

---

---

Rapport SGC 085

KONVERTERING FRÅN DIREKTELVÄRME  
TILL GASVÄRME I SMÅHUS

Mikael Näslund  
Inst. för Värme- och kraftteknik, LTH

December 1997



Rapport SGC 085

# KONVERTERING FRÅN DIREKTELVÄRME TILL GASVÄRME I SMÅHUS

Mikael Näslund  
Inst. för Värme- och kraftteknik, LTH

December 1997

## **SGC:s FÖRORD**

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat eller i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

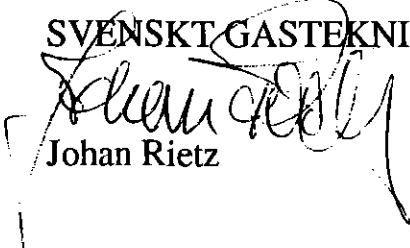
En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns i slutet på denna rapport.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Sydgas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energi AB och Helsingborg Energi AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

Sydgas AB  
SE Gas AB  
Vattenfall Naturgas AB  
Göteborg Energi AB  
Helsingborg Energi AB  
Lunds Energi AB  
Byggforskningsrådet

**SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB**



Johan Rietz

# Sammanfattning

Idag används direktverkande el som uppvärmningsform i ca 500 000 svenska småhus. Direktverkande el är den mest kostnadskrävande uppvärmningsformen att ersätta eftersom ett värmedistributionssystem saknas. I denna rapport redovisas konverteringslösningar med gas som bränsle. Erfarenheter av tidigare konverteringar och studier redovisas.

En utgångspunkt i rapporten är att husets klimatskärm behålls oförändrad, dvs ingen tilläggsisolering eller fönsterbyte utförs. Av sex olika systemlösningar rekommenderas två. De är ett traditionellt radiatorsystem med panna samt ett bestående av två eller tre gasradiatorer som kompletteras av de befintliga elradiatorerna. Det förstnämnda systemet kan installeras i alla småhus medan det sistnämnda kräver en öppen planlösning. Vidare antas att avgassystemen utgörs av horisontella avgasterminaler.

Elreduktionen som en följd av konverteringen är 50–70% av bostadens totala elanvändning med ett radiatorsystem beroende på om även varmvattenberedningen omfattas av konverteringen. I systemet med gasradiatorer används elradiatorerna mot kallas varvid elreduktionen blir mindre.

Investeringskostnaden är ca 70 000 kr (inkl. gasanslutning) för gaspanna och radiatorsystem. Konvertering till gasradiatorer är billigare men eftersom ingen erfarenhet finns i Sverige är uppgifterna mer osäkra.

Den årliga uppvärmningskostnaden sjunker vid konvertering till radiatorsystem med 2 000–3 000 kr/år vid ett årligt nettouppvärmningsbehov på 11 000 kWh och 2 800–4 700 kr/år vid ett årligt nettouppvärmningsbehov på 22 000 kWh. Kondensationspannor tycks vara lönsamma även vid låga uppvärmningsbehov, bl a därför att radiatorsystemet kan dimensioneras för låga temperaturer. Dagens gasradiatorer har lägre verkningsgrad än dagens gaspannor. Andelen el som ersätts och gasradiatorns verkningsgrad är betydelsefull men även vilken eltariff som kan användas efter konverteringen. Enkeltariff är nödvändigt för acceptabel ekonomi i de studerade fallen. Med gasradiatorer

kan den årliga besparingen uppgå till 2000–2700 kr vid 11 000 kWh/år och 2 500–4000 kr vid 22 000 kWh/år med en viss teknikutveckling. Gasradiatorer kräver inte lika mycket el som radiatorsystem för värmedistributionen.

# Summary

Electric baseboard heaters are used in approximately 500 000 Swedish single family houses. Gas fired heating systems are shown as conversion alternatives. Experiences from earlier conversions and studies are shown.

