



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**

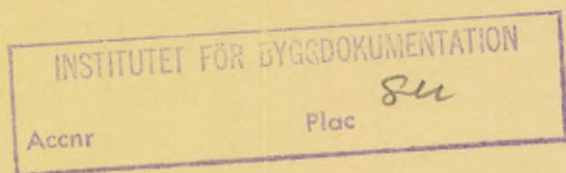
**R77:1984**

# **Sveriges framtida uppvärmnings- och elförsörjningssystem**

**Studie av tre renodlade fall ur  
samhällesekonomisk synvinkel**

**Lars-Erik Bengtsson  
Björn Lindén**

*K  
A/A*



**Byggeforskningsrådet**

R77:1984

SVERIGES FRAMTIDA UPPVÄRMINGS- OCH ELFÖRSÖRJNINGSSYSTEM  
Studie av tre renodlade fall ur samhällsekonomisk synvinkel

Lars-Erik Bengtsson  
Björn Lindén

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830857-4  
från Statens råd för byggnadsforskning till LEB VVS-  
TEKNIK AB, Stockholm

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

R77:1984

ISBN 91-540-4152-X  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

<u>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</u>	<u>SIDA</u>	
1.1	Inledning	3
1.2	Genomförande	5
1.3	Sammanfattning	6
2	UNDERLAG OCH FÖRUTSÄTTNINGAR	15
2.1	Uppvärmning och elförsörjning 1981	15
2.2	Varaktighetsdiagram	17
2.3	Uppvärmning och elförsörjning 1981 i varaktighetsdiagram	19
2.4	Verkningsgrader, värmefaktorer och distributionsförluster	22
2.5	Kostnadsberäkningar	23
2.6	Kostnader	23
2.7	Maximalt möjligt utnyttjande av kärnkraft till värmepumpar	26
2.8	Övriga förutsättningar	29
3	PRESENTATION AV ALTERNATIVEN	30
3.1	Alternativ 1	30
3.11	Före kärnkraftsavvecklingen	32
3.12	Efter kärnkraftsavvecklingen	35
3.2	Alternativ 2	39
3.21	Före kärnkraftsavvecklingen	39
3.22	Efter kärnkraftsavvecklingen	42
3.3	Alternativ 3	45
3.31	Före kärnkraftsavvecklingen	45
3.32	Efter kärnkraftsavvecklingen	48
9	BILAGOR	
9.1	Översikt över elförsörjningen 1981, statistik	
9.2	Kostnader för stora värmepumpar, ur VAST INFO NR 32:55	
10	REFERENSLISTA	
A1	APPENDIX 1 Kostnadsberäkningar alt 1, 2 och 3	
A2	APPENDIX 2 Jämförelser för enskilt hus eller område, beräkningar	



## 1.1

Inledning

Svensk energipolitik har för närvarande flera målsättningar: minskad energiförbrukning, minskat oljeberoende, minskad bränsleimport, kärnkraftsavveckling etc.

Utredningens syfte är att visa hur några olika val av uppvärmningssystem för byggnader tenderar att påverka dessa målsättningar. Detta bör poängteras så att utredningen inte tolkas som en prognos.

Metoden har varit att utgående från uppvärmningsbehovet i övrigsektorn samt elförsörjningen, 1981, ställa tre teoretiska scenarios emot varandra.

1 Före kärnkraftsavvecklingen

Maximalt utbyggd fjärrvärme enligt värmeverksföreningen (VVF). Alla fjärrvärmeverk köleldas, endast spetsenergin erhålls från olja. Resterande värmebehov, exkl elvärmda fastigheter, förses med lokalt placerade värmepumpar. Elenergi till värmepumparna erhålls från kärnkraftens elöverskott.

Efter kärnkraftsavvecklingen

Fjärrvärme konverteras till kraftvärme i enligt VVF maximal utsträckning. Resterande kärnkraftersättning erhålls från kolkondens.

2 Före kärnkraftsavvecklingen

Hela värmebehovet, exkl elvärmda fastigheter, förses med lokalt placerade värmepumpar. Elenergi till värmepumparna erhålls från kärnkraftens elöverskott samt någon kolkondens.

Efter kärnkraftsavvecklingen

All kärnkraft ersätts med kolkondens.

3 Före kärnkraftsavvecklingen

Fjärrvärmen antas utbyggd i den utsträckning och på de platser som erfordras för att efter kärnkraftsavvecklingen kunna producera kraftvärme i enl VVF maximalt möjlig utsträckning. Alla fjärrvärmeverk köleldas, endast spetsenergin erhålls från olja. Resterande värmebehov, exkl elvärmda fastigheter, förses med lokalt placerade värmepumpar. Elenergin till värmepumparna erhålls från kärnkraftens elöverskott.

1.1  
(forts)

Efter kärnkraftsavvecklingen

All fjärrvärme konverteras till kraftvärme.  
Resterande kärnkraftsersättning erhålls från kolkondens.

Alternativen är mycket renodlade och kan sägas representera olika "blandning" av fjärrvärme och värmepumpar.

Alt 1 har mest fjärrvärme och minst värmepumpar.  
Alt 2 har bara värmepumpar och Alt 3 ligger mellan Alt 1 och Alt 2.

I Alt 1 och 3 levereras efter kärnkraftsavvecklingen lika mycket el från kraftvärmeverk, i Alt 2 finns ingen kraftvärme.

Maximalt kan fjärrvärme enligt VVF leverera 52 TWh<sub>v</sub> och 17,5 TWh<sub>e</sub>l.



## 1.2 Genomförande

För de olika alternativen har beräknats:

- bruttoenergianvändningen i bränsle
- importkostnader för bränsle
- investeringskostnader

Vid beräkningarna av bruttoenergianvändningen i bränsleenergi har medelvärden för verkningsgrader och distributionsförluster använts.

Alla ekonomiska kalkyler har gjorts ur nationalekonomisk synvinkel, d v s exkl skatt, i kostnadsläge mars 1983.

För att beräkna investeringskostnaderna erfordras förutom energimängder också kännedom om effektbehoven.

För att uppskatta effektbehoven har varaktighetsdiagram teoretiskt beräknats. Varaktighetsdiagrammet visar effektbehovet för transmission, ventilation och varmvattenberedning som funktion av utetemperaturen under årets 8760 timmar.

Som medelvärde för Sveriges bebyggelse har klimatdata för Stockholm använts.

Alla tre alternativen förutsätter en mycket kraftig utbyggnad av värmepumpar. I varje alternativ kommer småhusen, exkl de elvärmda, att förses med värmepumpar och konkurrenssituationen mellan fjärrvärme och värmepumpar uppstår i "resten" av övrigsektorn.

Investeringskostnaderna är därför beräknade för den del av övrigsektorn som består av lokaler och flerbostadshus. Småhusens investeringskostnad ses som en konstant att lägga till samtliga alternativ.

Installationskostnaderna för värmepumparna har varierats mellan 2 500 - 5 000 kr/kW<sub>v</sub>, för abonnentcentralerna för fjärrvärme mellan 250 - 925 kr/kW<sub>v</sub> och för fjärrvärmenät mellan 500 - 2 000 kr/kW<sub>v</sub> värmeverkseffekt. (kW<sub>v</sub> = kilowatt värme).

Alla kraftvärmeverk, värmeverk och värmepumpar är dimensionerade till halva maxeffekten och täcker då ~85% av energibehovet.

Slutligen har beräkningar på några exempel gjorts för ett enhetsvärmebehov på 1 kW<sub>v</sub>. Samma förutsättningar, kostnader och antaganden som tidigare har använts.

Exemplen visar de årskostnader som erhålls i enskilda fall, och inte som tidigare för hela systemet.

Exemplens olika delar kan sedan kombineras med varandra i önskad grad.

## 1.3

Sammanfattning

Utredningen pekar på att Sverige fram till kärnkraftsavvecklingen bör använda den möjligt tillgängliga eleffekten från kärnkraften till eldrivna värmepumpar. Detta skulle minska användningen av fossila bränslen och importkostnaderna för uppvärmning betydligt. Om värmeverken om- eller nybyggs till koleldning minskar importkostnaderna ytterligare.

Värmepumparna bör primärt placeras direkt i byggnader. Om delar av den tillgängliga effekten används till stora värmepumpar i fjärrvärmenät kan samma eleffekt inte användas till små värmepumpar för att ersätta mindre oljepannor. Värmeverken lämpar sig p g a sin storlek för ombyggnad till koleldning. För att maximal oljeersättning skall uppnås bör alltså värmepumpar i första hand ersätta oljepannor.

Värmepumpsalternativens totalt sett högre investeringskostnad motiveras av de lägre importkostnaderna samt de större möjligheter och incitament till besparingar som det lokalt placerade systemet ger.

Efter kärnkraftsavvecklingen kommer stora elleveranser från kolkondenskraftverk att erfordras.

Om kraftvärmen byggs ut till den maximala nivå som enligt VVF är möjlig, kan knappt hälften av kärnkraftens elleveranser 1981 ersättas.

Den resterande delen samt den framtida ökningen måste ersättas med kolkondenskraftverk.

I utredningen har efter kärnkraftsavvecklingen erhållits ungefär samma användning av fossila bränslen i samtliga alternativ.

Beträffande bränsleenergianvändningen erhålls följande resultat:

Före kärnkraftsavvecklingen erhålls en lägre användning av fossila bränslen ju större andel värmepumpar som installeras. Större andel värmepumpar innebär i sin tur att en ökad elleverans från kärnkraftsverken erfordras.

Minskningen av bränsleanvändningen är dock mera markant än ökningen av kärnkraftselproduktionen, se bild 1.31.

1.3  
(forts)

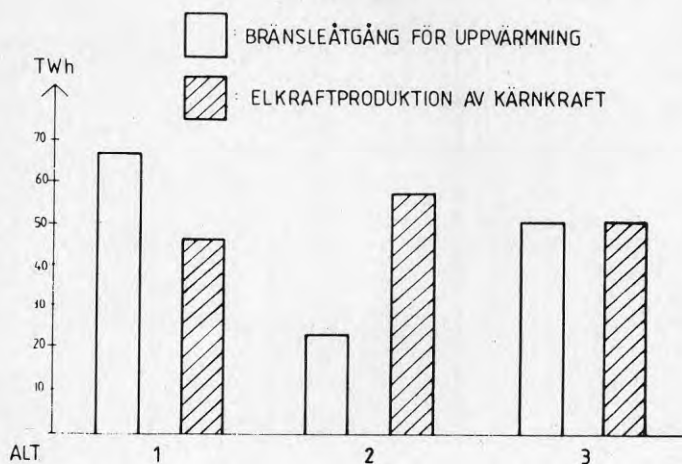


Bild 1.31. Bränsleanvändning för uppvärmning i övrigsektorn samt kärnkraftens elproduktion.

Efter kärnkraftsavvecklingen erhålls en bränsleenergianvändning som är ungefär densamma i alla tre alternativen, se bild 1.32.

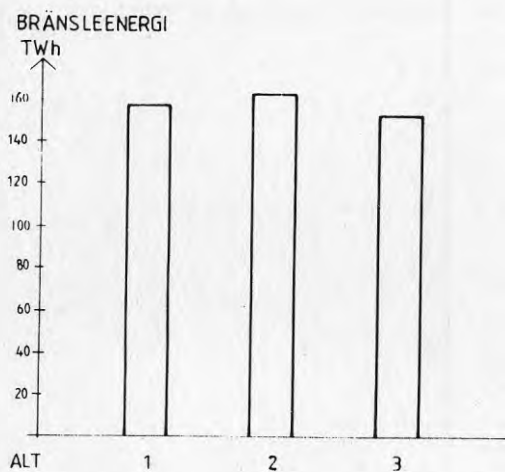


Bild 1.32. Bränsleanvändning för uppvärmning i övrigsektorn samt för kärnkraftsersättningen.

1.3 (forts) Vid beräkningarna av importkostnaderna för bränsle innefattas dels fossila bränslen, dels kärnkraftens elproduktion.

Före kärnkraftsavvecklingen erhålls i samtliga alternativ en betydande minskning av importkostnaderna vid konvertering till koleldning i värmeverken och installation av värmepumpar i byggnaderna.

Tendensen är att importkostnaden blir lägre ju större andelen värmepumpar är.

Efter kärnkraftsavvecklingen blir importkostnaderna högre men är fortfarande betydligt lägre än dagens, se bild 1.33.

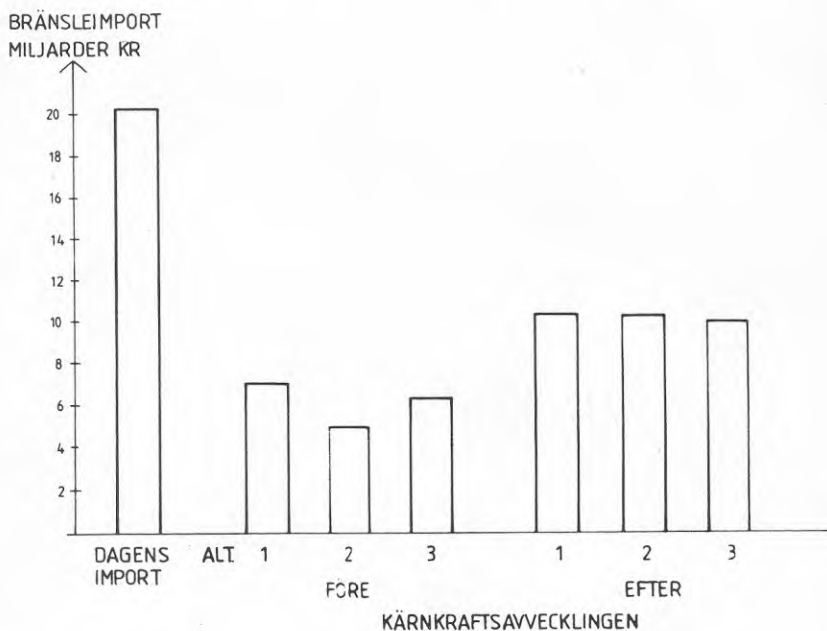


Bild 1.33. Importkostnader. Dagens och i alt 1, 2 och 3 före och efter kärnkraftsavvecklingen.

1.3 (forts) Investeringskostnaderna är beräknade för övrigsektorn exkl småhus samt för kärnkraftsersättningen.

Tabell 1.34 visar investeringskostnaderna, uppdelade på före resp efter kärnkraftsavvecklingen.

Bild 1.34 a och b visar de totala investeringskostnaderna, före och efter kärnkraftsavvecklingen.

Tabellen och bilderna visar enbart investeringen för att välja ett visst alternativ, ersättningsinvesteringar har inte behandlats.

	Investeringskostnader Gkr	
	Före	Efter
Alt 1	18,9 - 32,3	28,1
Alt 2	27,9 - 46,4	37,9
Alt 3	21,3 - 39	30,8

Tabell 1.34. Investeringskostnaderna före och efter kärnkraftsavvecklingen för övrigsektorn exkl småhus samt för kärnkraftsersättningen.

1.3  
(forts)

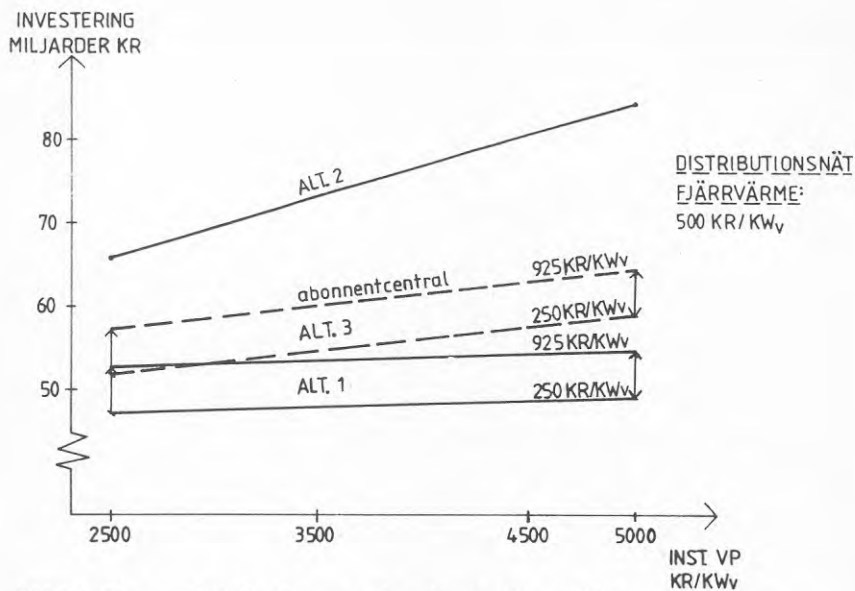


Bild 1.34 a. Totala investeringskostnader enligt ovan, före + efter kärnkraftsavvecklingen, låg kulvertkostnad.

