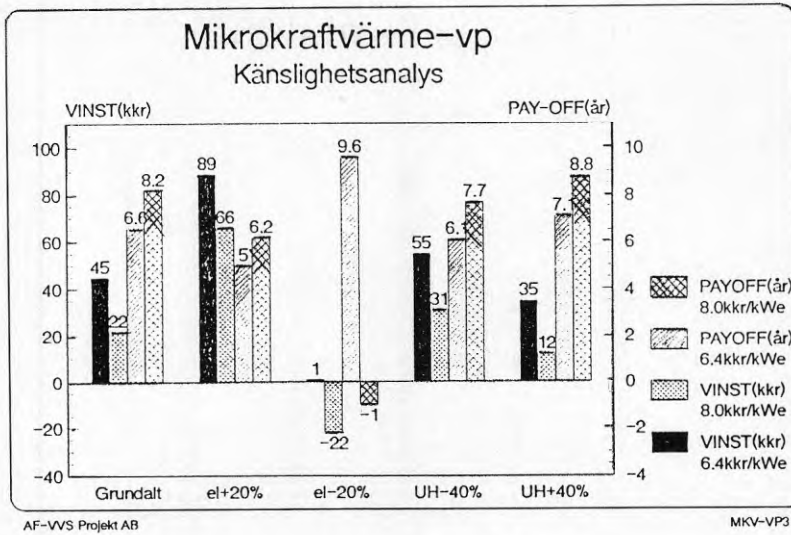


Bild 4.3.3

En elkostnadsförändring på +/- 20% innebär att vinsten ökar resp. minskar med ca 40 kkr vilket innebär att vinsten helt försvinner i det senare fallet. Underhållskostnaderna på +/- 40% påverkar vinsten med ca +/- 10 kkr.

Mkv+vp

## 4 VARIABLER: Aggregatstorlek och drifttid

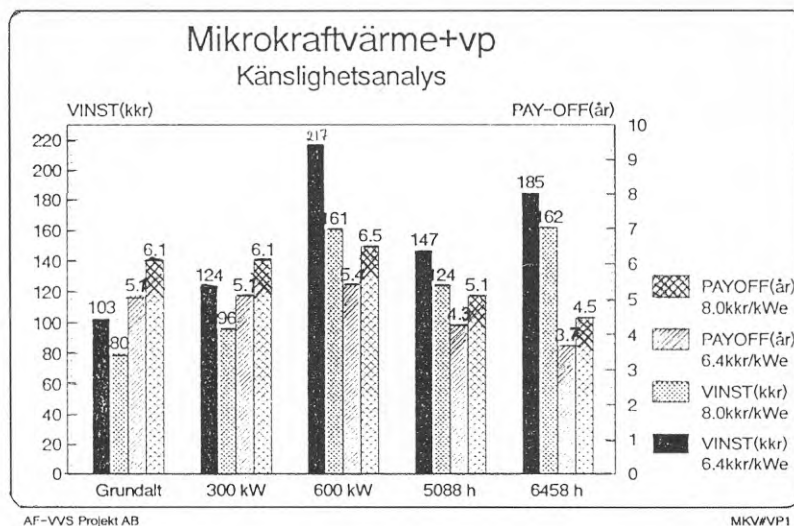


Bild 4.3.4

Både en ökning av aggregatstorleken och ökad drifttid ger ökade vinster. Däremot kommer pay-off tiden att öka när aggregatet blir så stort att el går till försäljning (600kW).



5. VARIABLER: Oljepris och slopad energiskattereduktion på värmeproduktionen

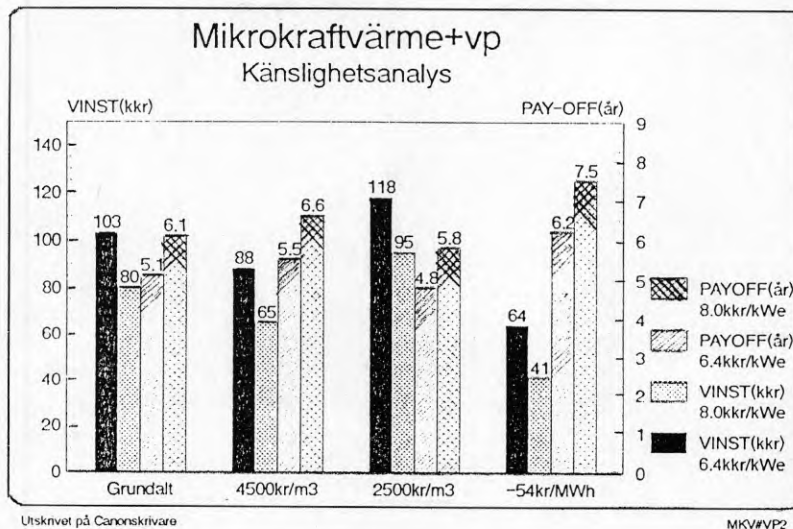


Bild 4.3.5

Oljeprisvariationen påverkar lönsamheten med ca +/- 15 kkr vid +/- 30% förändring. En slopad skattereduktion innebär en nästan halverad vinst.