A starting-point for this work is that the building structure is not changed, i.e. no insulation is added or windows improved. Among six suggested heating systems, two are recommended. These are a common hydronic system with a boiler and a heating system comprising two or three gas radiators and keeping the electric baseboard heaters as backup. The first system can be used in all houses while the second system requires an open floor layout.

The electricity reduction due to the conversion will be 50–70% of the total electric consumption depending on whether or not the hot tap water production is included in the conversion. Gas radiators give a smaller electricity reduction because the baseboard heaters are used to prevent cold regions around the windows.

The investment cost for the hydronic system is approximately SEK 70 000 (including connection to the gas grid). There are no experiences from conversion to gas radiators in Sweden. Therefore, the conversion cost can not be estimated.

The annual heating cost is reduced by SEK 2000–3000 at an annual net heat demand of 11000 kWh and SEK 2800–4700 at 22000 kWh. Condensing boilers seem to be profitable even at low heat demands because the heating system can be designed for maximum efficiency. Gas radiators today have lower efficiencies than boilers. The annual space heating cost is reduced by SEK 2000–2700 at 11000 kWh and SEK 2500–4000 at 22000 kWh provided that the radiator design is improved. The amount of electricity replaced and the gas radiator efficiency is important but also the electricity tariff after the conversion. A flat tariff, same rate at all times, is necessary to obtain an acceptable economy for the cases studied.

# Innehåll

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Sammanfattning</b>                                                   | <b>1</b>  |
| <b>1 Metod och avgränsningar</b>                                        | <b>6</b>  |
| <b>2 Inledning</b>                                                      | <b>7</b>  |
| 2.1 Motiv för konvertering . . . . .                                    | 8         |
| 2.2 Konvertering och energianvändning . . . . .                         | 9         |
| 2.3 Potential för naturgasanvändning . . . . .                          | 10        |
| 2.3.1 Uppvärmningskostnader med el och naturgas . . . . .               | 10        |
| <b>3 Erfarenheter av tidigare konverteringar och studier</b>            | <b>21</b> |
| 3.1 Konverteringar och konverteringsstudier<br>till gasvärme . . . . .  | 21        |
| 3.1.1 Sisjön . . . . .                                                  | 21        |
| 3.1.2 Kälvesta . . . . .                                                | 23        |
| 3.1.3 Lund . . . . .                                                    | 24        |
| 3.1.4 Uppdrag 2000 . . . . .                                            | 29        |
| 3.2 Konverteringar till andra energislag<br>än gas . . . . .            | 30        |
| 3.2.1 Bränslebaserade system med central<br>värmecentral, KTH . . . . . | 30        |

|          |                                                             |           |
|----------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.2    | Direktelvärmdda flerbostadshus i Råslätt . . . . .          | 30        |
| 3.2.3    | Oljeuppvärmning i Ekerö . . . . .                           | 32        |
| 3.2.4    | Eldriven värmepump i Höllviken . . . . .                    | 33        |
| 3.3      | Övriga svenska konverteringsstudier . . . . .               | 34        |
| 3.3.1    | Studie av alternativa värmesystem . . . . .                 | 34        |
| 3.3.2    | Fjärrvärme och luftvärme i stockholmsområdet . . . . .      | 37        |
| 3.4      | Internationella erfarenheter . . . . .                      | 38        |
| 3.4.1    | Danmark . . . . .                                           | 38        |
| 3.4.2    | USA . . . . .                                               | 40        |
| <b>4</b> | <b>Tekniska lösningar</b>                                   | <b>43</b> |
| 4.1      | Föreslagna systemlösningar . . . . .                        | 43        |
| 4.1.1    | Kombination med andra energislag . . . . .                  | 46        |
| 4.2      | Byggnadsintern gasdistribution . . . . .                    | 46        |
| 4.3      | Behov av teknikutveckling . . . . .                         | 47        |
| 4.3.1    | Värmepannor och värmesystem . . . . .                       | 47        |
| 4.3.2    | Gasradiatorer . . . . .                                     | 47        |
| 4.3.3    | Installationsteknik . . . . .                               | 52        |
| <b>5</b> | <b>Typhus och rekommenderade lösningar</b>                  | <b>54</b> |
| 5.1      | Typhus . . . . .                                            | 54        |
| 5.2      | Realisering av systemlösningarna<br>i typhusen . . . . .    | 55        |
| 5.2.1    | Konverteringskostnad . . . . .                              | 55        |
| 5.3      | Energianvändning och besparing med system 1 och 6 . . . . . | 63        |
| 5.3.1    | Systemlösning 1 . . . . .                                   | 63        |
| 5.3.2    | Systemlösning 6 . . . . .                                   | 68        |