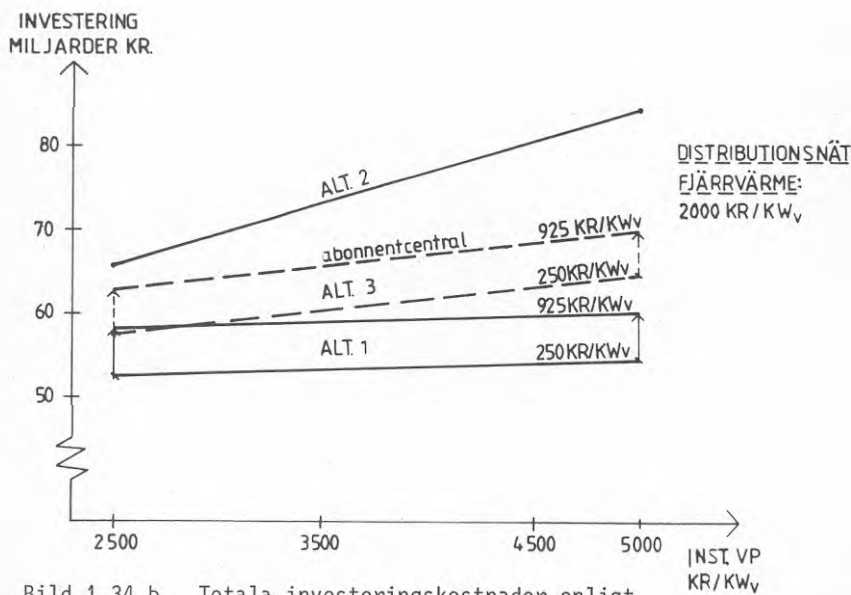


Bild 1.34 b. Totala investeringskostnader enligt ovan, före + efter kärnkraftsavvecklingen, hög kulvertkostnad.

1.3  
(forts)

Investeringskostnaderna skall inte bedömas efter sitt numeriska värde, utan mer som en indikation på det inbördes förhållandet mellan alternativen.

Resultatet pekar på att alt 1 är det minst kostsamma.

Alt 3 erfordrar en högre och alt 2 en mer markant högre investeringskostnad.

Här redovisas också några exempel som visar de kostnader som erhålls i speciella fall med de i utredningen använda förutsättningarna, bild 1.35 - 38.

Kostnaderna redovisas i kr/kWv,år, för specifika kostnader, se kap 2.

Värmepump i byggnad - värmepump i fjärrvärmenät

Huset antas befintligt med befintlig oljepanna.

Alla ingående delar i energiförsörjningssystemet utom kärnkraften antas nybyggda.

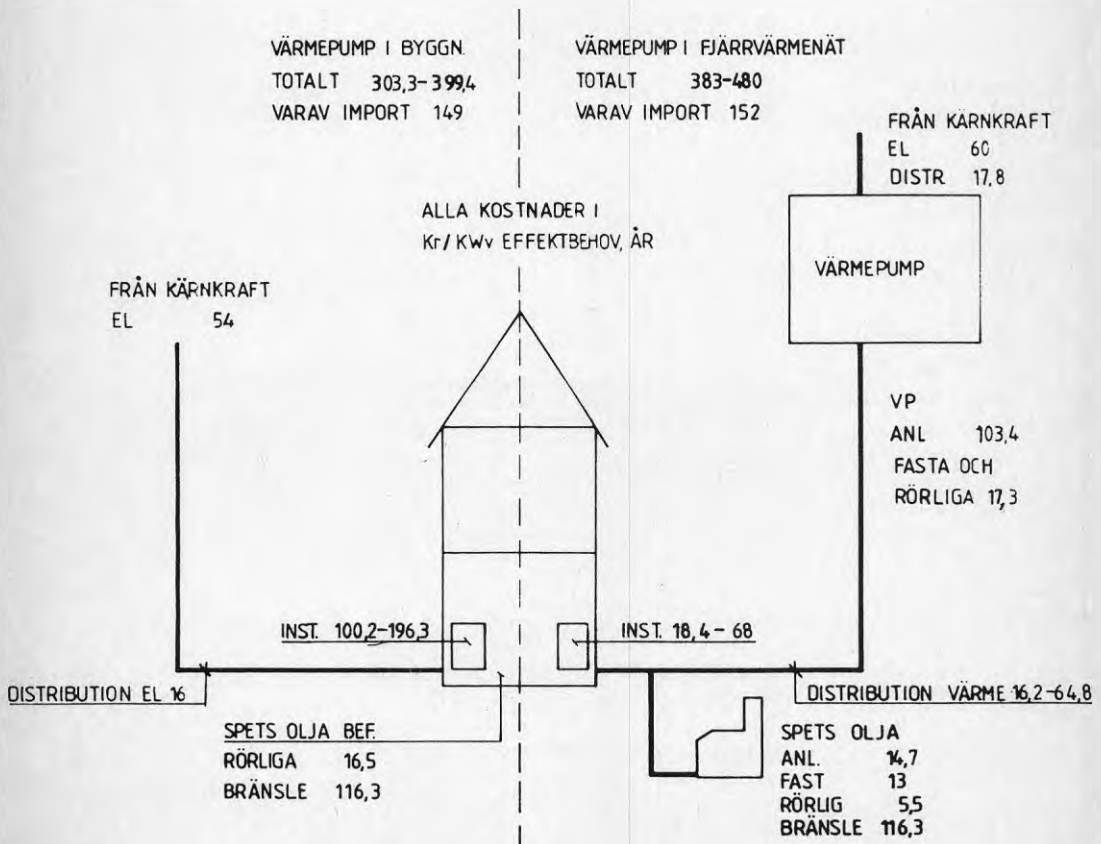


Bild 1.35

### 1.3 Värmepump i byggnad - befintligt koleldat värmeverk (forts)

Huset antas befintligt med befintlig abonnentcentral för fjärrvärme.

Värmeverket, spetsoljecentralen och kulvertnätet antas befintligt.

Värmepumpen installeras och eldistributionsnätet förstärks.

El till VP levereras från kärnkraft och spetsenergi från befintligt värmeverk.

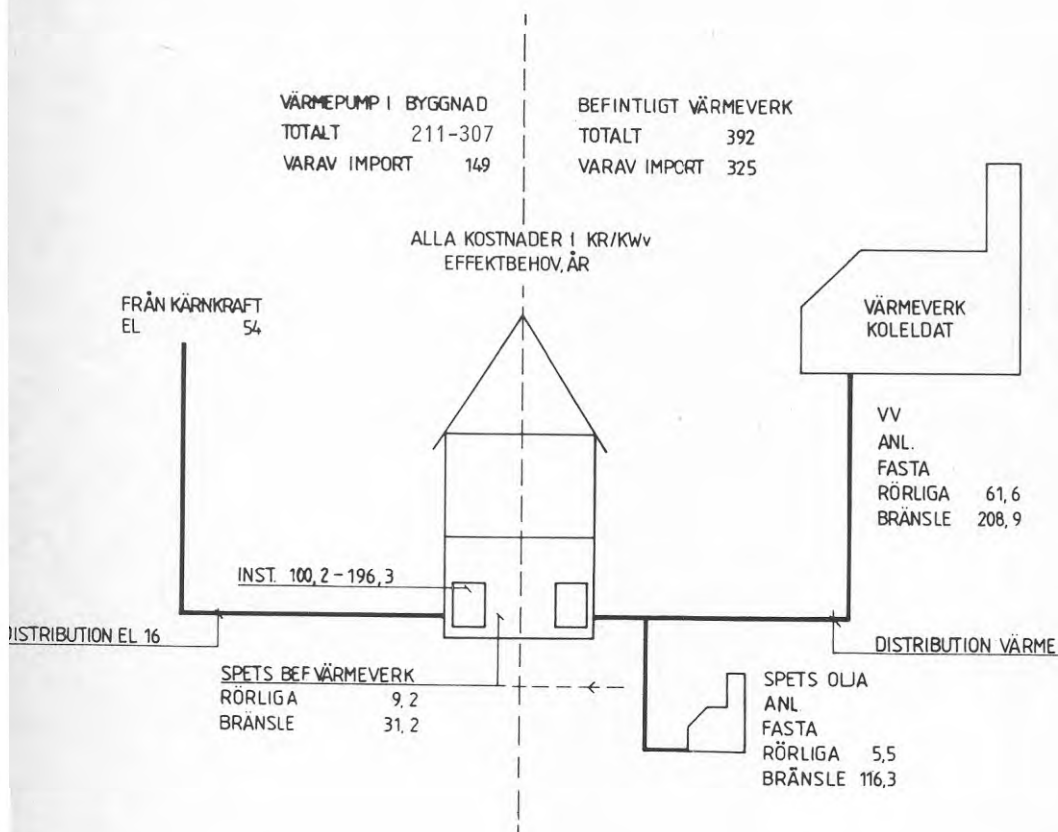


Bild 1.36



1,3  
(forts)

Värmepump i byggnad, kolkondens - koleldat värmeverk

Huset och alla ingående delar i energiförsörjningssystemet antas nybyggda.

Kostnaden för VP-inst är merkostnaden p g a kortare avskrivningstid.

I värmepumpsfallet är spetsenergin direktel och rymt i fastighetens ordinarie elabonnemang.

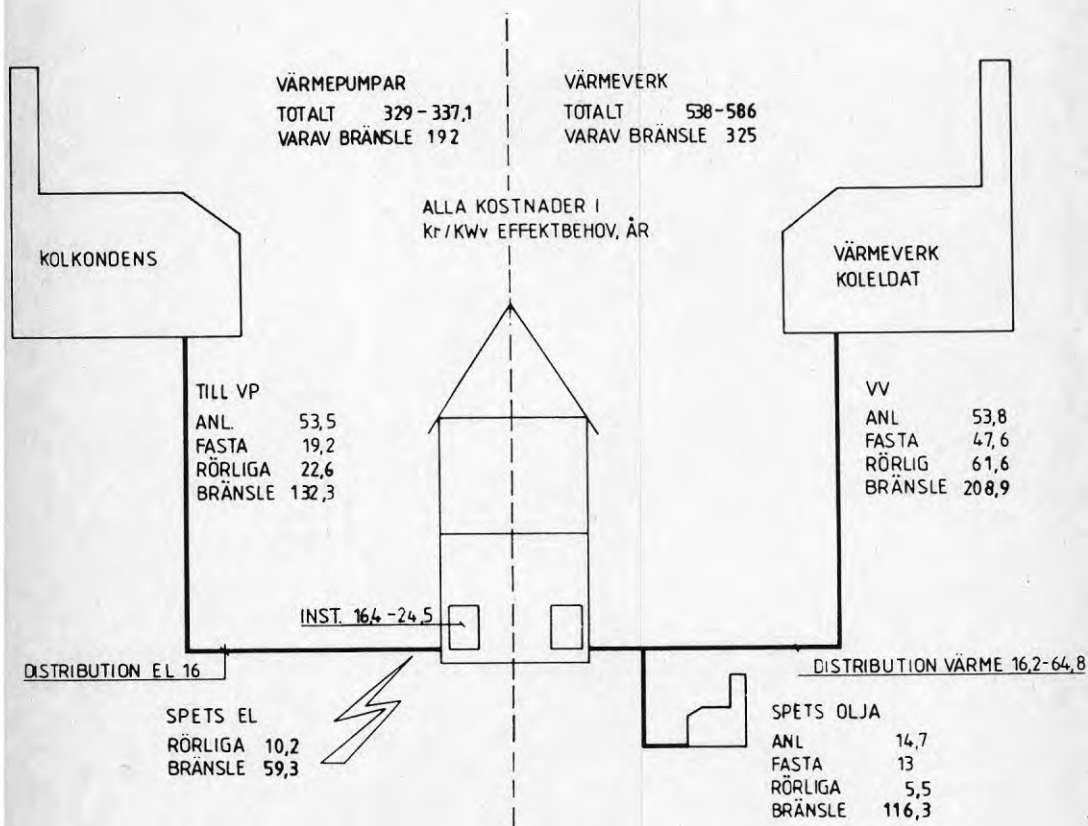


Bild 1.37

1.3  
(forts)Värmepump i byggnad, kolkondens - koleldat kraftvärmeverk

Huset och alla ingående delar i energiförsörjningssystemet antas nybyggda.

Kostnaden för VP-inst är merkostnaden p g a kortare avskrivningstid.

I värmepumpsfallet är spetsenergin direktel och ryms i fastighetens ordinarie elabonnemang.

Kolkondenskraftverket producerar förutom el till värmepumpen också lika mycket el som kraftvärmeverket.

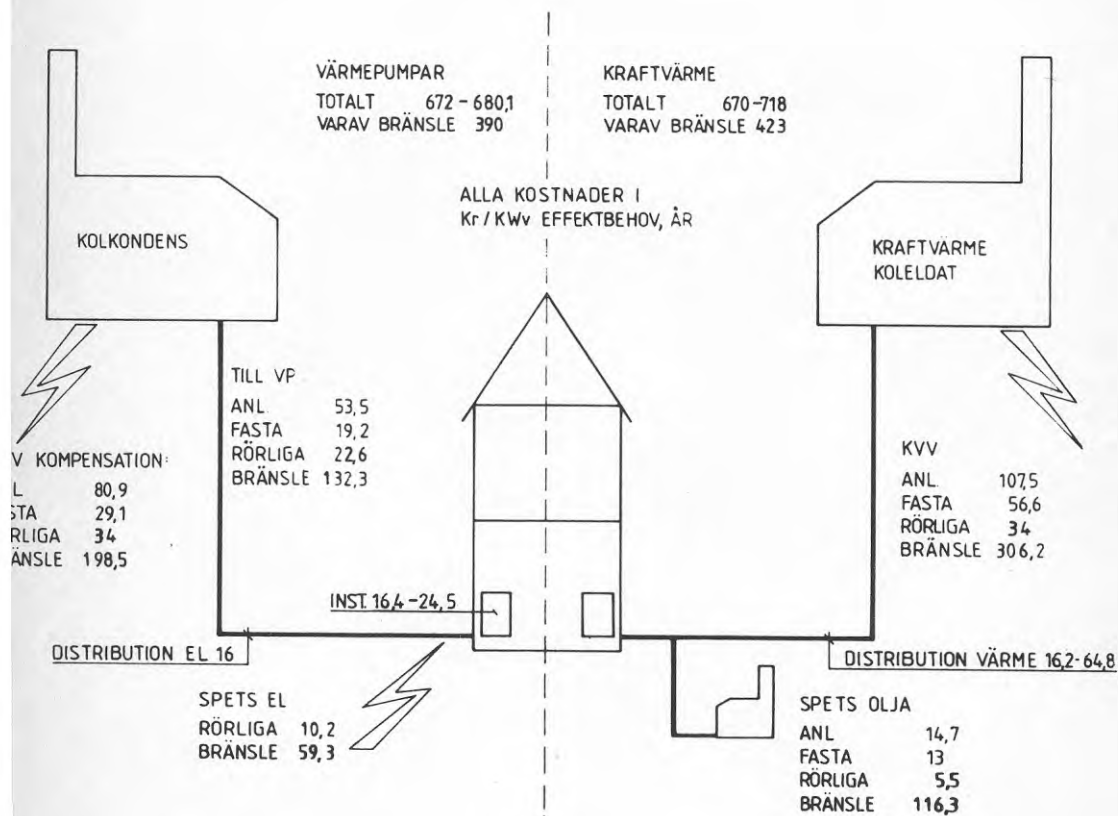


Bild 1.38

## 2 UNDERLAG OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

### 2.1 Uppvärmning och elförsörjning 1981

Som utgångspunkt för utredningen har använts energianvändningen för uppvärmning i övrigsektorn samt landets totala elproduktion.

Materialet är hämtat ur Statistiska Centralbyråns energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler samt för elförsörjningen (1981).

Med ovanstående statistik täcks 98 - 99 procent av övrigsektorns uppvärmning in. Resterande 1 ä 2 procent är 5 - 600 000 fritidshus där statistik saknas.

För industrin finns ingen statistik vad gäller uppvärmning.

Resultatet redovisas i tabellform dels som nettoenergianvändning (av konsumenterna använd värmeenergi), dels som bruttoenergianvändning (oförbränt bränsle) beräknad med hänsyn till verkningsgrader och distributionsförluster. Samtidigt görs en jämförelse med en liknande undersökning av SIND PM 82:23.

Elvärme är svår att ge en verkningsgrad och lämnas därför utanför vid beräkningarna av bruttoenergianvändningen.