## 6. VARIABEL: Elpriset

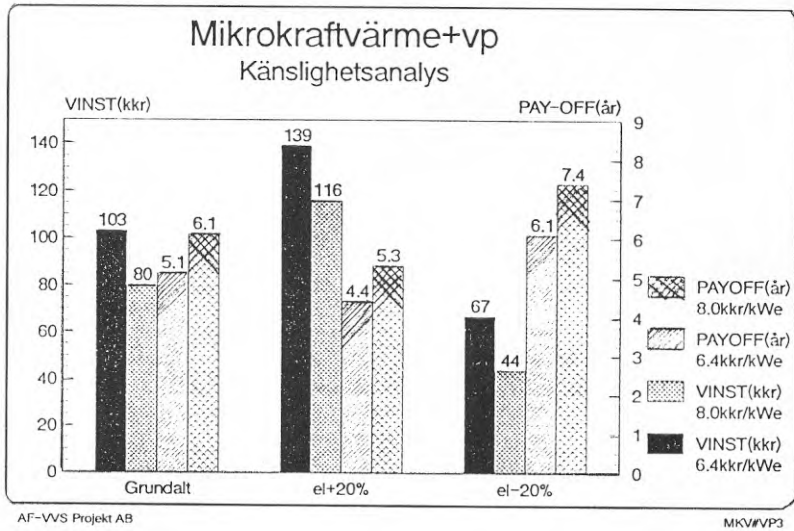


Bild 4.3.6

En elprisvariation på +/-20% påverkar vinsten +/- 35 kkr.

Mkv+vp+sommar

7 VARIABLER: Aggregatstorlek och drifttid

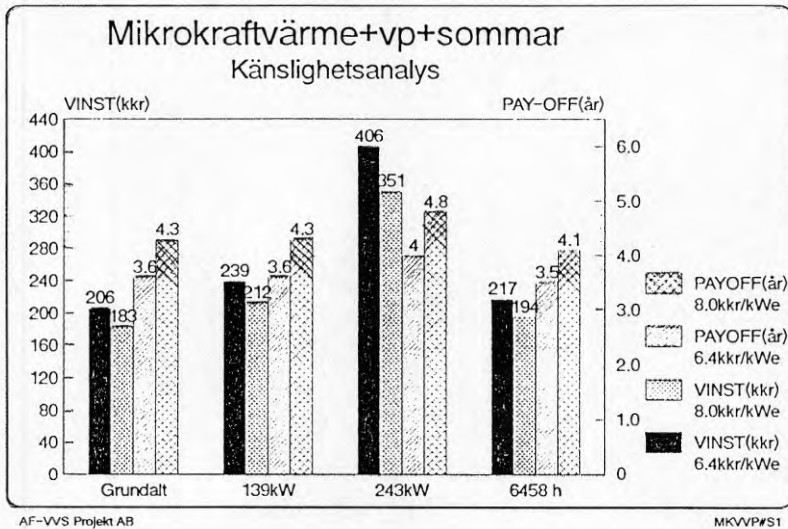


Bild 4.3.7

De båda effekterna 139 och 243 kW motsvarar den el som erhålls från aggregatet efter det att vp försetts med el. Effekterna motsvarar 300 resp. 600 kW värme ut från anläggningen (diagr.5). Vinsten ökar med ökade effekter medan pay-off tiden ligger stilla så länge el ej säljs. Om tiden för elproduktion ökar förbättras lönsamheten marginellt.