|          |                                                     |           |
|----------|-----------------------------------------------------|-----------|
| 5.3.3    | Total energianvändning efter konvertering . . . . . | 70        |
| <b>6</b> | <b>Slutsatser</b>                                   | <b>72</b> |
|          | <b>Referenser</b>                                   | <b>74</b> |

# Kapitel 1

## Metod och avgränsningar

Konverteringsstudien som beställts av SGC redovisas i två rapporter. I ett examensarbete av Jonson och Nelson [1] undersöks potentialen i det nuvarande svenska naturgasnätet och längs olika utbyggnadsalternativ. Två typhus definieras och konverteringskostnaden beräknas för några alternativ.

Denna rapport omfattar en genomgång av gjorda konverteringar i Sverige och utomlands. För typhusen som tagits fram i examensarbetet definieras några systemlösningar, som analyseras avseende inomhuskomfort och termiska prestanda. Utvecklingsbehov hos apparater på den svenska marknaden identifieras. Vidare behandlas konverteringens genomförande.

I de flesta fall antas att husets isoleringsstandard, fönster och andra byggnadsdetaljer är oförändrade, d v s klimatskärmen är oförändrad. Om detta inte är fallet anges det uttryckligen i texten.

# Kapitel 2

## Inledning

Idag är ca 500 000 svenska småhus värmda med direktverkande el. Den årliga elanvändningen uppgår till ca 8 TWh. Enbart naturgas och fjärrvärme kan användas för konverteringar som inte kräver ett bränslelager. En minskad elanvändning för byggnadsuppvärmning en central fråga för samhället. Det handlar här om elbehovsminskning snarare än elproduktionersättning. Potentialen för gasanvändning är stor om kostnadseffektiv teknik utvecklas.

En minskad elanvändning för småhusuppvärmning kan åstadkommas genom hel eller partiell konvertering till fjärrvärme eller till ett bränsle, exempelvis ved, gas eller olja, eller genom byte till en effektivare elbaserad teknik, t ex en värmepump. Det senare kan illustreras med NUTEKs värmepumpstävling, där den ena vinnaren, Eufor Markus 2500 Kombi, kan ersätta direktverkande el utan installation av ett värmedistributionssystem.

Tidigare undersökningar som redovisas i rapporten pekar bl a på konverteringskostnaden som ett avsevärt hinder för byte till ett gasformigt bränsle. I Energikommissionens slutbetänkande [2] behandlas konvertering av elvärmda hus. I Energikommissionens arbete har man utgått från att elvärme skall ersättas med ett centralt värmedistributionssystem. Kostnaderna för ett sådant system riskerar att bli så höga att det inte är en attraktiv lösning för småhusägaren.

Naturgas skulle kunna erbjuda attraktiva lösningar genom enkelheten att distribuera gasen i byggnaden och möjligheten att erhålla låga emissioner och hög verkningsgrad.

## 2.1 Motiv för konvertering

Motiven för konvertering av eluppvärmning i svenska småhus är självklart inte desamma för husägaren och samhället. För husägaren är i första hand sänkta drift- och boendekostnader det huvudsakliga motivet. Miljöskalet kan spela en roll men är endast avgörande för ett fåtal. En enkät från Stockholm Energi 1990 visade att en förnyelse av värmesystemet var lågt prioriterat. Hushållsmaskiner som spis, tvättmaskin mm var högre prioriterat. Detta motsägs av det antal förfrågningar som gasbolagen får angående alternativ till befintlig eluppvärmning. Skillnaden beror troligen i huvudsak på den uppmärksamhet som eluppvärmning fått i rikstäckande media i samband med energioverenskommelsen mellan regeringen, Centerpartiet och Vänsterpartiet. Det kan inte heller uteslutas att uppmärksamheten kring elvärme och den förväntade prisutvecklingen på el gör att villor med elvärme får en sämre prisutveckling än andra villor.