Uppdelningen i uppvärmningssätt följer SCB:s redovisning.

Uppvärmningssätt	Netto- energian- vändning TWh <sub>v</sub>	Brutto- energian- vändning TWh <sub>v</sub>	(SIND PM 82:23) netto (TWh <sub>v</sub> )
El	12,8		(12)
Oljepannor	43,2	57,6	
Fjärrvärme	24,8	32,3	(25,2)
Ved, panncentraler etc	9,9	14,9	(54,8 inkl oljepannor)
	90,7	104,8	(92)

Tabell 2.11. Energianvändning för uppvärmning i övrigsektorn, 1981 (TWh<sub>v</sub>).

2.1 Elförsörjningen fördelade sig 1981 på de olika kraftslagen  
(forts) enligt följande:

Kraftslag	TWh <sub>e</sub>
Vattenkraft	58,82
Kärnkraft	36,04
Mottryck, industriellt	2,81
Mottryck, kraftvärme	1,83
Kondens	0,23
Gasturbin m m	0,28
	100,01

Tabell 2.12. Elförsörjningen år 1981. Produktion inom landet (TWh<sub>e</sub>).

## 2.2

Varaktighetsdiagram

Resultatet har lagts in i varaktighetsdiagram med effekt (W) på den vertikala axeln och tid (årets 8 760 timmar) på den horisontella axeln.

Ytan under kurvan representerar då effekt (W) x tid (h), d v s årets totala värmeenergibehov (Wh).

På den horisontella axeln markeras också utetemperaturens varaktighet.

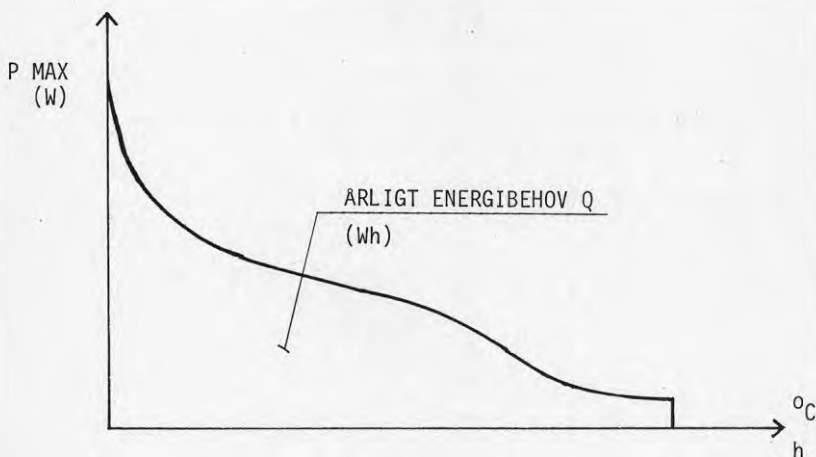


Bild 2.2. Varaktighetsdiagram

Effektbehovet stiger vid fallande utetemperatur och tvärtom. Den maximala effekten,  $P_{\max}$ , motsvarar den värmeeffekt som krävs vid lägsta dimensionerande utetemperatur.

Om den totala energin under ytan  $Q$  divideras med den maximala effekten,  $P_{\max}$ , erhålls värmelastens utnyttjandetid.

Vid framtagandet av teoretiska varaktighetskurvor för hela Sverige har följande antagits gälla som medelvärden:

Dimensionerande utetemperatur	$DUT = -18^{\circ}\text{C}$
Utemedeltemperatur	$t_m = 6,6^{\circ}\text{C}$
Inomhustemperatur	$t_i = 21^{\circ}\text{C}$

2.2  
(forts)

Transmissionens andel av uppvärmningsenergin:

65%, uppvärmning till  $17^{\circ}\text{C}$ , antal gradtimmar  $S = 89\ 180$  gradh.

Ventilationens andel av uppvärmningsenergin:

35%, uppvärmning till  $21^{\circ}\text{C}$ , antal gradtimmar  $S = 126\ 400$  gradh.

Tillsammans utgör transmission och ventilation 74% av den totalt tillförda energin. Tappvarmvattnets andel av bebyggelsens energi-behov antas vara 26%.

Den med ovanstående ingångsvärden beräknade maxeffekten ger värmelastens utnyttjandetid omkring 3 350 h. Detta stämmer väl för enskilda konsumenter med varmvattenackumulering. För fjärrvärmeabonnenter är värmelastens utnyttjandetid ca 2 200 h. Orsaken är troligen delvis att man använder direktväxling av varmvattnet, något som kräver högre effekter.

Trots att de enskilda abonnenterna i ett fjärrvärmesystem har utnyttjandetider omkring 2 200 h stämmer siffran 3 350 någorlunda väl för själva fjärrvärmeverket. Detta synes bero på sammanlagrings-effekten och den buffert som vattenmängden i systemet utgör.

### 2.3 Uppvärmning och elförsörjning 1981 i varaktighetsdiagram

I diagram 2.31 visas nettoenergianvändningen för uppvärmning i övrigsektorn, 90 650 GWh, inlagd som varaktighetskurvor över den horisontella tidsaxeln.

Under tidsaxeln, nedåt i diagrammet finns elförsörjningen inlagd som månadsmedelvärden uppdelad på de olika kraftslagen.

I diagram 2.32 ses på motsvarande sätt bruttoenergianvändningen för uppvärmning över och elförsörjningen under den horisontella tidsaxeln.

El för uppvärmning är, som tidigare sagts svårt att ge en bestämd verkningsgrad eftersom man inte vet vilket kraftslag den kommer från.

I fortsättningen finns inte eluppvärmningsbehovet med i diskussionerna utan antas vara kvar som elvärme och kan då sägas ingå i landets totala elenergibehov.

2.3  
(forts)

## NETTOENERGIANVÄNDNING VÄRME 1981

TOTALT 90 650 GWh (7 790 Ktoe)

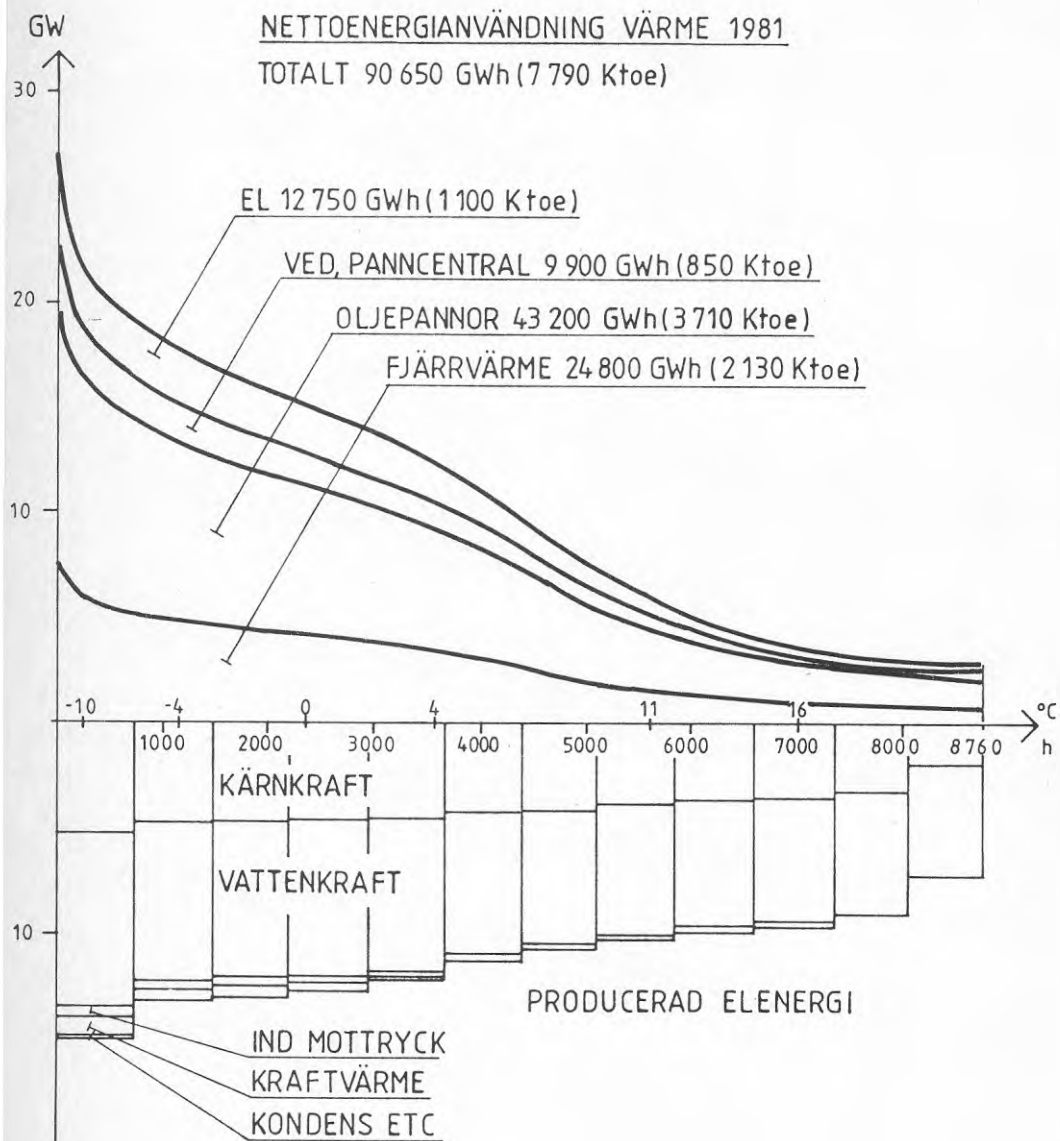


DIAGRAM 2.31



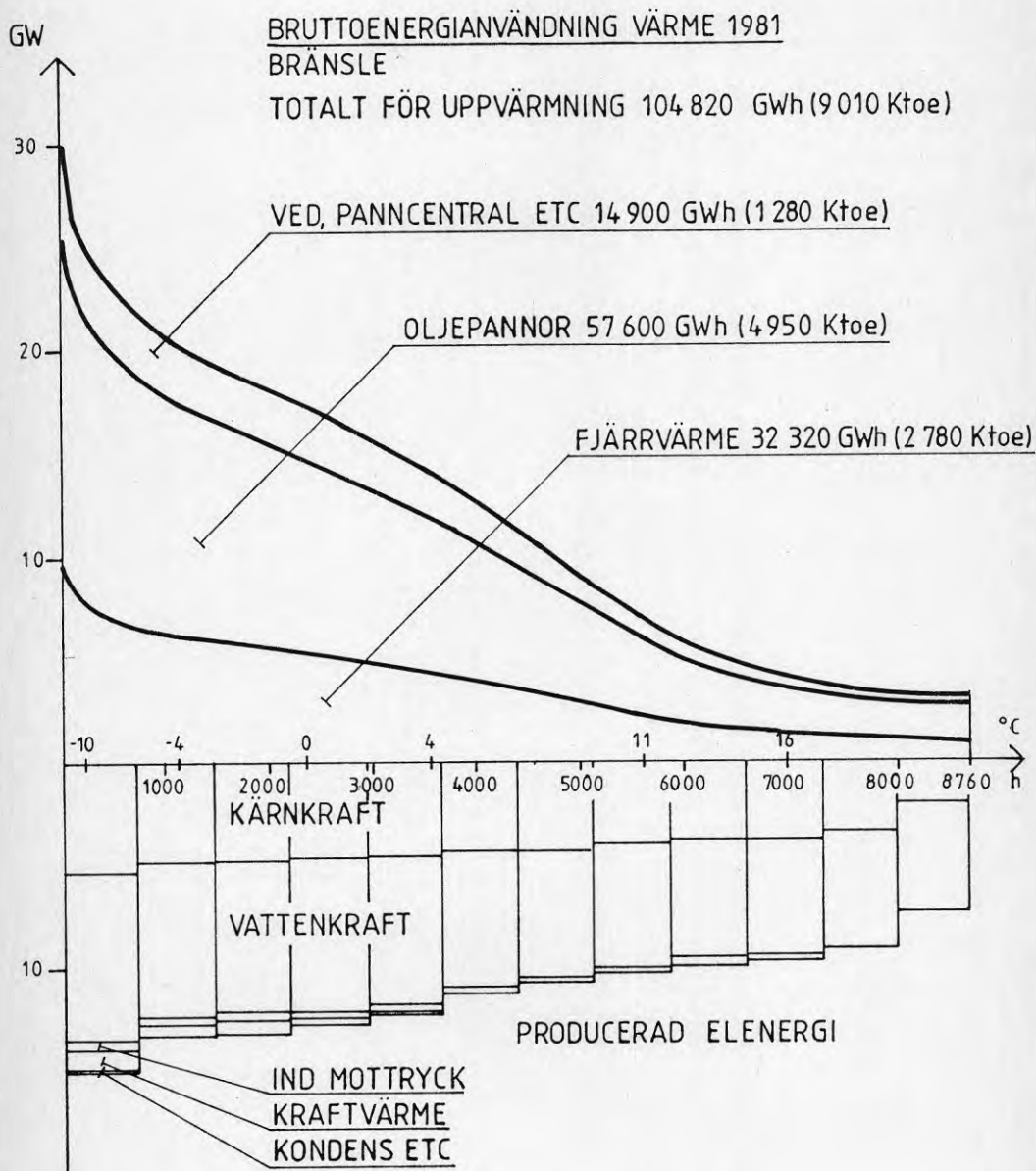
2.3  
(forts)

DIAGRAM 2.32

## 2.4 Verkningsgrader, värmefaktorer och distributionsförluster

Följande värden har använts vid beräkningarna:

För verkningsgraderna anges brutto- och nettoverkningsgrad, d v s före respektive efter distributionsförluster.

Distributionsförluster för värme från värmeverk och för elleveranser 10%.

Kraftvärmeverk:

$\eta$  brutto = 87%  
 $\eta$  netto = 78,3%  
 elutbytesfaktor  $\alpha$  = 0,5

Värmeverk:

$\eta$  brutto = 85%  
 $\eta$  netto = 76,5%

Kolkondenskraftverk;

$\eta$  brutto = 41%  
 $\eta$  netto = 36,9%

Oljepannor:

$\eta$  = 75%

Vedpannor:

$\eta$  = 60%

Värmepumpar:

små, placerade i byggnader  $\phi$  = 3  
 stora, placerade i fjärrvärmenät  $\phi$  = 2,7

## 2.5 Kostnadsberäkningar

Av levererad fjärrvärme till övrigsektorn gick 1981 ca 5% till småhus. Detta förhållande antas råda även i framtiden. Småhusen utgör därför inget underlag för kraftvärmeproduktion utan förutsätts i samtliga alternativ till helt övervägande delen exkl den nu elvärmda, vara försett med värmepumpar.

Den eventuella konkurrensen mellan värmepumpar och fjärrvärme i övrigsektorn uppträder bland flerbostadshus och lokaler, d v s bebyggelse med större värmetetthet än småhusområden.

I de ekonomiska beräkningarna behandlas flerbostadshus och lokaler, deras kraft- och värmebehov samt kärnkraftersättningen. Installation av värmepumpar i småhusen och kraftproduktionen till dessa ses som en konstant kostnad som kan läggas till samtliga alternativ.

## 2.6 Kostnader

Samtliga kostnader är uppräknade till mars 1983.

Kostnads- typ	Kolkondens 600 MWe	KVV 200 MWe	KVV 50 MWe	KVV 25 MWe	VV olja 3x15 MWv	VV kol medel
Anläggnings- kostnad kr/kWe	4516 (avsvavl)	5838 (avsvavl)	6168	8151	460	1500
Avskriv- ningstid, år	25	25	25	25	25	25
Fast års- kostnad kr/kWe	104	165	239	352	26	85
Rörlig års- kostnad öre/kWe	2,1	2,2	2	2,3	1,25	1,9

2.6  
(forts)

Ombyggnad till koleldat värmeverk:

$K = 1\,500 \text{ kr/kWv}$

Kostnader för kärnkraft:

$K = 0,05 \text{ kr/kWh,el}$   
varav  $0,03 \text{ kr/kWh,el}$  är import

Bränslepris:

Kolkondens	$K = 0,0502 \text{ kr/kWh}$
Kol KVV, VV	$K = 0,0548 \text{ kr/kWh}$ (även ved)
Olja	$K = 0,2 \text{ kr/kWh}$

Kostnader för stora värmepumpar:

$K = 2\,300 \text{ kr/kWv}$

Fasta och rörliga kostnader är ca 1,5% av anläggningskostnaderna.

Kostnaderna har erhållits från VAST information nr 10, "Stora värmepumpar, några aktuella projekt". Se bilaga 9.3.

Distributionsnät fjärrvärme:

Omräknat till kr/kWe för kraftvärme.