8. VARIABLER: Oljepris och slopad  
energiskattereduktion på värmeproduktionen

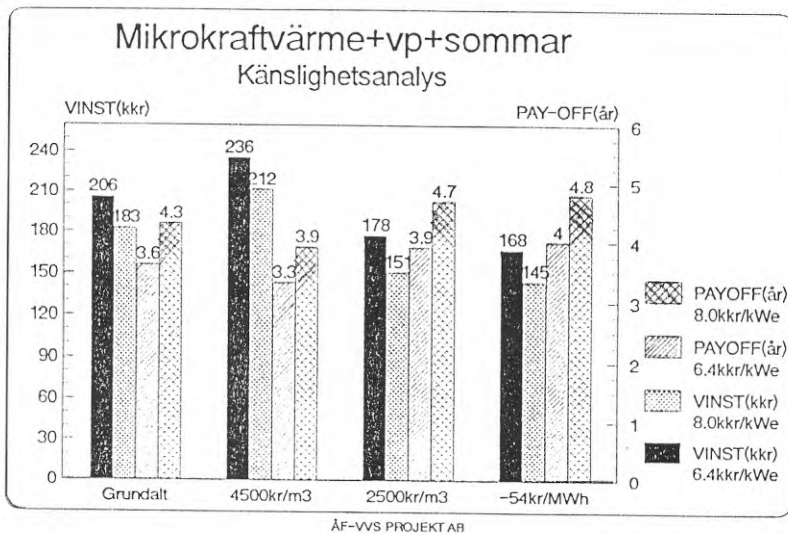


Bild 4.3.8

## 9. VARIABLER: Elpris

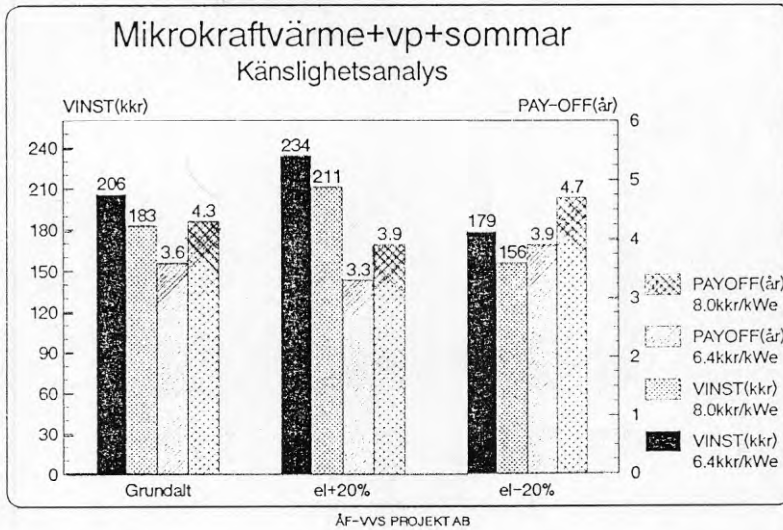


Bild 4.3.9

En variation på +/- 30% innebär en förändrad vinst med ca +/-30 kkr. Till skillnad från alternativen mkv-vp och mkv+vp ökar här vinsten med ökat oljepris. Detta beror på att värmepumpen ersätter olja under icke höglasttid vilket motverkar försämringen under höglasttid (se diagr.5).

Elpriserförändring på +/-20% ger +/-28 kkr vilket är lägre än i diagram 6 för mkv+vp vilket beror på den lägre absoluta förändringen under låglasttid.

En slopad skattereduktion påverkar vinsten negativt som i diagram 5 med ca -40 kkr.

## All el till värmepumpen

### 10. VARIABLER: Oljepris

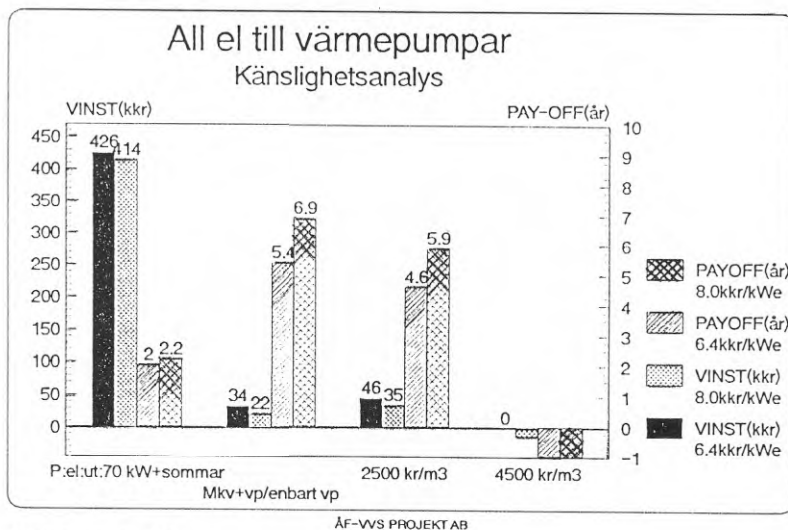


Bild 4.3.10

Vinst och pay-off tiden jämfört med oljeanläggning visar mycket god lönsamhet. Vinst erhålls även vid jämförelse med konventionell vp installation vid oförändrat eller 30% ökat oljepris.