För samhället är andra motiv också tydliga. Miljö- och säkerhetsskäl ligger bakom en kärnkraftavveckling. Ersättningsenergin skall vara samhällsekonomiskt intressant och den skall användas så att internationella överenskommelser om CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> och svavel kan uppfyllas. Exempelvis minskar alla emissioner om elimport från Danmark reduceras genom en sänkt elanvändning.

En konvertering från elvärme innebär också att elleverantörerna riskerar att förlora kunder. Detta kan självklart inverka på dessas framtida insatser. Det är värt att notera att import och distribution av naturgas i Sverige huvudsakligen utförs av företag som ingår i antingen Vattenfall- eller Sydkraftkoncernerna.

Konverteringen från elvärme till gas skall innebära att uppvärmningskostnaderna sänks. Det bör också för gasdistributören innebära att man erbjuder en bättre lösning än alternativen, i detta fall fjärrvärme eller installation av en elvärmepump.

Konvertering av uppvärmningssystemet innebär en hög kostnad för husägaren. I rapporten har därför tyngdpunkten lagts på lösningar som inte kräver en ändring av byggnadens klimatskärm, t ex genom tilläggsisolering eller byte av fönster.

## 2.2 Konvertering och energianvändning

I Energikommissionens slutbetänkande [2] skrivs att konvertering från elvärme i första hand är lönsamt i byggnader med kombipannor eftersom inga investeringar behövs. En konvertering av 3 TWh el bedöms rimlig till 2010 med måttliga styrsatser. Olja anses då vara det primära bränslet. Energianvändningen förväntas öka vid en sådan konvertering eftersom kombipannor har lägre verkningsgrad då bränsle används. I tabell 2.1, med data från Konsumentverket [3], ges exempel på årsverkningsgraden då olja, ved eller el används.

Tabell 2.1: Årsverkningsgrader för kombipannor vid 25 MWh/år inkl. varmvattenberedning

| Fabrikat            | Årsverkningsgrad (%) |      |     |
|---------------------|----------------------|------|-----|
|                     | el                   | olja | ved |
| CTC Regent          | 85                   | 78   | 73  |
| Triomax             | 88                   | 81   | 73  |
| Albin Futura        | 88                   | 81   | –   |
| Cumulus TLO         | 87                   | 81   | –   |
| CTC 1100 miljö      | 92                   | 88   | –   |
| Focus-TMV Elit 114B | 91                   | 89   | –   |
| Pulsonex 25S        | 90                   | 89   | –   |
| Värmebaronen XPP20  | 88                   | 82   | –   |

Som framgår av tabellen sjunker årsverkningsgraden vid bränsleledning, vilket ökar energianvändningen vid konvertering från el till bränslen. Ökningen är markant större då ved används. Renodlade elpannor har enligt Konsumentverket en årsverkningsgrad på 90–95%.

Elpannor ger möjlighet till en mycket enkel konvertering till gas. Andra bränslen som olika former av biomassa och olja kräver ett bränslelager och en skorsten. Därför inskränker sig konverteringskostnaden vid en gaskonvertering till en väggpanna med installation och anslutning till gasnätet. Årsverkningsgraden bör vara 85–90% med en icke-kondenserande panna, d v s en ökning av energianvändningen med 5–11%. Ofta har villor med elpannor ett radiatorsystem dimensionerat efter 55/45°C fram- och returledningstemperatur. Med en kondensationspanna bör årsverkningsgraden vara 95–105%, vilket innebär en energibesparing på 0–11%. Värden gäller med en antagen verkningsgrad för elpannan på 95%.