Kostnaden beror på om det är nybyggnad eller sammankoppling, och i så fall graden av sammankoppling.  
Här har använts intervallet:

$K = 1\,000 - 4\,000 \text{ kr/kWe}$  eller uttryckt i värmeeffekt vid värmeverk

$K = 500 - 2\,000 \text{ kr/kWv}$ .

Distributionsnät el:

Enl Stoseb	
Nybyggt	1 020 - 1 300 kr/kWe
Konverterat	1 225 - 2 080 kr/kWe

Mest blir konvertering aktuell.  
Här har använts:

$K = 1\,500 \text{ kr/kWe}$

2.6  
(forts)

Abonnentcentral för fjärrvärme:

Kostnaden varierar betydligt beroende på installerad effekt.  
Här har använts intervallet:

$$K = 250 - 925 \text{ kr/kW}$$

Installation av värmepumpar i frånluft i flerbostadshus och lokaler:

Kostnaden varierar även här beroende på effekten, olika installationer och skaleffekter när tekniken blir etablerad och massproducerad.

Här har använts intervallet:

$$K = 2\,500 - 5\,000 \text{ kr/kW}$$

Vid årskostnadsberäkningar sägs 1 000 - 1 500 kr/kW utgöra värmepumpsdelen som då får högre annuitetsfaktor än rörledning etc.

Avskrivningstid och annuitetsfaktor:

Ränta 4%

Typ	Avskr.tid (år)	Annuitetsfaktor
Kraftverk		
Värmeverk		
Kondenskraftverk		
HVC		
etc	25	0,06401
VP	15	0,08994
Distribution		
E1		
Fjärrvärme	30	0,05783
VVX fjärrvärme	20	0,07358
Rörinst i fastighet	20	0,07358

## 2.7 Maximalt möjligt utnyttjande av kärnkraft till värmepumpar

Om samtliga kärnkraftverk, byggda och under byggnad, drivs maximalt kan produktionen av elkraft ökas betydligt. Om ökningen används till att driva värmepumpar kan, om potentialen utnyttjas helt, dessa tillsammans med sin spetsenergi täcka 53% av Sveriges totala nettoenergibehov för uppvärmning.

I diagram 2.6 ses möjlig elenergiproduktion från kärnkraften nedåt och den möjliga täckningen av nettoenergibehovet för uppvärmning uppåt.

Hänsyn tagen till kärnkraftverkens tillgänglighet och distributionsförlusterna.

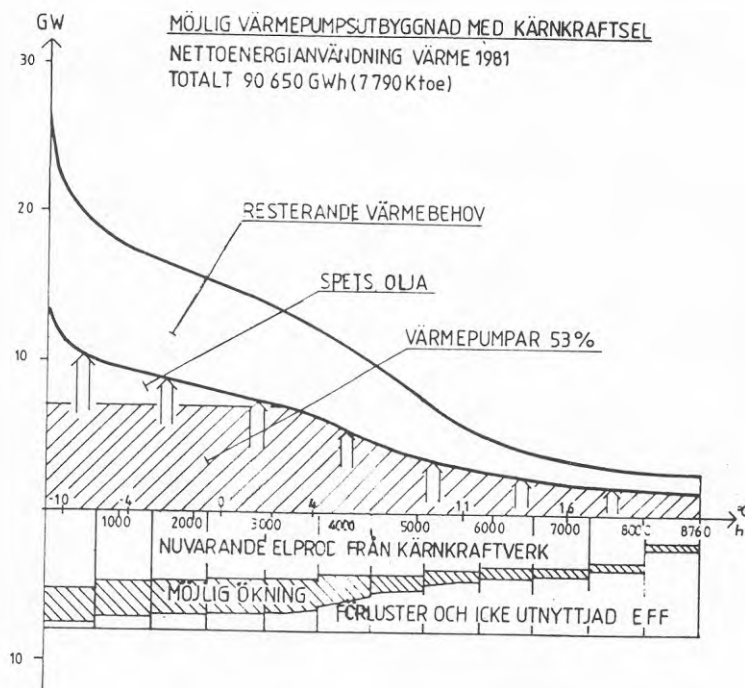


Diagram 2.7. Maximalt möjlig täckning av nettoenergibehovet för uppvärmning om kärnkraftens elöverskott utnyttjas i värmepumpar.

2.7  
(forts)

Följande uppställning visar framtida möjlig elproduktion. Värdena gäller 1982 enligt ASEA ATOM's "Progress Report, March 1983".

Kraftverk	Tillgänglighet	Nettoeffekt	Tillgänglig nettoeffekt
01	79,4	440	350
02	90,2	595	537
03	~ (83,5)	1060	885
R1	81,6	750	612
R2	~ (83,5)	800	668
R3	~ (83,5)	915	764
R4	~ (83,5)	915	764
B1	84,5	570	482
B2	97,8	570	558
F1	81,4	900	733
F2	69,4	900	625
F3	~ (83,4)	1060	885
X	83,4	Totalt 7 863 MWe	

Tabell 2.7. Kärnkraftverkens framtida elproduktion

Följande antaganden ligger bakom beräkningarna:

- För kärnkraftverk utan uppgifter om tillgänglighet, antas medelvärdet gälla.
- F2 antas nå samma tillgänglighet som F1.

2.7  
(forts)

Den över året tillgängliga effekten blir då:

$$P_{kk} = 7,97 \text{ GWe}$$

Tillgänglig effekt utöver redan utnyttjad:

$$P_{kkt} = 7,97 - 5,34 = 2,63 \text{ GWe}$$

Nätförluster 10%:

$$P_{kkt} = 2,367 \text{ GWe}$$

Värmepumparna dimensioneras till halva max.effekten och antas ha en värmefaktor  $\phi = 3$ :

$$P_{\max/2} = 2,367 \cdot 3 = 7,1 \text{ GWv}$$

$$P_{\max} = 14,2 \text{ GWv}$$

Total tillförd värmeenergi från värmepumpar och deras spetsenergi:

$$Q_z = 47,61 \text{ TWhv}$$

vilket är en möjlig täckning av övrigsektorns energibehov med:

$$T = \frac{47,61}{90,65} \cdot 100 = 53\%$$



## 2.8 Övriga förutsättningar

En eventuell ökning av elenergibehovet måste tillgodoses i alla tre fallen och lämnas utanför jämförelsen.

I utredningen antas alla kraftvärmeverk, värmeverk och kondenskraftverk koleldade.

Inhemska bränslen antas kunna eldas i samma utsträckning i samtliga fall och lämnas utanför jämförelsen.

Energisparandet antas i framtiden motsvara nybyggnationens energianvändning för uppvärmning - nettoenergibehovet för uppvärmning är konstant.

Alla kraftvärmeverk, värmeverk och värmepumpar antas dimensionerade till 50% av maxeffekten och täcker 87% av energibehovet.

### 3 PRESENTATION AV ALTERNATIVEN

#### 3.1 Alternativ 1

Alternativet bygger på värmeverksföreningens senaste prognos.

Levererad värmeenergi i fjärrvärmenät kan enligt VVF öka från 28 TWhv, 1980 till ca 52 TWhv år 2000.

Maximal elproduktion av kraftvärmeverk är enligt VVF 15 - 20 TWh<sub>e</sub>].

För denna utredning väljs 17,5 KWh<sub>e</sub>].

Den övriga bebyggelsen förses, exkl elvärmda fastigheter, med värmepumpar i fastigheterna.

Två skeden särskiljs:

##### Före kärnkraftsavvecklingen

Fjärrvärmen byggs ut så att maximal värmeenergi, 52 TWhv, kan levereras.

Nybyggda värmeverk antas koleldade, befintliga konverteras till koleldning.

Övrig bebyggelse förutom den nu eluppvärmda förses med lokalt placerade värmepumpar.

Elenergin erhålls från kärnkraftens möjliga produktionsökning.

##### Efter kärnkraftsavvecklingen

Fjärrvärmen byggs där så är möjligt om till kraftvärme så att de maximalt möjliga 17,5 TWh<sub>e</sub> kan levereras.

Resterande kärnkraftsel ersätts genom en utbyggnad av kolkondenskraftverk.

Alla kraftvärmeverk, värmeverk och kondenskraftverk antas koleldade. Olja finns kvar som spetsenergi till både fjärrvärmen och värmepumparna.

Värmeverken och värmepumparna antas dimensionerade till halva maxeffekten och ger då ca 87% av energibehovet.

3.1  
(forts)

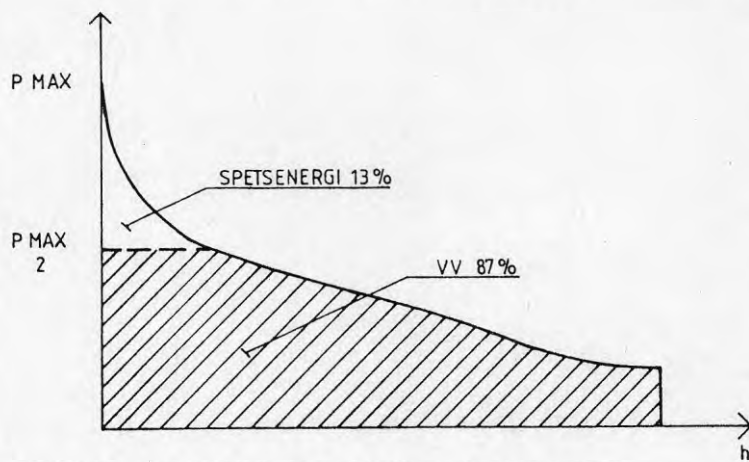


Bild 3.1. Energitäckning vid dimensionering till halva maxeffekten

### 3.11 Före kärnkraftsavvecklingen

Den maximalt utbyggda fjärrvärmen ger en ökning av levererad värmeenergi med  $52 - 28 = 24 \text{ TWh}_V$ .

1981 gick 10% av levererad fjärrvärme till industrin, detta förhållande antas råda även i framtiden.

Ökningen av levererad fjärrvärme till övrigsektorn blir exklusive spetsenergin:

$$Q_V = 24 \cdot 0,9 \cdot 0,87 = 18,8 \text{ TWh}_V$$

Tillkommer spetsenergi enl ovan förutsattes olja:

$$Q_{V_{\text{spets}}} = 2,8 \text{ TWh}_V$$

Kärnkraftens nuvarande elproduktion är:

$$Q_{e_{kk}} = 36,04 \text{ TWh}_{e1}$$

Värmepumparnas elbehov är:

$Q_{e_{vp}} = 10,15 \text{ TWh}_{e1}$  och erhålls från kärnkraftens möjliga produktionsökning.

Värmepumparnas spetsenergibehov är:

$$Q_{V_{\text{spets}}} = 4,1 \text{ TWh}_V \text{ och erhålls från olja.}$$

Nedanstående tabell och diagram visar netto- resp bruttoenergi användningen för uppvärmning i övrigsektorn samt kärnkraftens elproduktion.

3.11 (forts)	Nettoenergianvändning	GWh	∅	η
	Fjärrvärme, nuv + utbyggd	40 375		0,765
	Spets, olja, fjärrvärme	6 025		0,75
	Nuvarande el	12 750		-
	Värmepumpar	27 405	3	(2,7)
	Spets, olja, Vp	4 095		0,75
	<b>Totalt</b>	<b>90 650</b>		
	<b>Bruttoenergianvändning</b>			
	Fjärrvärme, nuv + utbyggd	52 778		
	Spets, olja, fjärrvärme	8 033		
	Nuvarande el	-		
	Spets, olja, Vp	5 460		
	<b>Totalt</b>	<b>66 270</b>		
	<b>Elproduktion, Kärnkraft</b>			
	Nuvarande produktion	36 036		
	Ökning, el till Vp	10 150		
	<b>Totalt</b>	<b>46 186</b>		

Tabell 3.11. Energianvändning för uppvärmning samt kärnkraftens elproduktion.  
Alternativ 1 före kärnkraftsavvecklingen.

3.11  
(forts)

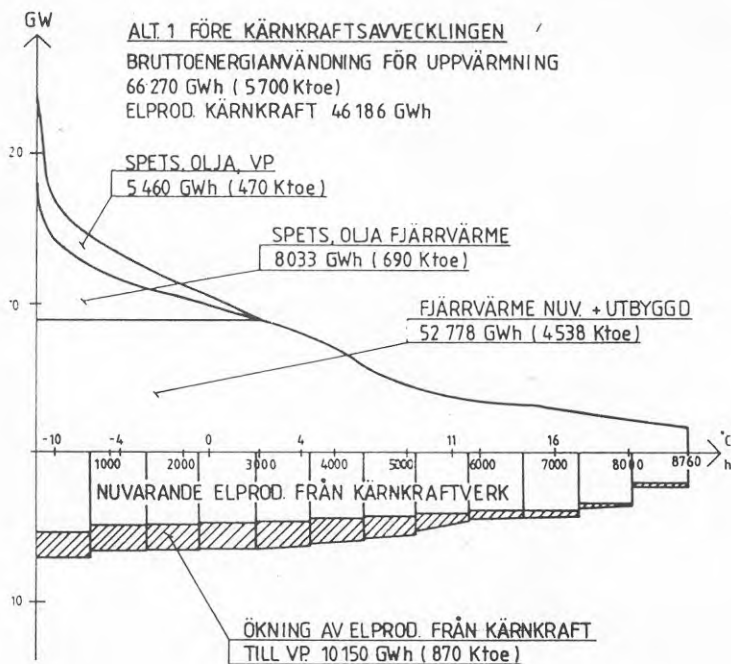


Diagram 3.11. Varaktighetsdiagram över bruttoenergianvändningen för uppvärmning samt kärnkraftens elproduktion.

Den skaffrerade ytan är ökningen av kärnkraftens elproduktion, d v s el till värmepumpar.

Bruttoenergianvändningen för uppvärmning med värmepumpar är i diagrammet representerad av ytan för elproduktionsökningen och ytan för spets, olja, Vp.

3.12 Efter kärnkraftsavvecklingen

När kärnkraften är avvecklad antas den enligt VVF maximalt möjliga kraftvärmekapaciteten vara utbyggd:

$$Q_{e1} = 17,5 \text{ TWh}_{e1}$$

1981 levererades 1,8 TWh<sub>e1</sub> från kraftvärmeverk, ökningen blir:

$$Q_{e1} = 17,5 - 1,8 = 15,7 \text{ TWh}_{e1}.$$

Kärnkraftens elproduktion var enligt detta alternativ:

$Q_{k_{e1}} = 46,19 \text{ TWh}_{e1}$  varav  $Q_{vp} = 10,15 \text{ TWh}_{e1}$  utgjorde den erforderliga produktionsökningen till värmepumparna.

Kvar att producera med utbyggd kolkondens blir:

$$Q_{kond} = 46,19 - 10,15 = 36,04 \text{ TWh}_{e1}$$

Fjärrvärmeleveranserna från kraftvärmeverk till övrigsektorn blir med en elutbytesfaktor  $\alpha = 0,5$ , 10% till industrin och 10% distributionsförluster:

$$Q_{kvv} = 17,5 / 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 28,35 \text{ TWh}_v$$

Övriga fjärrvärmeleveranser görs vid ren värmeproduktion.

Nedanstående tabell och diagram visar netto- resp bruttoenergi-användningen för uppvärmning i övrigsektorn och för kärnkraftser-sättningen.

3.12  
(forts)

Nettoenergianvändning	GWh	ø	η
Fjärrvärme, värmeverk	12 025		0,765
Spets, olja, värmeverk	1 795		0,75
Fjärrvärme, Kvv	28 350		0,783
Spets, olja, Kvv	4 230		0,75
Nuvarande el	12 750		-
Värmepumpar	27 405	3	(2,7)
Spets, olja, Vp	4 095		0,75
<b>Totalt</b>	<b>90 650</b>		
<u>Kärnkraftersättning netto</u>			
Elproduktion, Kvv	15 700		0,87
Elproduktion, kondens	20 336		0,41
<u>Bruttoenergianvändning</u>			
Fjärrvärme, Kvv + VV	51 926		
Spets, olja, Kvv + VV	8 033		
Nuvarande el	-		
Kolkondens till Vp	24 756		
Spets, olja, Vp	5 460		
Elprod, Kvv	18 046		
Elprod, kondens	49 600		
<b>Totalt</b>	<b>157 820</b>		

Tabell 3.12. Energianvändning för uppvärmning och för kärnkraftersättningen.  
Alt 1, efter kärnkraftsavvecklingen.