## Gasmotorer

11. VARIABLER: Drifttiden och gaspriset vid mkv-vp och gaspriset vid mkv+vp.

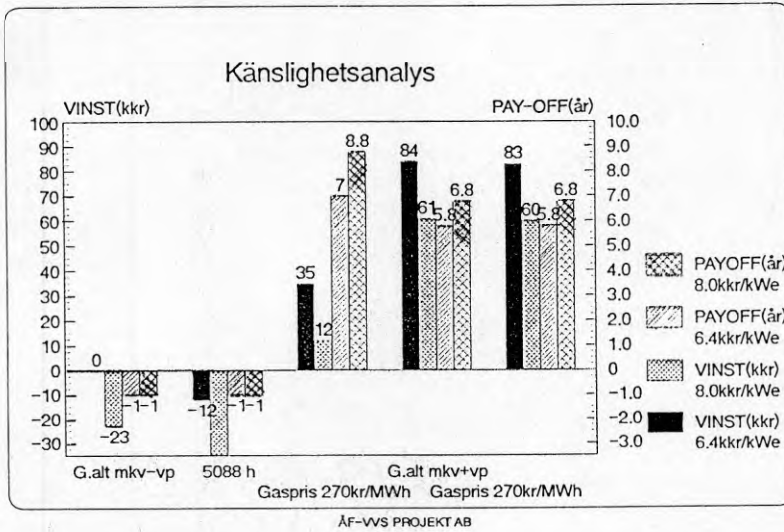


Bild 4.3.11

Vid mkv-vp är gasmotorn olönsam, om inte gaspriset sänks så att grundpriset, dvs pris exkl. skatt, motsvarar det för oljan. (bruttopriset 350kr/MWh, olja motsvarar 270kr/MWh för naturgasen). Vid mkv+vp drift sker ingen förändring av lönsamheten om gaspriset förändras.

### Slutsatser

Som framgår ovan är det mycket lönsamt att med värmepump ta tillvara på den lågtempererade förlustvärmen som avges i form av laddluftkylning, rökgaskondensering och strålning från mkv-aggregatet. Det visas även att om värmepumpen drivs med extern el under övrig tid kommer lönsamheten att ökas ytterligare. Även känsligheten för förändringar av kostnadsparametrar som bränslepriser, eltaxor etc. minskas när värmepumpen ingår i systemet.

Vad gäller drift där yttre värmekällor finns tillgängliga så att all el går till ett vp-aggregat visar lösningen mycket god ekonomi jämfört med befintlig uppvärmning med olja. Även när jämförelsen görs med en värmepump enbart driven med extern el påvisas lönsamhet.

Mkv baserad på gasmotorteknik påvisar sämre elutbyte och lönsamhet än dieseltekniken. Delvis baserad sig den sämre lönsamheten på skattekonstruktionen där 24% av skatten är energiskatt mot 41% för dieseln. Att gasen är ett renare bränsle gör att marginalerna för lönsamhet dock inte är större än att även denna teknik är intressant i framtiden.

Exempel på ytterligare faktorer som kan påverka tekniken:

- Om anläggningsägaren ej kan dra av momsens kommer lönsamheten att öka.
- Marknaden utvecklas snabbt mot serieproducerade paketslösningar vilket bör innebära lägre investeringskostnader framöver. Ev. hårdare miljökrav kan dock innebära ökade investeringar för rening.
- Om behov av komfortkyla föreligger kan del av värmepumpinvesteringen krediteras.
- Vid behov av reservkraft kan en stor del av investeringen krediteras vilket kan ge mycket god lönsamhet.
- Slopas reduktionsmöjlighet för energiskatten ger lägre lönsamhet. Om däremot regeringsrättens dom den 23/4-91 där en anläggning helt befriats från bränsleskatt skulle gälla generellt ökar skatte-reduktionen för diesel från 54 till 131 kr/MWh.
- Unik möjlighet för energiverket att laststyra genom att tex anläggningsägaren stänger av värmepumpen och istället levererar el till nätet under kritiska perioder.
- En hög totalverkningsgrad kan ge miljöfördelar genom att mingre mängd bränsle förbrukas.



En sammanfattande slutsats är att tekniken är ytterst intressant för abonnentsidan. Dock med beaktande av eventuella förvaltningstekniska problem som kan vara förknippade med denna relativt komplicerade och underhållskrävande teknik.

## 5 UTVECKLING & MARKNAD

Marknaden för förbränningsmotorbaserad elproduktion domineras av fem - sex stora leverantörer.

Eftersom det ej är lönsamt att enbart producera el kan de flesta leverantörerna idag även leverera kompletta kraftvärmeaggregat.

Kommersiellt på marknaden finns kraftvärmeaggregat från 15kW upp till över 40MW. Fyrtakts ottomotorer dominerar upp till 1-1.5MW. Därutöver är två och fyrtakts diesellaggregat vanligast.

Utvecklingen kommer att präglas av de miljökrav som myndigheterna sätter samt av priskonkurrens.

Miljömässigt kan aggregaten klara rådande krav med hjälp av lean-burn och katalysatorteknik. Reningstekniken är både kostsam i investering och underhåll. Priskonkurrensen och ev. strängare krav gör att utveckling av befintlig och ny teknik är att vänta.