De ekonomiska beräkningarna i Energikommissionens slutbetänkande pekar på en kostnad på 60 öre/kWh vid konvertering från elpannor till bränslepannor inklusive bränsle. Konvertering av direktelvärmda hus beräknas till 90 öre/kWh inklusive centralvärmesystem, skorsten, panna och bränslelager. Beräkningsförutsättningarna är ej givna. Här tycks det som naturgasbaserad uppvärmning inte beaktats eftersom skorsten och bränslelager nämns.

## **2.3 Potential för naturgasanvändning**

I Jonsons och Nelsons examensarbete kartlades potentialen för konvertering från elvärme till naturgas. Figur 2.1 visar de olika sträckningar som studerades.

Databasen Masterfile användes för urvalet. Hus med direktverkande el, vattenburen el samt el i kombination med bränsle valdes. Husen skulle också vara belägna i tätbebyggda områden. Tabell 2.2 visar konverteringspotentialen längs de olika sträckningarna i figur 2.1.

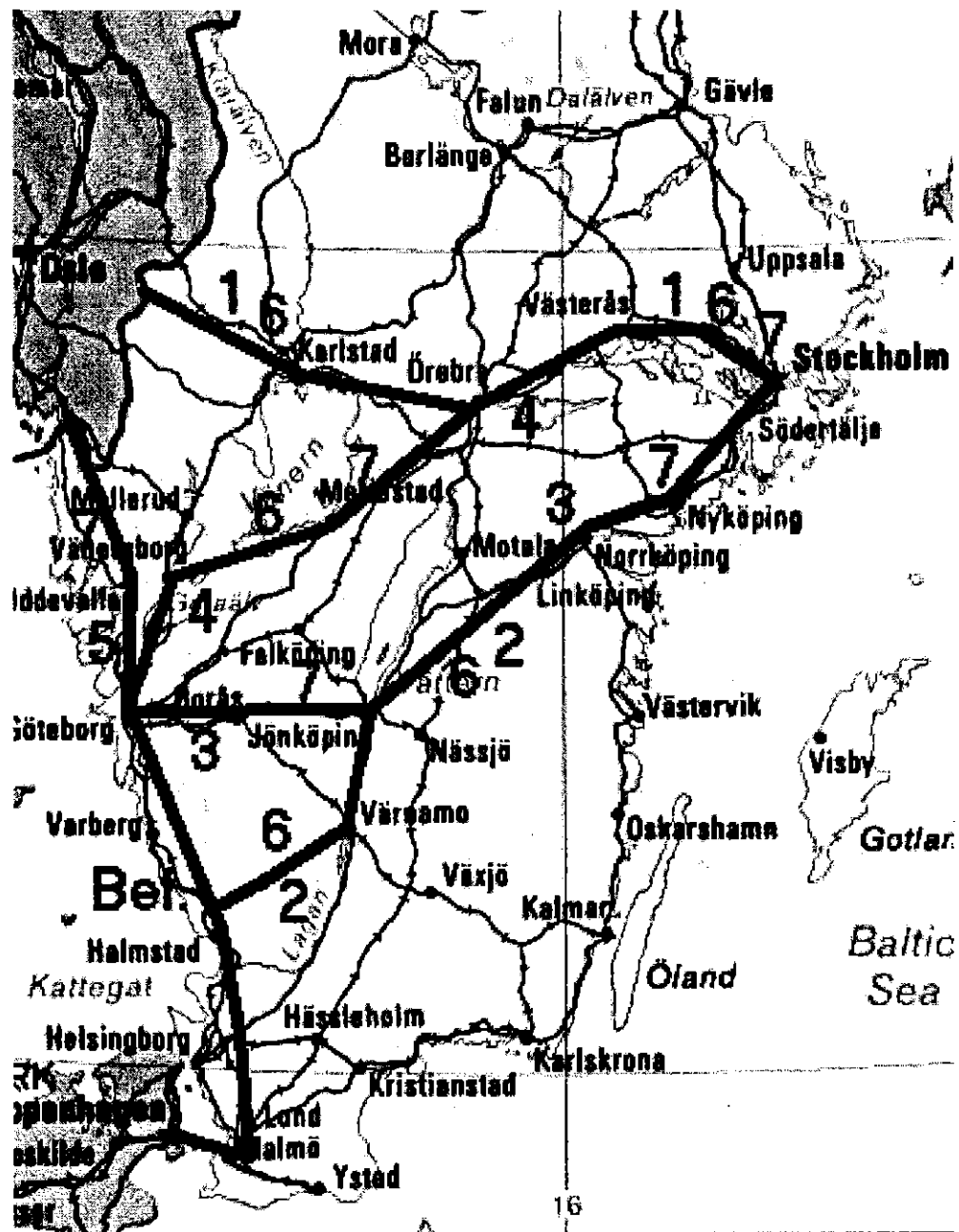
### **2.3.1 Uppvärmningskostnader med el och naturgas**