3.12  
(forts)

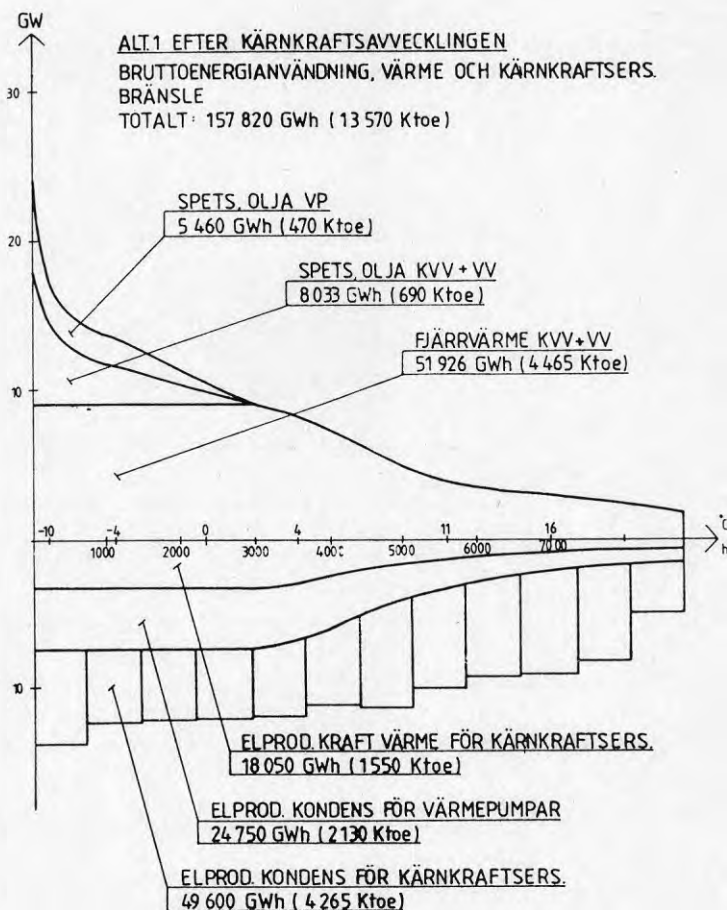


Diagram 3.12. Varaktighetsdiagram över bruttoenergianvändningen för uppvärmning och för kärnkraftsersättningen.

Bruttoenergianvändningen för uppvärmning med värmepumpar representeras här med ytan för kondenselproduktion till Vp och ytan för spets, olja, Vp.

3.12  
(forts)

Flödesschemat visar den totala verkningsgraden för landet i alt 1, efter kärnkraftsavvecklingen. 100% motsvarar bruttoenergianvändningen,  $Q_b = 157,8$  TWh bränsle.

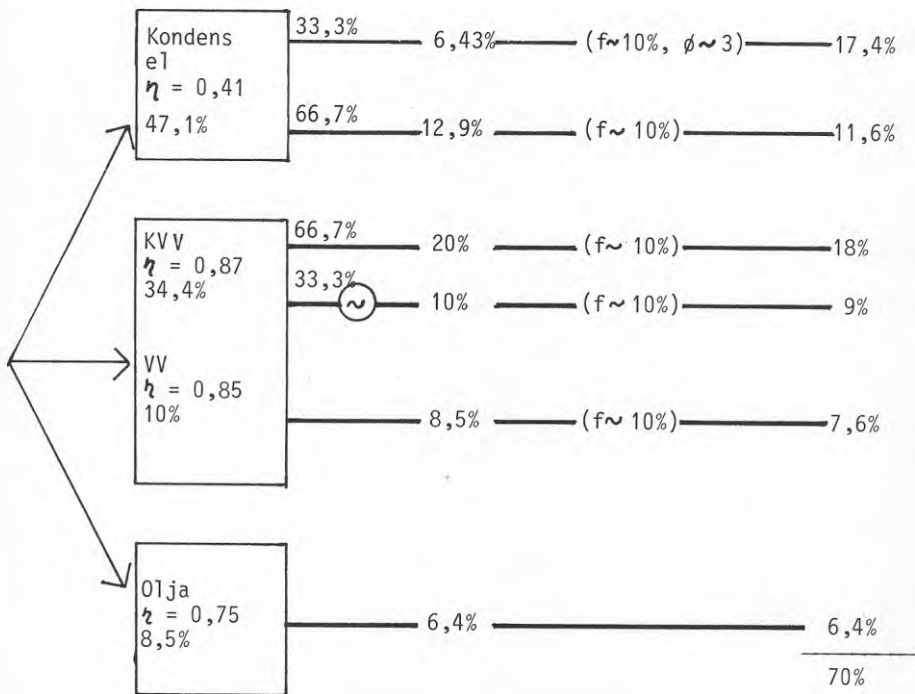


Bild 3.12B. Total verkningsgrad för alt 1 efter kärnkraftsavvecklingen

### 3.2 Alternativ 2

I alternativet studeras ett extremfall där hela värmebehovet antas tillgodosett med lokalt placerade värmepumpar (exkl nu elvärmda fastigheter).

Antagandet är givetvis endast teoretiskt möjligt.

Två skeden särskiljs:

#### Före kärnkraftsavvecklingen

Hela bebyggelsen förutom den nu elvärmda förses med lokalt placerade värmepumpar.

Energien erhålls dels från kärnkraftens möjliga produktionsökning, dels från utbyggd kolkondens under den kallaste tiden.

#### Efter kärnkraftsavvecklingen

All kärnkraftsel ersättes genom utbyggnad av kolkondenskraftverk.

Alla kondenskraftverk antas koleldade.

Olja finns kvar som spetsenergi till värmepumparna.

### 3.21 Före kärnkraftsavvecklingen

Allt utom nuvarande elvärme ersätts med värmepumpar.

$$Q = 90,65 - 12,75 = 77,9 \text{ TWh}_V$$

Värmepumparna antas dimensionerade till halva maxeffekten och ger då energitäckningen 87%.

Spetsenergin 13% utgörs av olja.

$$Q_{vp} = 67,77 \text{ TWh}_V$$

$$Q_{wspets} = 10,13 \text{ TWh}_V$$

Kärnkraftens nuvarande elproduktion är:

$$Q_{elkk} = 36,04 \text{ TWh}_E$$

Värmepumparnas elbehov är:

$$Q_{elvp} = 25,1 \text{ TWh}_E \text{ varav } 21,3 \text{ TWh}_E \text{ kommer från kärnkraftens möjliga produktionsökning.}$$

Resterande 3.8 TWh<sub>E</sub> erhålls från kolkondenskraftverk.

Nedanstående tabell och diagram visar netto resp bruttoenergiebehovet för uppvärmning i övrigsektorn samt kärnkraftens elproduktion.

3.21  
(forts)

Nettoenergianvändning	GWh	$\phi$	$\eta$
Värmepumpar	67 773	3	(2,7)
Spets, olja, Vp	10 127		0,75
Nuvarande elvärme	12 750		-
<b>Totalt</b>	<b>90 650</b>		
<b>Bruttoenergianvändning</b>			
Kolkondens till Vp	9 340		
Spets, olja, Vp	13 500		
Nuvarande elvärme	-		
<b>Totalt</b>	<b>22 840</b>		
<b>Elproduktion kärnkraft</b>			
Nuvarande	36 036		
El till Vp	21 290		
<b>Totalt</b>	<b>57 326</b>		

Tabell 3.21. Energianvändning för uppvärmning samt kärnkraftens elproduktion.  
Alternativ 2 före kärnkraftsavvecklingen.

3.21  
(forts)

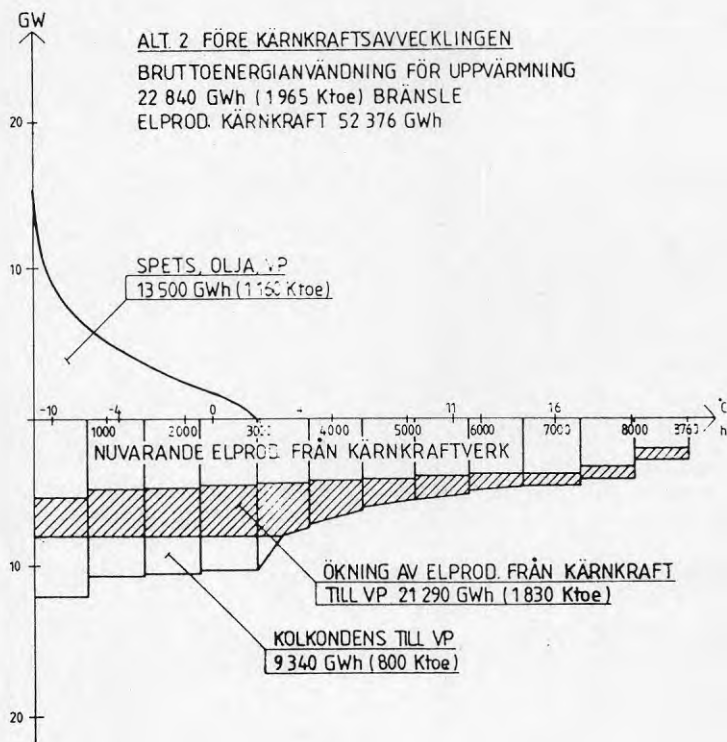


Diagram 3.21. Varaktighetsdiagram över bruttoenergianvändningen för uppvärmning samt kärnkraftens elproduktion.

Bruttoenergianvändningen för uppvärmning med värmepumpar i diagrammet representeras av ytan för kärnkraftens elproduktionsökning, ytan för kolkondensel och ytan för spets, olja, Vp.

3.22

Efter kärnkraftsavvecklingen

Kärnkraftens elproduktion var i detta alternativ:

$$Q_{elkk} = 57,33 \text{ TWh}_{el}$$

Hela elproduktionen antas ersatt med kolkondenskraftverk.

Nedanstående tabell och diagram visar netto- resp bruttoenergi-användningen för uppvärmning i övrigsektorn och för kärnkrafts-ersättningen.

Nettoenergianvändning	GWh	$\phi$	$\eta$
Värmepumpar	67 773	3	(2,7)
Spets, olja, Vp	10 127		0,75
Nuvarande elvärme	12 750		
<b>Totalt</b>	<b>90 650</b>		
<u>Kärnkraftsersättning, netto</u>			
Med kolkondens	36 036		0,41
<u>Bruttoenergianvändning</u>			
Kolkondens till VP	61 222		
Spets, olja, Vp	13 503		
Nuvarande elvärme	-		
Kärnkraftsersättning kolkondens	87 893		
<b>Totalt</b>	<b>162 618</b>		

Tabell 3.22. Energianvändning för uppvärmning samt för kärnkraftsersättningen.  
Alternativ 2 efter kärnkraftsavvecklingen.

3.22  
(forts)

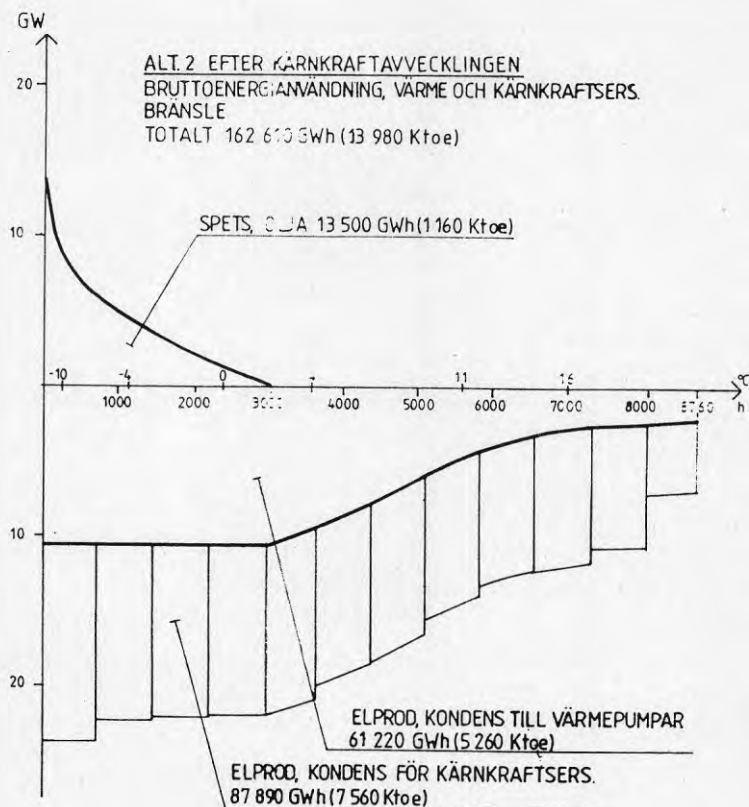


Diagram 3.22. Varaktighetsdiagram över bruttoenergianvändningen för uppvärmning samt för kärnkraftsersättning.

Bruttoenergianvändningen för uppvärmning med värmepumpar representeras här med ytan för kondenselproduktion till VP och ytan för spets, olja, VP.

3.22  
(forts)

Flödesschemat visar den totala verkningsgraden för landet i alternativ 2, efter kärnkrafts-avvecklingen.  
100% motsvarar bruttoenergianvändningen  $Q_b = 162,6 \text{ TWh}_b$ .

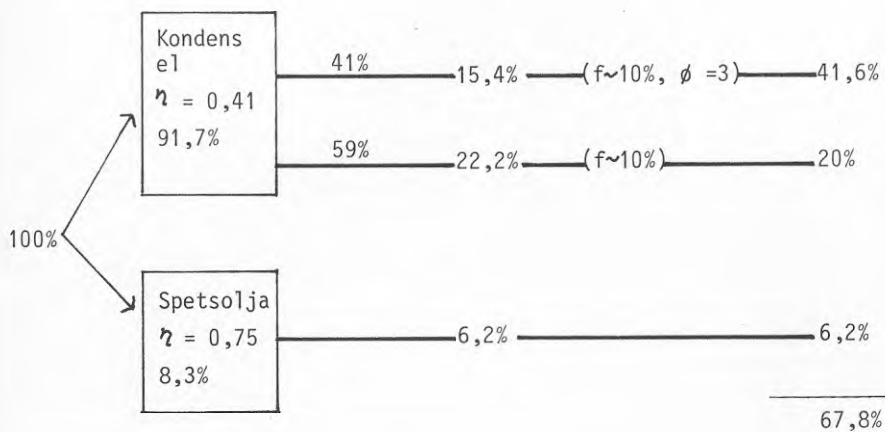


Bild 3.22B. Totalverkningsgrad alternativ 2, efter kärnkrafts-avvecklingen



### 3.3 Alternativ 3

Två skeden särskiljs:

#### Före kärnkraftsavvecklingen

Fjärrvärmén antas utbyggd i den omfattning och på de platser som behövs för att i framtiden utgöra underlag för den enligt VVF maximalt möjliga elproduktionen från kraftvärmeverk, 17,5 TWh<sub>e1</sub>.

Övrig bebyggelse förutom den nu elvärmda förses med lokalt placerade värmepumpar. Elenergi erhålls från kärnkraftens möjliga produktionsökning.

#### Efter kärnkraftsavvecklingen

Samtliga värmeverk byggs om till kraftvärmeverk och levererar tillsammans 17,5 TWh<sub>e1</sub>.

Resterande kärnkraftsel ersätts genom en utbyggnad av kolkondenskraftverk.

Alla kraftvärmeverk, värmeverk och kondenskraftverk antas koleldade. Olja finns kvar som spetsenergi till både fjärrvärme och värmepumparna.

### 3.21 Före kärnkraftsavvecklingen

Den i alternativet antagna fjärrvärmén skall i framtiden utgöra värmeunderlag för maximal elproduktion av kraftvärmeverk.

$$Q_{elkv} = 17,5 \text{ TWh}_{e1}$$

Fjärrvärmeleveranserna före kärnkraftsavvecklingen blir med en elutbytesfaktor  $\alpha = 0,5$ , 10% till industrin och 10% distributionsförluster:

$$Q_{vv} = 17,5 / 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 28,35 \text{ TWh}_v$$

Tillkommer spetsenergi, här olja:

$$Q_{vvspets} = 4,24 \text{ TWh}_v$$

Kärnkraftens nuvarande elproduktion är:

$$Q_{elkk} = 36,04 \text{ TWh}_{e1}$$

Värmepumparnas elbehov är:

$Q_{elvp} = 14,6 \text{ TWh}_{e1}$  och erhålls från kärnkraftens möjliga produktionsökning.

Värmepumparnas spetsenergibehov är, här olja:

$$Q_{vpspets} = 5,89 \text{ TWh}_v$$

3.21  
(forts)

Nedanstående tabell och diagram visar netto- resp bruttoenergianvändningen för uppvärmning i övrigsektorn samt kärnkraftens elproduktion.