Utvecklingen mot lägre priser och bättre prestanda kommer framför allt att ge större serier, paketslösningar och förbättrade totalverkningsgrader.

Tekniken är applicerbar från mycket små anläggningar med elbehov från 15 kW till gruppcentraler och mindre fjärrvärmenät samt inom industrin. Potentialen i Sverige för större gruppcentraler och mindre fjärrvärmenät uppskattas 1995 att uppgå till ca 12 TWh<sub>värme</sub>/år i ca 380 centraler. Potentialen inom industrin förväntas vara minst lika stor.

Potentialen för gasmotordrift inom det befintliga naturgasnätet och det planerade gasnätet i Stockholmsområdet har bedömts till 4-5 TWh<sub>värme</sub>/år varav 0.5-1 TWh<sub>värme</sub>/år inom industrin.

I Sverige förbrukade industrin cirka 0,6 TWh el för kylprocesser år 1985 (källa STEV 1988:7). Detta motsvarar drygt 1 % av industrins totala elförbrukning. Det bör med andra ord finnas en ansevärd konverterbar potential bland befintliga kylanläggningar.

Även värmepumpar kan bli intressanta för förbränningsmotordrift där marknaden i form av totalt installerad värmeeffekt var 2530 MW fram till 1986.

# BILAGA 1

**GENERELLA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR EXEMPLEN**

BILAGA 1

Propositionens förslag att på värmedelen ut (P:MKV:UT) reduceras energiskattens del av totala skatten. Samtidigt avräknas hela bränsleskatten på den del som motsvarar elproduktionen (EL:MKV:UT). Skatten på förlusterna fördelas proportionellt på andelen värme och el. Elskatt läggs sedan till på producerad el.

*Bränsle typ:	Pris(inkl.moms)	Reduktion skatt
E01	350 kr/MWh	54 kr/MWh
Naturgas	350 kr/MWh	16 kr/MWh

**\*Eltaxor (exkl.moms)**
**Lågspänning:**

Fast avg.	400 kr/år	
Effekt vinter	304 kr/kW	
Årseffektavg.	70 kr/kW	
		Varav skatt
vinter HL	640 kr/MWh	72 kr/MWh
vinter LL	320 kr/MWh	"
sommar HL	304 kr/MWh	"
sommar LL	264 kr/MWh	"

vinter nov-mars, höglast: vardagar 07-21

**Högspänning (11kV):**

Fast avg.	8000 kr/år	
Effekt vinter	54 kr/kW	
Årseffektavg.	58 kr/kW	
		Tillkommer skatt
vinter HL	460 kr/MWh	72 kr/MWh
vinter LL	215 kr/MWh	"
vår/höst HL	215 kr/MWh	"
vår/höst LL	170 kr/MWh	"
sommar HL	160 kr/MWh	"
sommar LL	130 kr/MWh	"

vinter nov-mars, sommar maj-aug, höglast: vardagar 07-21

**\*Försäljning av el**
**Ekovisam:**

(EXTRA FAST AVG. 3000KR)

		Varav skatt
höglast nov-mars	457 kr/MWh	-
låglast nov-mars	218 kr/MWh	-
höglast ap,se,ok	187 kr/MWh	-
låglast ap,se,ok	187 kr/MWh	-
höglast maj-aug	111 kr/MWh	-
låglast maj-aug	111 kr/MWh	-

(vid högspänning, 11 kV, ger ca 16% lägre ersättning)

**\*Anläggningens tillgänglighet: 95%**
**\*Pannanläggningens verkningsgrad  
Bef och spets: 85%**
**\*Drifftid nov-mars**

\*Driftalternativ:

1: Mkv utan värmepump

2: Mkv med värmepump där värmekällorna är laddluft, rökgaskondensering och strålningsförluster från motorn. All förlustvärme återvinns.

3: Mkv med värmepump. Som alt2 med den skillnaden att värmepumpen återvinner yttre värmekälla under den tid då mkv-aggregatet ej är i drift.

\*Beräkningar = exkl. moms

\*Undehåll: 50kr per producerad MWh el

\*Investeringar:

-Mkv-aggregatet:  
6400 resp. 8000 kr/kW<sub>el</sub>

-Tillägg vid vp-drift:  
2000 resp. 2500 kr/kW<sub>värme</sub>, vid värrefaktor 3.5 (den senare vid somardrift)

\*Lån, avkastningskrav 6%realt

\*Bidrag och stöd:

Det är troligt att räntebidrag alt stöd, för hela eller delar av investeringen, kan erhållas. Detta har dock ej beaktats i dessa beräkningar.



## BILAGA 2

# ENERGIFAKTA

1989-05-22  
(ersätter 1985-02-01)

18.11:1

## Bestämmelser och riktvärden för utsläpp vid förbränning

Vid all förbränning av bränslen – som olja, naturgas, kol, ved, torv och avfall – uppstår utsläpp (emissioner) av olika slag, som kan vara skadliga för hälsa och miljö.