Nettoenergianvändning	GWh	ø	η
Fjärrvärme, nuvarande + utbyggnad	28 350		0,765
Spets, olja, fjärrvärme	4 236		0,75
Nuvarande elvärme	12 750		-
Värmepumpar	39 423	3	(2,7)
Spets, olja, Vp	5 891		0,75
<b>Totalt</b>	<b>90 650</b>		
<b>Bruttoenergianvändning</b>			
Fjärrvärme, nuvarande + utbyggd	37 059		
Spets, olja, fjärrvärme	5 648		
Nuvarande elvärme	-		
Spets, olja, VP	7 855		
<b>Totalt</b>	<b>50 562</b>		
<b>Elproduktion kärnkraft</b>			
Nuvarande	36 036		
El till VP	14 601		
<b>Totalt</b>	<b>50 637</b>		

Tabell 3.31. Energianvändning för uppvärmning samt kärnkraftens elproduktion.  
Alternativ 3 före kärnkraftsavvecklingen.

3.21  
(forts)

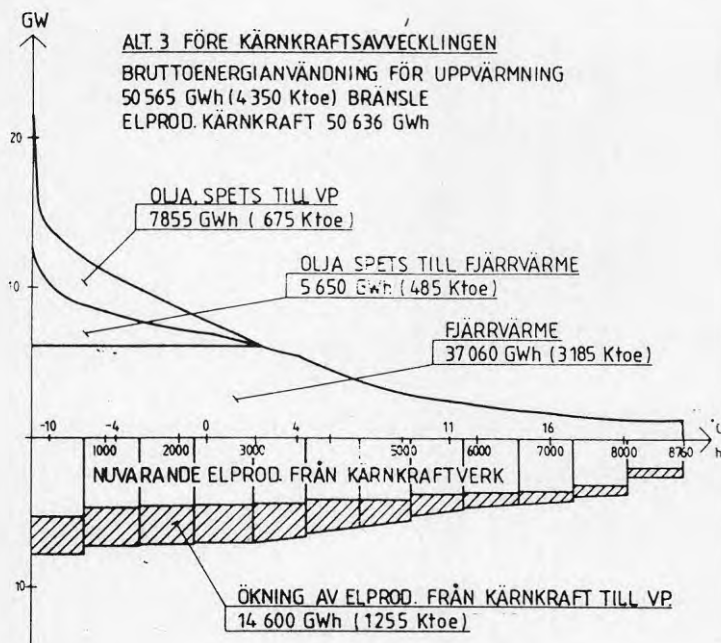


Diagram 3.21. Varaktighetsdiagram över bruttoenergianvändningen för uppvärmning samt kärnkraftens elproduktion.

Bruttoenergianvändningen för uppvärmning med värmepumpar är i diagrammet representerad av ytan för elproduktionsökningen och ytan för olja, spets, VP.

3.32 Efter kärnkraftsavvecklingen

Samtliga värmeverk antas konverterade till kraftvärmeverk och levererar då tillsammans

$$Q_{el_{kvv}} = 17,5 \text{ TWh}_{el}$$

1981 levererades 1,8 TWh<sub>el</sub> från kärnkraftvärmeverk, ökningen blir:

$$Q_{el_{kvv}} = 17,5 - 1,8 = 15,7 \text{ TWh}_{el}$$

Kärnkraftens elproduktion var i detta alternativ:

$Q_{el_{kk}} = 50,64 \text{ TWh}_{el}$  varav 14,6 TWh<sub>el</sub> utgjorde den erforderliga produktionsökningen till värmepumparna.

Kvar att producera med utbyggd kol-kondens blir:

$$Q_{el_{kond}} = 50,64 - 15,7 = 34,9 \text{ TWh}_{el}$$

Nedanstående tabell och diagram visar netto- resp bruttoenergianvändningen för uppvärmning i övrigsektorn och för kärnkraftsersättningen.

3.32  
(forts)

Nettoenergianvändning	GWh	ø	η
Fjärrvärme, KVV	28 350		0,783
Spets, olja, KVV	4 236		0,75
Nuvarande elvärme	12 750		-
Värmepumpar	39 423	3	(2,7)
Spets, olja VP	5 891		0,75
<hr/>			
Totalt	90 650		
<u>Kärnkraftsersättning</u>			
Elproduktion KVV	15 700		0,87
Elproduktion kolkondens	20 336		0,41
<u>Bruttoenergianvändning</u>			
Fjärrvärme KVV	36 207		
Spets, olja, KVV	5 648		
Nuvarande elvärme	-		
Kolkondens till VP	35 612		
Spets, olja, VP	7 855		
Elproduktion KVV	18 046		
Elproduktion kolkondens	49 600		
<hr/>			
Totalt	152 968		

Tabell 3.32. Energianvändning för uppvärmning och för kärnkraftsersättningen.  
Alternativ 3 efter kärnkraftsavvecklingen.

3.32  
(forts)

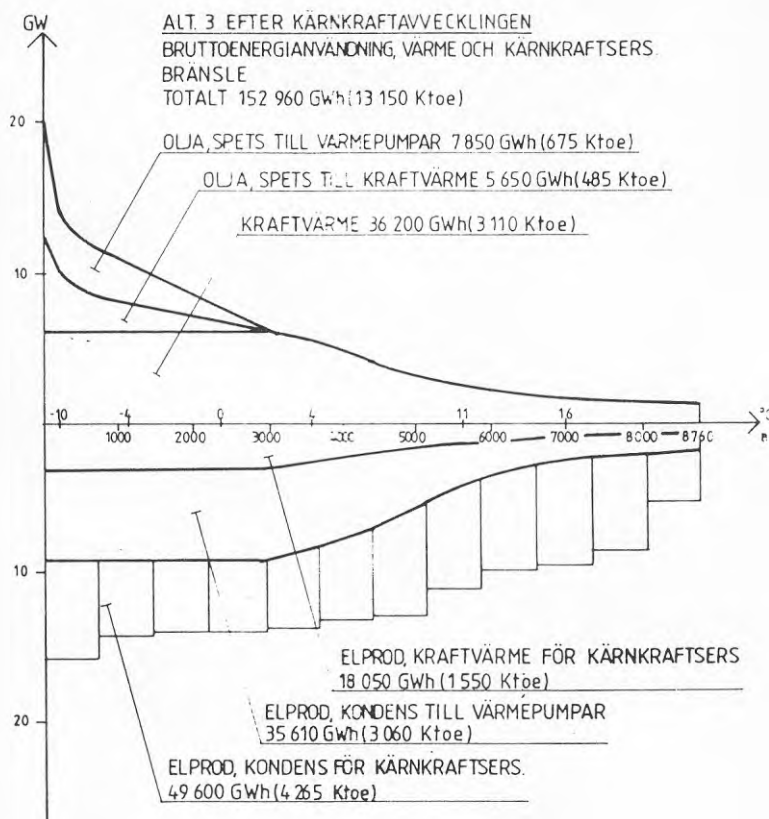


Diagram 3.32. Varaktighetsdiagram över bruttoenergianvändningen för uppvärmning och för kärnkraftsersättningen.

Bruttoenergianvändningen för uppvärmning med värmepumpar representeras här med ytan för kondenselproduktion till VP och ytan för spets, olja, VP.

3.32  
(forts)

Flödesschemat visar den totala verkningsgraden för landet i alternativ 3, efter kärnkrafts-  
avvecklingen.  
100% motsvarar bruttoenergianvändningen  $Q_v = 152,9 \text{ TWh}_b$ .

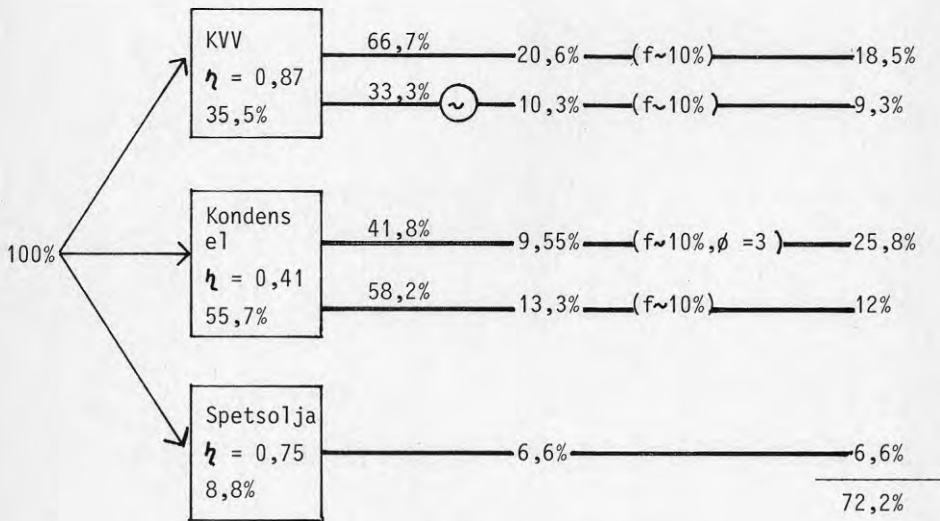


Bild 3.32B. Totalverkningsgrad alternativ 3, efter kärnkrafts-  
avvecklingen.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Summa
<u>Tillförsel</u>													
Produktion inom landet	10 028	9 350	9 674	7 718	7 319	6 800	6 047	7 236	7 569	8 377	9 290	10 600	100 008
Vattenkraft (inkl pumpkraft), netto	5 532	5 312	5 485	4 257	4 342	3 938	4 530	4 594	4 438	4 943	5 466	5 984	58 821
Kärnkraft (kondens), netto	3 384	3 453	3 505	3 155	2 694	2 685	1 371	2 447	2 874	3 126	3 415	3 927	36 036
Konventionell värmekraft, netto	1 112	585	684	306	283	177	146	195	257	308	409	689	5 151
mottryck, industriellt	408	324	311	221	222	146	116	164	209	232	232	225	2 810
mottryck, kraftvärmeverk <sup>1</sup>	630	223	332	43	31	2	4	3	17	41	126	378	1 830
kondens	48	22	18	15	9	12	5	7	10	11	21	52	230
gasturbin m m	26	16	23	27	21	17	21	21	21	24	30	34	281
Import	220	185	243	351	248	197	72	314	339	511	400	435	3 515
Summa tillförsel	10 248	9 535	9 917	8 069	7 567	6 997	6 119	7 550	7 908	8 888	9 690	11 035	103 523
<u>Användning</u>													
Export	327	514	423	437	629	826	805	780	564	404	265	187	6 161
Förbrukning inom landet	9 921	9 021	9 494	7 632	6 938	6 171	5 314	6 770	7 344	8 484	9 425	10 848	97 362
gruvor och mineralbrott samt tillverkningsindustri (SNI 2 och 3)	3 502	3 424	3 734	3 269	3 356	2 938	2 254	3 314	3 522	3 643	3 632	3 453	40 041
el-, gas-, värme- och vattenverk (SNI 41 och 42) <sup>2</sup>	102	97	108	132	132	161	161	162	142	151	172	149	1 669
Järn- och spårvägar, busstrafik	218	203	218	172	181	160	139	160	175	193	203	239	2 261
hushåll, handel m m <sup>3</sup>	5 277	4 523	4 639	3 440	2 670	2 348	2 239	2 494	2 832	3 762	4 610	6 084	44 918
förluster	822	774	795	619	599	564	521	640	673	735	808	923	8 473
därav													
stannätsförluster	173	170	166	106	119	121	135	165	174	173	196	226	1 924
övriga förluster	649	604	629	513	480	443	386	475	499	562	612	697	6 549
Summa användning	10 248	9 535	9 917	8 069	7 567	6 997	6 119	7 550	7 908	8 888	9 690	11 035	103 523

1) Inkl ett diesellostvärmeverk.

2) Exkl egenförbrukning i kraftstationer. Excluding own consumption in power stations.

3) Frankommer beräkningsmässigt som en restpost.



Anläggning	Sid	Värmeålla	Värmeeffekt	Drivmotor	Värmeunderlag	Årsvärmefaktor f. anläggning	Specifik anläggn kostnad kr/kW år	1982
ARLA	5	Spillvärme	~2 MW	E1	40 MW	3,2	2000	-81 2160
LILLA EDET	12	Spillvärme	2 x 0,6 MW	E1	35 MW	3,3	3000	-81 3240
ÖRNSKÖLDSVIK	27	Spillvärme x	~12	E1	60 MW	3,0	2500	-81 2700
FREDRIKSHAMN	7	Renat avlopp	11,5 MW <sup>xx</sup>	Diesel	40 MW	1,6 <sup>xx</sup>	1170 <sup>xx</sup>	-79 1610 <sup>xx</sup>
HEDMARK	8	Renat avlopp	1,13+2,27 MW	E1	3,4 MW	5,1	970	-80 1170
KARLSHAMN	9	Renat avlopp	1,93 MW	E1	4,2 MW	2,5	2850	-82 2850
LOUDDEN	13	Renat avlopp	2 x 2,7 MW	E1	865 MW	3,3	2320	-81 2500
OSKARSHAMN	16	Renat avlopp	~2 MW	E1	8,8 MW	2,7	2800	-82 2800
RYAVERKET	18	Renat avlopp	~27 MW	E1	580 MW	3,1	1300	-83 1200
SALA	19	Renat avlopp	3,2 MW	E1	30 MW	2,8	1410	-80 1700
SKÅVEN VEST	21	Renat avlopp	2 MW	E1	9,6 MW	3,0	5300 <sup>xxx</sup>	-82 5300 <sup>xxx</sup>
UPPSALA	23	Renat avlopp	3 x 13 MW	E1	620 MW	3,2	1030	-81 1110
VESTFJORDEN	24	Renat avlopp	1,43 MW	E1	3,1 MW	2,8	1120	-79 1530
VÄSTERÅS	26	Renat avlopp	10-12 MW	E1	700 MW	3,1 - 3,3	1270	-81 1370
LIDINGÖ I	10	Havsvatten	11 MW	E1	60 MW	3,0	2500	-81 2700
LIDINGÖ II	11	Havsvatten	2 x 1,65 MW	E1	60 MW	2,6	2730	-82 2730
NORSK VERITAS	15	Havsvatten	3,0 MW	E1	60 MW	2,0	930	-76 1690
VISBY	25	Havsvatten x	2 x 4,5 MW	E1	60 MW	2,7	2670	-83 2440
BORLÅNGE	6	Insjövattnen	0,75 MW	E1	1,6 MW	2,3	3330	-80 4030
LUDVIKA	14	Insjövattnen	10 MW	E1	36 MW	2,8	2000	-81 2160
RONNEBY	17	Uteluft	0,5 MW <sup>xx</sup>	Diesel	0,55 MW	1,6 <sup>xx</sup>	4400 <sup>xo</sup>	-81 4750 <sup>xo</sup>
SKARNÄCK	20	Uteluft	~4 MW	E1	27 MW	2,8	5000 <sup>xoo</sup>	-82 5000 <sup>xoo</sup>
TUVE	22	Uteluft	~1,1 MW	E1	3,7 MW	2,5	4270	-80 5170

Medelvärde av anläggningskostnaderna för de värmepumpar som ej är markerade med XX, XXX, XO, XOO:

Kostnad mars 1983 (X 1.06)  
 (Enbart svenska VP, mars 1983)

2382  
 2524  
 2700 )

I vissa fall omfattar anläggningskostnaden enbart värmepumpsanl och i andra fall även vissa kulvertanslutningar. För många anläggningar ingår ej heller projekteringskostnader. Avloppsvärmepumpen i Hammarbyhamnen, 150 MW från värmepumpen, är beräknad att kosta 2300 kr/kW för själva värmepumpsanläggningen.

x plus något av renat avlopp  
 xx ej direkt jämförbart  
 xxx tapp 2 o 3 blir billigare  
 xo inkl experimentkostnader  
 xoo inkl fjärrvärmanslutning

## REFERENSLISTA

- 1 "Regional energiplan". STOSEB 80 huvudrapport, sept 81.
- 2 "Delrapport nr 3 från DL". Delrapport till STOSEB 80, 1980-11-25.
- 3 "Slutrapport från DL". Delrapport till STOSEB 80, 1980-12-19.
- 4 "Bränsleplan -81". Svenska Värmeverksföreningen, nov 1981.
- 5 "Den framtida kraftvärmeutbyggnaden". KRAFTSAM och Svenska Värmeverksföreningen, sept 1982.
- 6 "Statistik 1980/81". Svenska Värmeverksföreningen, 30 Juni 1981.
- 7 "Energi - till vad och hur mycket?". Peter Steen, Liber förlag 1981, DFE-rapport nr 39.
- 8 "Progress report, mars 1983". ASEA - ATOM.
- 9 "Energianvändning för uppvärmningsändamål i övrig sektioner". SIND PM 1982:23.
- 10 "Störstads områdenas värmeförsörjning, m m". Promemoria utarbetat inom Industri departementet Ds1 1983:5.
- 11 "Värmepumpen och kraft produktionen". Björn Dahlroth. BFR-rapport R140:1982.
- 12 "Fjärrvärme utredning, Nacka kommun, Sicklaön". REJLERS INGENJÖRSBYRÅ AB 1980-06-12.
- 13 "Falun kommun, utredning om centraliserad värmeförsörjning". SCANDIACONSULT AB 1982-05-12.
- 14 "Energi användning under utveckling volym 11". STU-information nr 189-1980.
- 15 Energi statistik för 1981, SCB.
- 16 VAST information, nr 82:55 1982-08-20.