Rökgaserna innehåller huvudsakligen koldioxid, stoft, metaller, svaveloxider, kväveoxider och klorider i varierande mängder. Mängderna beror främst på ursprungshalterna i det bränsle som eldas. Dessutom innehåller rökgaserna mycket varierande halter av kolmonoxid, organiska ämnen och oförbränt kol. Dessa halter, liksom halten av de kväveoxider som härstammar från kvävet i förbränningsluften, beror på hur förbränningsutrustningen är konstruerad samt hur förbränningen styrs.

Vattenföroreningar i form av metaller och organiska ämnen kan förekomma i lakvatten (dräneringsvatten) från bränslelager och deponeringsplatser för aska. Föroreningar av liknande slag kan också finnas i vatten från pannor som våtsotas samt från våtutmatning av aska. Aska från oljeeldning är sur och innehåller nickel och vanadin. Aska från kol-, torv- och vedeldning däremot är basisk. I denna aska finns ett stort antal metaller.

Buller och damm från förbränningsanläggningar kommer främst från transporter och hantering av bränsle och aska. Luft- och rökgasfläktar bidrar också till uppkomsten av buller.

För att begränsa utsläppen av luftföroreningar utrustas anläggningarna med olika typer av rökgasrening. Hur reningen utformas beror på anläggningens typ och storlek och utsläppskraven. Förorenat vatten samlas upp och renas före utsläpp. Lakvatten från deponeringsplats begränsas genom lämplig utformning av deponin. Transportanordningar och fläktar utrustas med bullerdämpande skydd. Bränslelagret och dess transportanordningar byggs in eller förses med anordningar för att begränsa damningen.

Lagstiftning, allmänna råd och villkor i enskilda ärenden styr val av reningsutrustning och tillsyn av anläggningar för att utsläpp skall hållas inom uppsatta gränsvärden. Aktuella lagar är naturresurslagen, miljöskyddslagen, plan- och bygglagen, lagen om svavelhaltigt bränsle samt hälsoskyddslagen. Koncessionsnämnden för miljöskydd, statens natur-

vårdsverk, länsstyrelser samt kommunernas byggnadsnämnder och miljö- och hälsoskyddsnämnder ser till att lagar och förordningar följs. Riksdagen beslutade våren 1988 att ändra prövningsordningen enligt miljöskyddslagen fr.o.m. den 1 juli 1989 och att skärpa miljökraven. Den nya ordningen innebär:

- Lokaliseringen av förbränningsanläggningar med en tillförd effekt över 200 MW prövas av regeringen (bostadsdepartementet) enligt naturresurslagen varefter frågan om tillstånd enligt miljöskyddslagen beslutas av koncessionsnämnden för miljöskydd. För anläggningar mellan 10 och 200 MW (för gasturbiner 0–200 MW) räcker det med tillstånd av länsstyrelsen. Fastbränsleeldade anläggningar och stationära förbränningsmotorer mellan 0,5 och 10 MW anmäls till miljö- och hälsoskyddsnämnden i kommunen. För övriga mindre pannor räcker det med byggnadslov.

- Med anläggning avses enligt miljöskyddslagen t.ex. ett värmeverk med en eller flera pannor. Tillståndet och dess villkor avser hela anläggningen men kan också sökas för ett helt fjärrvärmesystem med ett eller flera tillhörande värmeverk.

- Länsstyrelserna utövar tillsyn enligt miljöskyddslagen av alla tillståndspliktiga anläggningar medan kommunerna är tillsynsmyndigheter för anmälningspliktiga och övriga anläggningar. Kommunerna kan även ta över tillsynen över tillståndspliktiga anläggningar. Naturvårdsverket är central tillsynsmyndighet.

- Koncessionsnämndens tillståndsbeslut kan överklagas till regeringen (miljö- och energidepartementet). Länsstyrelsernas beslut i tillståndsärenden liksom alla beslut i tillsynsärenden överklagas hos koncessionsnämnden. Koncessionsnämndens beslut i sådana ärenden kan inte överklagas.

- Parallellt med tillståndsvillkoren gäller lagen och förordningen om svavelhaltigt bränsle. Dess bestämmelser gäller alla bränslen och anläggningar, nya som befintliga. Fr.o.m. år 1989 har bestämmelserna skärpts så att högst 0,19 gram svavel får släppas ut per MJ bränsle (g S/MJ), se tabellen. För tjockolja motsvarar detta 0,8% svavel. För nya koleldade anläggningar får dock utsläppet inte överstiga 0,05 g S/MJ som årsmedelvärde. I miljöpropos

(forts på baksidan)



sitionen våren 1988 aviserades en ytterligare skärpning till 0,10 g S/MJ (0,4% i olja) för mindre förbränningsanläggningar och 0,05 g S/MJ (0,2% i olja) för större. Dessa framtida krav avser de genomsnittliga utsläppen över året från samtliga bränslen och skall införas successivt under 1990-talet med början i storstäderna i Sydsverige år 1993. Hårdare krav kan komma att ges i samband med prövningen enligt miljöskyddslagen. Detta kan bli fallet t.ex. för stora kraftverk. En miljöavgift på 30 kr/kg svavel vid oljeeldning har också föreslagits av Miljöavgiftsutredningen. Förslag till svavelavgifter för andra bränslen skall lämnas under oktober 1989.

• Kraven beträffande utsläpp av kväveoxider, stoft, m.m. fastställs individuellt vid tillståndsprövningen. Riktlinjer för kväveoxidkraven beslutades av riksdagen våren 1988, se tabellen. Härvid skärptes kraven för nya kolanläggningar till 0,05 g NOx/MJ.

I övrigt kan nämnas:

• Naturvårdsverket har i "Allmänna råd (87:2) för fastbränsleeldade anläggningar" givit riktlinjer för stoftutsläpp, skorstenhöjder och hantering av restprodukter för anläggningar i storleken 0,5–10 MW.

• För avfallsförbränning har naturvårdsverket och statens energiverk utarbetat utsläppskrav (ENAUtredningen) som regeringen godkänt genom en skrivelse till riksdagen våren 1987. Kraven beträffande dioxinutsläpp har därefter skärpts genom praxis, se tabellen.

• I nybyggnadsreglerna till den reviderade Svensk Byggnorm, som kom ut i mars 1989, finns bestämmelser för olje- och fastbränsleeldade pannor, kaminer och andra uppvärmningsanordningar i villor och fastigheter. Bestämmelserna gäller pannor upp till 500 kW för fastbränsle och 10 MW för olja och gas, för vilka enbart krävs byggnadslov.

Tabellerna som följer sammanfattar de krav som gäller i dag för utsläpp till luft från olika anläggningar.

Nuvarande och framtida krav och riktlinjer för svavel- och kväveoxidutsläpp

Bränsle	Svavel gS/MJ bränsle (viktprocent i olja)	Kväveoxider NO <sub>x</sub> räknade som g NO <sub>x</sub> /MJ bränsle
<b>Nuvarande krav</b>		
Svavelhaltiga bränslen (exkl. tunnolja)	0,19 <sup>1)</sup> (0,8%)	
Tunn eldningsolja	0,05 <sup>2)</sup> (0,2%)	
Kol, nya anläggningar	0,05 <sup>3)</sup>	0,05 <sup>4)</sup>
Kol, befintliga anläggningar	0,10 – 0,17 <sup>5)</sup>	
Övriga, nya stora anläggningar <sup>6)</sup>		0,05 – 0,10 <sup>4)</sup>
Övriga, nya mindre anläggningar <sup>6)</sup>		0,10 – 0,20 <sup>4)</sup>
<b>Framtida krav <sup>7)</sup></b>		
Tunn eldningsolja	0,05 <sup>2)</sup> (0,2%)	
Nya kolanläggningar	0,05 <sup>3)</sup>	0,05 <sup>4)</sup>
Stora nya o befintliga anläggningar <sup>8)</sup>	0,05 <sup>3)</sup> (0,2%)	0,05 – 0,10 <sup>4)</sup>
Mindre nya o befintliga anläggningar <sup>8, 10)</sup>	0,10 <sup>3)</sup> (0,4%)	0,10 – 0,20 <sup>4)</sup>

1) Max. värde enligt lagstiftning för alla bränslen. Stockholm och Göteborg har beslutat om lägre nivå för tjock olja.

2) Årsgenomsnittsvärde enligt lagstiftning, max. 0,3%

3) Årsmedelvärde enligt lagstiftning

4) Över 300 ton NO<sub>x</sub>/år

5) Över 10 MW tillörd effekt, mindre än 300 ton NO<sub>x</sub>/år

6) Riktlinjer för tillståndsprövningen (årsmedelvärde)

7) Fr.o.m. 1995 för NO<sub>x</sub>, inför successivt fr.o.m. 1993 för svavel

8) Detaljutformning av ny svavelförordning ännu ej klar

9) Över 400 ton svavel/år, över 600 ton NO<sub>x</sub>/år för befintliga anläggningar med undantag för anläggningar i W, S, X, Y, Z, AC, BD-län

10) Under 400 ton svavel/år, 150–600 ton NO<sub>x</sub>/år för befintliga anläggningar med samma undantag som i lotnot 9.