A1 Kostnadsberäkningar alt 1, 2 och 3

De ekonomiska kalkylerna bygger på det tidigare redovisade teoretiska varaktighetsdiagrammet.

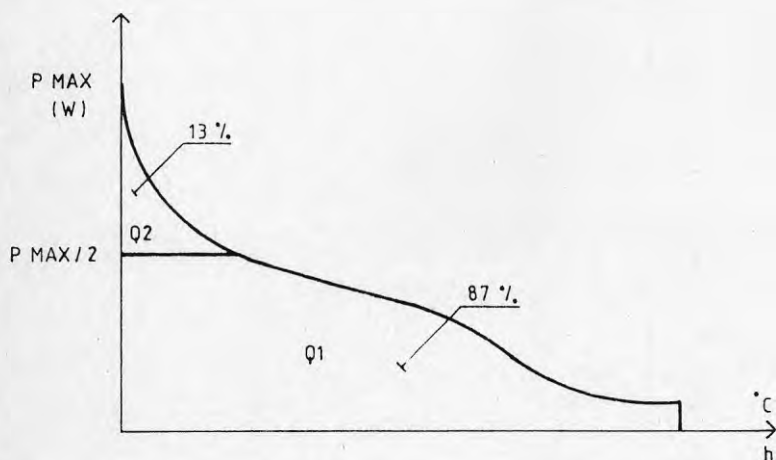


Bild 4.1 Varaktighetsdiagram.

Den totala energin under kurvan är  $Q = Q_1 + Q_2$   
 där  $Q_1$  utgör basenergi och  $Q_2$  är spetsenergi.  
 Värmelastens utnyttjandetid är  $Q/P_{max} = 3350$  h.

Kraftvärmeverk, värmeverk och värmepumpar dimensioneras till halva maxeffekten och ger då 87% av totala energin.

Spetseffekten utgör andra halvan av maxeffekten och ger 13% av totala energin.

Vid beräkningarna skiljs på effekt och energi vid verk resp hos konsument (netto).  
 Mellan verk och konsument skiljer 10% p g a distributionsförluster.

Observeras bör att diagrammen i kap 3 visar bruttoenergianvändning, d v s bränsleenergi.

Investeringskostnader beräknas enbart för lokaler och flerbostadshus.

Andelen av det totala värmebehovet visas i tabell A1.

A1 (forts)	Nettoenergi- användning	Totalt	Lokaler Flerbostadshus	Småhus
E1		12 750	2 350	10 400
Fjärrvärme		24 800	23 375	1 425
Olja		43 200	23 175	20 025
Ved, pannc, etc		9 900	3 240	6 660
Totalt (GWh)		90 650	52 140	38 510

Tabell A1. Nettoenergianvändningen för uppvärmning i övrigsektorn uppdelad på lokaler och flerbostadshus resp småhus, GWh.

Kraftvärmens beräknade produktionsförmåga är enligt VVF:

Befintliga KVV	5 TWh <sub>e</sub>
Utbyggnad av befintliga system	4 TWh <sub>e</sub>
Tillskott från nybyggnad	<u>8,5 TWh<sub>e</sub></u>
Totalt	17,5 TWh <sub>e</sub>

A1.1 Alt 1A1.11 Före kärnkraftsavvecklingen

Tabell 3.11 och diagram 3.11.

Fjärrvärmerna byggs ut maximalt och den befintliga konverteras till koleldning.

Lokalt placerade värmepumpar installeras i resterande värmebehov, exkl elvärmade fastigheter.

Elenergi till värmepumparna levereras av kärnkraft.

Maximal utbyggnad av fjärrvärme och konvertering av befintlig till koleldning

Fjärrvärme, nuvarande + utbyggd, levererar 40,38 TWh <sub>v</sub> exkl spetsenergi, d v s värmeeffekt vid verk:	7,69 GWv
Specifik kostnad: 95% till lokaler och flerbostadshus.	1 500 kr/kWv
$K = 7,69 \text{ GWv} \cdot 0,95 \cdot 1\,500 \text{ kr/kWv} =$	10,96 Gkr

Spetsoljecentraler till nya fjärrvärmeverk

Spetsenergi i nya fjärrvärmesystem levererar 2,8 TWh <sub>v</sub> netto, d v s värmeeffekt netto:	3,22 GWv
Specifik kostnad: 95% till lokaler och flerbostadshus.	460 kr/kWv
$K = 3,22 \text{ GWv} \cdot 0,95 \cdot 460 \text{ kr/kWv} =$	1,41 Gkr

Abbonentcentraler, fjärrvärme

Nya fjärrvärmeverk levererar 21,6 TWh <sub>v</sub> netto, d v s värmeeffekt vid verk:	7,15 GWv
Verken är dimensionerade till ca 80% av totalt sammanlagda anslutningseffekten. 95% till lokaler och flerbostadshus.	
Specifik kostnad:	250 - 925 kr/kWh
$K = 7,15 \text{ GWv} / 0,8 \cdot 0,95 (250 \rightarrow 925) \text{ kr/kWv} =$	2,12 - 7,85 Gkr

A1.11  
(forts)Distributionsnät fjärrvärme

Specifika kostnaden är framtagen per kWe.  
 På detta tas kostnaden fram via elproduktionen.  
 Efter kärnkraftsavvecklingen skall kraftvärmeverk ges ett tillskott på 15,7 TWh<sub>e</sub>, 12,5 TWh<sub>e</sub> är från ut- resp nybyggnad av KVV, resten från befintliga system, effektökningen i verk är då 1,93 GWe (exkl ind).

Om den maximala ökningen av värmeleverans skulle komma enbart från KVV blev motsvarande effekt 1,78 GWe.

För att kunna göra maximal elleverans krävs alltså även div kopplingar i det befintliga systemet och den högre effekten väljs (se alt 3).

Effekt i KVV vid verk (exkl ind 10%): 1,93 GWe  
 95% till lokaler och flerbostadshus.

Specifik kostnad: 1 000 - 4 000 ke/kWe

$K = 1,93 \text{ GWe} \cdot 0,95 \cdot (1\ 000 \rightarrow 4\ 000) \text{ kr/kWe} = 1,83 - 7,33 \text{ Gkr}$

Installationer av värmepumpar i lokaler och flerbostadshus

Enligt tabell A1 är nettoenergibehovet för uppvärmning i lokaler och flerbostadshus, exkl elvärme, 49,79 TWh<sub>v</sub>.

Den befintliga + den utbyggda fjärrvärmens levererar, exkl småhus, 44,08 TWh<sub>v</sub>.

Övrigt nettoenergibehov för uppvärmning 49,79 - 44,08 = 5,71 TWh<sub>v</sub> skall förses med värmepumpar vid konsumenten.

Installerad värmepumpseffekt: 0,85 GW<sub>v</sub>

Specifik kostnad: 2 500 - 5 000 kr/kW<sub>v</sub>

$K = 0,85 \text{ GW}_v \cdot (2\ 500 \rightarrow 5\ 000) \text{ kr/kW}_v = 2,13 - 4,25 \text{ Gkr}$

Distributionsnät el till värmepumpar

Värmefaktor 3

Distributionsförluster 10%

Specifik kostnad 1 500 kr/kWe

$K = 0,85 \text{ GW}_v / (3 \cdot 0,9) \cdot 1\ 500 \text{ kr/kWe} = 0,47 \text{ Gkr}$

---

Totalt 18,92 - 32,27 Gkr

A1.11  
(forts)

Importkostnader för bränsle

Totalt för hela övrigsektorns uppvärmning inkl småhusen - samt för kärnkraftens elproduktion.

Kol till värmeverk;

$$\text{Kv} = 52,70 \text{ TWh} \cdot 0,0548 \text{ kr/kWh} = 2,89 \text{ Gkr}$$

Olja till spetsenergi:

$$\text{Ko} = 13,5 \text{ TWh} \cdot 0,20 \text{ kr/kWh} = 2,70 \text{ Gkr}$$

Kärnkraft:

$$\text{Kkk} = 46,19 \text{ TWhe} \cdot 0,03 \text{ kr/kWe} = 1,39 \text{ Gkr}$$

---


$$\text{Totalt} = 6,98 \text{ Gkr}$$

A1.12

Efter kärnkraftsavvecklingen

Tabell 3.12 och diagram 3.12.

Värmeverk byggs om för att leverera elenergi i maximal utsträckning. Resterande kärnkraftsäl ersätts med nybyggda kolcondenskraftverk.

Värmeverk byggs om till kraftvärme

Kraftvärmeverk skall ge ett tillskott på 15,7 TWhe. 12,5 TWhe kommer från utbyggnad + nybyggnad, resten från befintliga system, d v s levererad värmeeffekt vid verk:

4,28 GWv

$$\text{Specifik kostnad för kraftvärmeverk: (6 000 kr/kWe =)} = 3 000 \text{ kr/kWv}$$

$$\text{Specifik kostnad för nybyggnad eller konvertering till kol för värmeverk:} = 1 500 \text{ kr/kWv}$$

$$\text{Specifik kostnad för ombyggnad av värmeverk till kraftvärmeverk antas vara: } 3 000 - 1 500 = 1 500 \text{ kr/kWv}$$

$$\text{K} = 4,28 \text{ GWv} \cdot 1 500 \text{ kr/kWv} = 6,42 \text{ Gkr}$$

A1.12 (forts)	<u>Utbyggnad av kolkondens för kärnkraftsersättning</u>	
	Effekt från kärnkraft:	7,08 GWe
	Effekt från ny KVV:	- 2,69 GWe
	Erf effekt från kolkondens:	4,39 GWe
	=> 8 st 600 MW kolkondenskraftverk	
	Specifik kostnad:	4 516 kr/kWe
	$K = 8 \cdot 600 \text{ MWe} \cdot 4 516 \text{ kr/kWe}$	= 21,68 Gkr
	<hr/>	
	Totalt	28,1 Gkr

Importkostnader för bränsle

Totalt för hela övrigsektorns uppvärmning inkl småhusen - samt för kärnkraftsersättningen.

Kol till värme- och kraftvärmeverk:

$$K_{vv} + K_v = 69,97 \text{ TWh} \cdot 0,0548 \text{ kr/kWh} = 3,83 \text{ Gkr}$$

Olja till spetsenergi:

$$K_o = 13,5 \text{ TWh} \cdot 0,2 \text{ kr/kWh} = 2,70 \text{ Gkr}$$

Kol till kondenskraftverk:

$$K_{kond} = 74,36 \text{ TWh} \cdot 0,0502 \text{ kr/kWh} = 3,73 \text{ Gkr}$$

---


$$\text{Totalt} = 10,26 \text{ Gkr}$$



A1.2 Alt 2A1.21 Före kärnkraftsavvecklingen

Tabell 3.21 och diagram 3.21.

Lokalt placerade värmepumpar installeras i hela övrigsektorns värmebehov, exkl elvärmda fastigheter.  
Elenergin kommer till största delen från kärnkraftverk.  
Någon kolkondens byggs ut.

Värmepumpar i hela värmebehovet exkl småhus

Enligt tabell 4.1 är nettoenergibehovet för uppvärmning i lokaler och flerbostadshus, exkl elvärme:

49,79 GWhv

Installerad värmepumpseffekt:

7,42 GWv

Specifik kostnad;

2 500 - 5 000 kr/kWv

K = 7,42 GWv (2 500 -&gt; 5 000) kr/kWv =

18,55 - 37,10 Gkr

Distributionsnät el till värmepumpar

Värmefaktor

3

Distributionsförluster

10%

Specifik kostnad

1 500 kr/kWe

K = 7,42 GWv / (3 · 0,9) · 1 500 =

4,12 Gkr

Utbyggnad av kolkondens till värmepumparna

Erforderlig effekt till värmepumparna, inkl de i småhus, utöver den möjliga produktionsökningen från kärnkraften:

1,67 GWe

=&gt; 3 st 600 MWe kolkondenskraftverk.

Specifik kostnad;

4 516 kr/KWe

Nettoenergibehov för uppvärmning i hela övrigsektorn exkl elvärme:

77,90 TWh

Nettoenergibehov för uppvärmning av lokaler och flerbostadshus exkl elvärme, d v s 64% medtas i denna kalkyl:

49,79 TWh

K = 3 · 600 MWe · 4 516 · 0,64 =

5,20 Gkr

Totalt

27,87 - 46,42 Gkr

A1.21  
(forts)Importkostnader för bränsle

Totalt för hela övrigsektorns uppvärmning inkl småhusen -  
samt för kärnkraftens elproduktion.

Kol till kondenskraftverk:

$$K_{\text{kond}} = 9,34 \text{ TWh} \cdot 0,0502 \text{ kr/kWh} = 0,47 \text{ Gkr}$$

Olja till spetsenergi:

$$K_o = 13,5 \text{ TWh} \cdot 0,2 \text{ kr/kWh} = 2,70 \text{ Gkr}$$

Kärnkraft:

$$K_{\text{kk}} = 57,33 \text{ TWh} \cdot 0,03 \text{ kr/kWh} = 1,72 \text{ Gkr}$$

---


$$\text{Totalt} = 4,89 \text{ Gkr}$$

A1.22

Efter kärnkraftsavvecklingen

Tabell 3.22 och diagram 3.22.

All kärnkraft ersätts med kolkondens

Totalt effektbehov för kärnkraftsersättning och  
till värmepumpar:

9,64 GWe

=> 17 st 600 MW kondenskraftverk,  
3 st finns redan från före avvecklingen.

=> 14 st nybyggda erfordras.

Specifik kostnad: 4 516 kr/kWe

$$K = 14 \cdot 600 \text{ MWe} \cdot 4 516 \text{ kr/kWe} = 37,93 \text{ Gkr}$$

---


$$\text{Totalt} = 37,93 \text{ Gkr}$$

A1.22  
(forts)Importkostnader för bränsleTotalt för hela övrigsektorns uppvärmning - inkl småhus -  
samt för kärnkraftsersättningen.

Olja till spetsenergi:

$$K_o = 13,5 \text{ TWh} \cdot 0,2 \text{ kr/kWh} = 2,70 \text{ Gkr}$$

Kol till kondenskraftverk:

$$K_{kond} = 149,11 \text{ TWh} \cdot 0,0502 \text{ kr/kWh} = 7,49 \text{ Gkr}$$

---

$$\text{Totalt} \qquad \qquad \qquad 10,19 \text{ Gkr}$$

A1.3 Alt 3A1.31 Före kärnkraftsavvecklingen

Tabell 3.31 och diagram 3.31.

Fjärrvärmens antas utbyggd i den utsträckning och på de platser som erfordras för att efter kärnkraftsavvecklingen kunna leverera maximal mängd elenergi.

Övrig bebyggelse, exkl elvärmda fastigheter, förses med lokalt placerade värmepumpar.  
Elenergi till värmepumparna levereras från kärnkraftverk.

Kraftvärmens beräknade produktionsförmåga är:

Befintliga KVV	5,0 TWhe
Utbyggnad av befintligt system	+ 4,0 TWhe
Tillskott nybyggnad	+ 8,5 TWhe
	<hr/>
	17,5 TWhe

Effekter enligt ovan.

Nybyggnad av värmeverk och konvertering av de kvarvarande befintliga till koleldning

En framtida leverans av 17,5 TWhe innebär en nödvändig nettoleverans av fjärrvärme till övrigsektorn vid elproduktion på 28,35 TWhv (exkl spetsenergi).

Detta innebär en till övrigsektorn levererad max ansl.effekt (från i framtiden elproducerande verk, d v s exkl spetsenergi, vid verken): 5,4 GWv

Specifik kostnad för nybyggnad av värmeverk eller konvertering till koleldning: 1 500 kr/kWv  
95% till lokaler och flerbostadshus.

$$K = 5,4 \text{ GWv} \cdot 1\,500 \text{ kr/kWv} \cdot 0,95 = 7,70 \text{ Gkr}$$

A1.31  
(forts)

Abonnentcentraler, fjärrvärme

Utbyggnad av befintliga fjärrvärmesystem för att ge kraftvärmeunderlag består både av hopkopplingar av mindre nät och av nyinstallationer av abonnentcentraler.