(forts på nästa sida)

## Emissionsforderungen nach TA Luft '86

BRENNSTOFF- FEUERUNGS- ART GELTUNGS- BEREICH	SAUER- STOFF- GEHALT im trockenen Abgas Vol %	STAUB  (mg/m <sup>3</sup> Abgas)	KOHLEN- MONOXID  (mg/m <sup>3</sup> Abgas)	STICKSTOFF- OXIDE (als NO <sub>x</sub> )  (mg/m <sup>3</sup> Abgas)	SCHWEFEL- OXIDE (als SO <sub>2</sub> )  (mg/m <sup>3</sup> Abgas)	HALOGEN- VERBIN- DUNGEN (mg/m <sup>3</sup> Abgas)
						Chlor- wasser- stoff
Korn- Staub-, Rost- feuerung 1 – 50 MW	7	< 5 MW: 150 > 5 MW: 50	250 (< 2,5 MW nur bei Nennlast)	500	2000 (Zugabe basischer Sorbeniten)	Keine Emissions- grenzwerte
Korn- Wärtschicht- feuerung 1 – 50 MW	7	< 5 MW: 150 > 5 MW: 50	250 (< 2,5 MW nur bei Nennlast)	< 20 MW: 500 > 20 MW: 300	400 (odor Schwefel- emissionsgrad max. 25 %)	Keine Emissions- grenzwerte
Holzöl- Ölfeuerung HEL 1 – 50 MW HS 5 – 50 MW	3	HEL Rußzahl 1 HS :80 S-Gehalt > 1%:50	170	HEL 250 HS 450	1700	Wenn Massen- strom > 0,3 kg/h > 0,05 kg/h 30,0 mg/m <sup>3</sup> 5 mg/m <sup>3</sup>
Erdgas- Gasfeuerung 10 – 100 MW	3	5	100	200	35	Wenn Massen- strom > 0,3 kg/h > 0,05 kg/h 30,0 mg/m <sup>3</sup> 5 mg/m <sup>3</sup>
Verbrennungs- raum > 1 MW	5	130	650	Viertakt: 500 Zweitakt: 800 Diesel < 3 MW: 4000 Diesel > 3 MW: 2000	vergleichbar HEL	Wenn Massen- strom > 0,3 kg/h > 0,05 kg/h 30,0 mg/m <sup>3</sup> 5 mg/m <sup>3</sup>
Verbrennungs- kammer < 60000 m <sup>3</sup> /h > 60000 m <sup>3</sup> /h	15	Rußzahl 4 Rußzahl 2	100	350 300	bei Erdgas oder HEL keine Emissionsgrenz- werte	Wenn Massen- strom > 0,3 kg/h > 0,05 kg/h 30,0 mg/m <sup>3</sup> 5 mg/m <sup>3</sup>
Müllverbren- nungsanlage	11	30	100	500	100	50 2

Land	Tillförd effekt MW	Max NO <sub>x</sub> - utsläpp mg/MJ	Anmärkning
USA	> 73	90	Elprod.anläggning Vissa stater kan ha strängare krav
	> 29	50	
Japan	> ca 500	30	Hårdare krav gäller för vissa starkt ut- släppsbelastade om- råden
	ca 40-500	60	
	ca 10-40	70	
	> ca 10	80	
Västtyskland	> 300	30	Nya krav gäller även för befintliga an- läggningar. Dessa är beroende av anlägg- ningens ålder
	5-300	50	
Schweiz	> 300	30	Gäller även befint- liga anläggningar
	1-300	50	
Österrike	> 300	20	
	150-300	40	
	50-150	50	
Nederländerna	> 50	50	

*Internationella utsläppskrav för NO<sub>x</sub> från gaseldade anläggningar. Samtliga gäller för nyanläggningar om inte annat anges.*



## BILAGA 3

**REFERENSER**

1. Anvisningar för emissionsmätningar på stationära gasmotorer, Lennart Eriksson, Värmeforsk, G8-903, Dec 90
2. Motordriven uteluftvärmepump med höggradig återvinning, Henrik Enström, ScanRef 6/90
3. Motorer och kraftvärmeaggregat för naturgasdrift Nuläge och utvecklingstrender, Ebbe Danielsson Rapport Nordisk Gasteknisk Center
4. Utredning av små gasturbin- och motorkraftverksanläggningar, J Hiltuner, Nordisk Gasteknisk Center
5. Kraft värme, Vattenfall, Tekniska Verken Eskilstuna, ABB, Stal och Götaverken/Generator
6. Bränsle drivna värmepumpar U(S) 1990/41
7. Erfaringer med danske og andre europaeiske naturgasdrevne gasmotoranlaeg, Jan de Wit, Nordisk Gasteknisk Center

R51 : 1991

ISBN 91-540-5376-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6811051

Abonnementsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang

Distribution:  
Svensk Byggtjänst  
171 88 Solna

Cirkapris: 56 kr exkl moms