Här antas att hälften av den planerade utbyggnaden är hopkopplingar.

Nya abonnentcentraler installeras i hälften av den utbyggda kraftvärmens + i hela den nybyggda, d v s i underlaget till  $4/2 + 8,5 = 10,5$  TWhe.

Detta ger en i övrigsektorn nyinstallerad max värmeeffekt, inkl spets, vid verk: 6,48 GWv

Verken är dimensionerade till ca 80% av sammanlagda anslutningseffekterna.

95% till lokaler och flerbostadshus.

Specifik kostnad; 250 - 925 kr/kWv

$K = 6,48 \text{ GWv} / 0,8 \cdot 0,95 \cdot (250 \rightarrow 925) \text{ kr/kWv} = 1,92 - 7,12 \text{ Gkr}$

Distributionsnät fjärrvärme

Utbyggnad och nybyggnad av kraftvärmesystem ger en ökning med 12,5 TWhe enligt ovan.

Detta motsvarar effekten 1,93 GWe vid verk hänförd till övrigsektorn.

Specifik kostnad; 1 000 - 4 000 kr/kWe  
95% till lokaler och flerbostadshus.

$K = 1,93 \text{ GWe} \cdot 0,95 (1\ 000 \rightarrow 4\ 000) \text{ kr/kWe} = 1,83 - 7,33 \text{ Gkr}$

Nya spetsoljecentraler

Anknytande till resonemanget under "Abonnentcentraler, fjärrvärme" antas att nya spetsoljecentraler behövs i samma utsträckning som nya abonnentcentraler, d v s i värmeunderlaget till 10,5 TWhe, d v s netto: 2,92 GWv  
95% till lokaler och flerbostadshus.

Specifik kostnad; 460 kr/kWv

$K = 2,92 \text{ GWv} \cdot 0,95 \cdot 460 \text{ kr/kWv} = 1,28 \text{ Gkr}$

A1.31  
(forts)

Installationer av värmepumpar i lokaler och flerbostadshus

Enligt tabell A1 är nettoenergibehovet för uppvärmning i lokaler och flerbostadshus, exkl elvärme, 49,79 TWhv.

Den befintliga + den utbyggda fjärrvärmen levererar, exkl småhus, 30,96 TWhv.

Övrigt nettoenergibehov för uppvärmning 49,70 - 30,96 = 18.83 TWhv skall förses med värmepumpar.

Installerad värmepumpseffekt;	2,81 GWv
Specifik kostnad	2 500 - 5 000 kr/kWv
$K = 2,81 \text{ GWv} (2\ 500 \rightarrow 5\ 000) \text{ kr/kWv}$	$= 7,03 - 14,05 \text{ Gkr}$

Distributionsnät el till värmepumpar

Värmefaktor	3
Distributionsförluster	10%
Specifik kostnad	1 500 kr/kWe
$K = 2,81 \text{ GWv} / (3 \cdot 0,9) \cdot 1\ 500 \text{ kr/kWe}$	$= 1,56 \text{ Gkr}$

---

Totalt	21,32 - 39,04 Gkr
--------	-------------------

Importkostnader för bränsle

Totalt för hela övrigsektorns uppvärmning - inkl småhus - samt för kärnkraftens elproduktion.

Kol till fjärrvärme:

$K_{vv} = 37,06 \text{ TWh} \cdot 0,0548 \text{ kr/kWh}$	$=$	2,03 Gkr
--	-----	----------

Olja till spetsenergi

$K_o = 13,5 \text{ TWh} \cdot 0,2 \text{ kr/kWh}$	$=$	2,70 Gkr
---	-----	----------

Kärnkraft;

$K_{kk} = 50,64 \text{ TWh} \cdot 0,03 \text{ kr/kWh}$	$=$	1,52 Gkr
--	-----	----------

---

Totalt	6,25 Gkr
--------	----------

A1.32 Efter kärnkraftsavvecklingen

Tabell 3.32 och diagram 3.32.

Värmeverk byggs om för att kunna leverera elenergi i maximal utsträckning.  
Resterande kärnkraftsel ersätts med nybyggda kolkondenskraftverk.

Värmeverk byggs om till kraftvärme

Den utbyggda + den nybyggda fjärrvärmelagen konverteras till kraftvärme, 12,5 TWh, motsvarande värmeeffekt i kraftvärmeverk vid verk: 4,28 GWv

Specifik kostnad för konvertering till kraftvärmeverk enl alt 1: 1 500 kr/kWv

$$K = 4,28 \text{ GWv} \cdot 1 500 \text{ kr/kWv} = 6,42 \text{ Gkr}$$

Utbyggnad av kolkondens för kärnkraftersättning

Effekt från kärnkraft: 7,84 GWe

Effekt från kraftvärme: - 2,69 GWe

Erforderlig effekt från kolkondens: 5,15 GWe

=> 9 st 600 MWe kolkondenskraftverk.

Specifik kostnad: 4 516 kr/KWe

$$K = 9 \cdot 600 \text{ MWe} \cdot 4 516 \text{ kr/kWv} = 24,39 \text{ Gkr}$$

---

Totalt 30,81 Gkr

Importkostnader för bränsle

Totalt för hela övrigsektorns uppvärmning inkl småhus - samt för kärnkraftersättningen.

Kol till kraftvärmeverk:

$$K_{kv} = 54,25 \text{ TWh} \cdot 0,0548 \text{ kr/kWh} = 2,97 \text{ Gkr}$$

Kol till kolkondenskraftverk:

$$K_{kond} = 85,21 \text{ TWh} \cdot 0,0502 \text{ kr/kWh} = 4,28 \text{ Gkr}$$

Olja till spetsenergi:

$$K_o = 13,5 \text{ TWh} \cdot 0,2 \text{ kr/kWh} = 2,70 \text{ Gkr}$$

---

Totalt 9,95 Gkr

A2 Jämförelser för enskilt hus eller område

En jämförelse av kostnaderna vid val av system för ett hus eller område görs.

Utgångspunkt för beräkningarna är samma teoretiska bakgrund, förutsättningar och kostnader som tidigare.

Beräkningarna utförs på ett "enhetseffektbehov" på 1 kWv, vilket motsvarar energibehovet  $\sim 3\ 350$  kWh.

Alla kostnader räknas om till årskostnader och resultatet presenteras som kr/kWh, år uppdelat på totala årskostnader och årliga importkostnader för bränsle.

Följande förenklade jämförelser görs:

- A Kraftvärme (KVV) kontra värmepump i nybyggnad (VPN)
- B Fjärrvärme (VV) kontra värmepump i nybyggnad (VPN)

Kraftvärmen, fjärrvärmen har olja som spetsenergi, värmepumparna har direktel som ryms i byggnadernas normala elabonnemang.

El till värmepumparna och spetsenergin erhålls från kolkondenskraftverk.

I fall A måste även den av kraftvärmen producerade elenergin för jämförelsens skull också produceras av kolkondenskraftverk. Samtliga kraftverk antas kolkolade.

- C Värmepump i fjärrvärmenät (VP i nät) kontra värmepump i bef byggnad (VP<sub>B</sub>)

Elenergin till värmepumparna kommer från kärnkraft.

I C har värmepumpen i nätet spetsoljecentral och värmepumpen i byggnaden utnyttjar den befintliga oljepannan.



A2 (forts)	A:	kr/kWv,år	KVV	VP <sub>N</sub>
			<hr/>	
		Total årskostnad	670 - 718	672 - 680
		varav bränsleimport	423	390
	B:	kr/kWv,år	VV	VP <sub>N</sub>
			<hr/>	
		Total årskostnad	538 - 586	329 - 337
		varav bränsleimport	325	192
	C:	kr/kWv,år	VP i nät	VP <sub>B</sub>
		<hr/>		
	Total årskostnad	383 - 480	304 - 399	
	varav bränsleimport	152	149	

Tabell            Totala årskostnader och importkostnader  
                     för bränsle

A2.1 BeräkningarA2.11 A1 Kraftvärme med oljespets

Max effektbehov	1 kWv	
KVV täcker 50%	0,5 kWv	
Elprod brutto	$0,5 / (2 \cdot 0,9)$	= 0,28 kWe
Värmeenergi prod brutto KVV		3 241 kWhv
Elenergi prod brutto KVV		1 621 kWhe
Spetsenergi 13% av energi		436 kWhv
Spetseffekt		0,5 kWv

Alla kostnader är årskostnader i kr/kWv:

Kkvv anl	= $0,28 \text{ kWe} \cdot 6\,000 \text{ kr/kWe} \cdot 0,06401$	=	107,5
Kkvv fast	= $0,28 \text{ kWe} \cdot 202 \text{ kr/kWe}$	=	56,6
Kkvv rör1	= $0,021 \text{ kr/kWhe} \cdot 1\,621 \text{ kWhe}$	=	34
Kkvv bränsle	= $4\,862 \text{ kWh} / 0,87 \cdot 0,0548 \text{ kr/kWh}$	=	306,2
Kolja anl	= $0,5 \text{ kW} \cdot 460 \text{ kr/kW} \cdot 0,06401$	=	14,7
Kolja fast	= $0,5 \text{ kW} \cdot 26 \text{ kr/kW}$	=	13
Kolja rör1	= $436 \text{ kWh} \cdot 0,0125 \text{ kr/kWh}$	=	5,5
Kolja bränsle	= $436 / 0,75 \text{ kWh} \cdot 0,2 \text{ kr/kWh}$	=	116,3

$$\begin{aligned} \text{Kdistribution} &= 0,28 \text{ kWe} \cdot (1\,000 \rightarrow 4\,000) \text{ kr/kWe} \cdot 0,05783 = \\ &= 16,2 - 64,8 \end{aligned}$$

Totalt 670 - 718 kr/kWv,år  
varav bränsle 423 kr/kWv,år

A2.12 A2 Värmepumpar med direktspets

Kolkondenskraftverk måste byggas för elproduktion till VP och för att kompensera elproduktionen från kraftvärmeverket i fall A1.

Direktelen till spetsenergin ryms däremot i byggnadens normala abonnemang.

Max värmeeffektbehov	=	1 kWv	
Vp täcker 50%	=	0,5 kWv	
Elproduktion till VP brutto	=	$0,5/(3 \cdot 0,9)$	= 0,185 kWe
Elproduktion till KVV komensation	=	0,28 kWe	
Elenrgiproduktion till VP brutto	=	$3\ 353 \cdot 0,87/(3 \cdot 0,9)$	= 1 084,4 kWh
Elenrgiproduktion till KVV komp	=	1 621 kWh	
Elenergi till spets	=	436 kWh	

A2.12  
(forts)

Alla kostnader är årskostnader i kr/kWv:

Kkond anl	= 0,185 kWe · 4 516 kr/kWe · 0,06401	= 53,5
Kkond fast	= 0,185 kWe · 104 kr/kWe	= 19,2
Kkond rör	= 1 080,4 kWhe · 0,021 kr/kWhe	= 22,6
Kkond bränsle	= 1 080,4/0,41 · 0,0502 kr/kWh	= 132,3
Kdistr	= 0,185 kWe · 1 500 kr/kWe · 0,05783	= 16
Kinst	= (1 000 -> 1 500) kr/kWv (0,08994 - 0,07358)	= 16,4-24,5
Kspets rör	= 436/0,9 kWh · 0,021 kr/kWh	= 10,2
Kspetsbränsle	= 436/0,369 kWh · 0,0502 kr/kWh	= 59,3

KVV compensation:

Kkond anl	= 0,28 kWe · 4 516 kr/kWe · 0,06401	= 80,9
kkond fast	= 0,28 kWe · 104 kr/kWe	= 29,1
Kkond rör	= 1 621 kWh · 0,021 kr/kWh	= 34
Kkond bränsle	= 1 621/0,41 · 0,0502 kr/kWh	= 198,5

Totalt 672 - 680,1 kr/kWv,år  
varav bränsle 390 kr/kWv,år

A2.13 B1 Värmeverk med oljespets

Max värmeeffektbehov	1 kWv	
VV täcker 50%	0,5/0,9	= 0,56 kWv
Värmeenergiproduktion brutto	3 353 · 0,87/0,9	= 3 241 kWh
Spetseffekt	0,5 kWv	
Spetsenergi	436 kWh	

Alla kostnader är årskostnader i kr/kWv:

Kvvvanl	= 0,56 kWv · 1 500 kr/kWv · 0,06401	= 53,8
Kvv fast	= 0,56 kWv · 85 kr/kWv	= 47,6
Kvv rör1	= 3 241 kWh · 0,019 kr/kWh	= 61,8
Kvv bränsle	= 3 241/0,85 · 0,0548 kr/kWh	= 208,9
Kdistr	= som A1	= 16,2 - 64,8

Kolja anl	= som A1	= 14,7
Kolja fast	= som A1	= 13
Kolja rör1	= som A1	= 5,5
Kolja bränsle	= som A1	= 116,3

Totalt	538 - 586 kr/kWv,år
varav	325 kr/kWv,år

A2.14 B2 Värmepump med direktspets

Kolkondenselkraftverk måste byggas för elprod till VP. Direktelen till spetsenergin ryms däremot i byggnadens normala abonnemang.

Resultatet blir samma som i A2 utom elproduktion för KVV-el kompensation.

Alla kostnader är årskostnader i kr/kW

Kkond anl	=	53,5
Kkond fast	=	19,2
Kkond rör1	=	22,6
Kkond bränsle	=	132,3
Kdistr	=	16
Kinst	=	16,4 - 24,5
Kspets rör1	=	10,2
Kspets bränsle	=	59,3
Totalt		329 - 337,1 kr/kW,år
varav bränsle		192 kr/kW,år

A2.15      C1 Fjärrvärme från värmepumpar drivna med kärnkraftsel  
                  och oljespets

Max effektbehov	1 kWv	
VP täcker 50%	0,5 kWv	
Elprod till VP brutto	$0,5/2,7 \cdot 0,9$	= 0,205 kWe
Energiprod till VP brutto	$3\ 353 \cdot 0,87/(2,7 \cdot 0,9)$	= 1 200,5 kWh
Spetsenergi 13% av energi	436 kWh	
Spetseffekt	0,5 kWv	

Alla kostnader är årskostnader i kr/kWv:

KVp anl	=	$0,5 \text{ kWv} \cdot 2\ 300 \text{ kr/kWv} \cdot 0,08994$	=	103,4
KVp fasta och rörliga	=	17,3		
KEL från kärnkraft	=	$0,05 \text{ kr/kWh} \cdot 1\ 200,5 \text{ kWh}$	=	60
Kdistr el	=	$0,205 \text{ kWe} \cdot 1\ 500 \text{ kr/kWe} \cdot 0,05783$	=	17,8
Kdistr fjärrvärme	=	enl alt A1	=	16,2 - 64,8
Kabonnet	=	$1 \text{ kWv} (250 \rightarrow 925) \cdot 0,07358$	=	18,4 - 68
Kolja anl	=	enl alt A1	=	14,7
Kolja fast	=	enl alt A1	=	13
Kolja rörlig	=	enl alt A1	=	5,5
Kolja bränsle	=	enl alt A1	=	116,3
 Totalt		 383 - 480 kr/kWv,år		
varav import		152 kr/kWv,år		

A2.16      C2    Värmepumpar drivna med kärnkraftsel och spetsenergi  
             från befintlig oljepanna

Max effektbehov	1 kWv	
VP täcker 50%	0,5 kWv	
Elprod till VP brutto	$0,5 / (3 \cdot 0,9)$	= 0,185 kWe
Energiprod till VP brutto	$3\ 353 \cdot 0,87 / (3 \cdot 0,9)$	= 1 080,4 kWh
Energi till spets	436 kWh	

Alla kostnader är årskostnader i kr/kWv:

Kdistr el	= 0,185 kWe · 1 500 kr/kWe · 0,05783	= 16
Kinst VP	= 0,5 kWv (1 000 → 1 500)kr/kWv · · 0,08994	= 45 - 67,5
Kinst övrigt	= 0,5 kWv (1 500 → 3 500)kr/kWv · · 0,07358	= 55,2 - 128,8
Kel från kärnkraft	= 0,05 kr/kWhe · 1 080,4 kWhe	= 54
Kolja bränsle	= enl alt A1	= 116,3

Rörliga kostnader för oljepanna i byggnad satt till  
3 · kostnaden enl A1

Kolja rörlig            = 16,5

Totalt                    303,3 - 399,4 kr/kWv, år  
varav import            149 kr/kWv, år







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
830857-4 från Statens råd för byggnadsforskning  
till LEB VVS-TEKNIK AB, Stockholm.**

**R77: 1984**

**ISBN 91-540-4152-X**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6704077**

**Ingår ej i abonnemang**

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

**Cirka pris: 35 kr exkl moms**