Avsnittet syftar till att ge en bild av förändringarna av uppvärmningskostnaderna då el ersätts med naturgas. Priserna gäller 1997 i Lund och inkluderar moms. I tabell 2.3 redovisas de olika kostnader och priser som inkluderats i beräkningarna. Den direktelvärmda villan antas ha 20 A säkring och att tidstariff utnyttjas. Baserat på klimatdata kommer 30% av förbrukningen att ske under högprisperioden och 70% under lågprisperioden.

En första men grov uppskattning av kostnadsförändringen fås om direkteluppvärmningen (100% årsverkningsgrad) helt ersätts med gasbaserad uppvärmning. Vi antar också att säkringsstorleken kan sänkas från 20 A till 16 A. Figur 2.2 visar kostnadsförändringen beräknad på detta sätt med olika antagna årsverkningsgrader för det nya systemet.

#### **Allmän modell för ändrad uppvärmningskostnad**

Resultaten i figur 2.2 är förenklade eftersom en fullständig konvertering förutsätts, all elvärme ersätts, och att ingen el används i det nya uppvärm-



Tabell 2.2: Antal småhus med elvärme och totalt årligt uppvärmningsbehov i befintligt naturgasnät och längs olika utbyggnadsalternativ

| Alternativ | Hus med direktel |                         | Hus med vattenburen el |                         | Hus med el i kombi |                         |
|------------|------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
|            | Antal            | Energibehov<br>(TWh/år) | Antal                  | Energibehov<br>(TWh/år) | Antal              | Energibehov<br>(TWh/år) |
| Befintligt | 53 500           | 1,071                   | 32 900                 | 0,660                   | 28 100             | 0,678                   |
| 1          | 52 100           | 1,119                   | 37 200                 | 0,832                   | 34 900             | 0,927                   |
| 2          | 52 100           | 1,135                   | 36 700                 | 0,814                   | 38 800             | 1,034                   |
| 3          | 51 600           | 1,128                   | 36 500                 | 0,816                   | 39 600             | 1,054                   |
| 4          | 58 500           | 1,250                   | 42 200                 | 0,934                   | 40 600             | 1,066                   |
| 5          | 6 800            | 0,141                   | 4 700                  | 0,092                   | 6 200              | 0,153                   |
| 6          | 86 100           | 1,868                   | 57 700                 | 1,254                   | 70 500             | 1,846                   |
| 7          | 79 200           | 1,715                   | 53 900                 | 1,176                   | 61 600             | 1,614                   |
| Bef. + 1   | 105 700          | 2,190                   | 70 100                 | 1,492                   | 61 600             | 1,604                   |
| Bef. + 2   | 105 700          | 2,207                   | 69 600                 | 1,474                   | 66 900             | 1,711                   |
| Bef. + 3   | 105 100          | 2,199                   | 69 400                 | 1,475                   | 67 600             | 1,732                   |
| Bef. + 4   | 112 000          | 2,322                   | 75 100                 | 1,594                   | 68 700             | 1,744                   |
| Bef. + 5   | 60 400           | 1,212                   | 37 600                 | 0,751                   | 34 300             | 0,830                   |
| Bef. + 6   | 139 600          | 2,939                   | 90 600                 | 1,914                   | 98 600             | 2,524                   |
| Bef. + 7   | 132 700          | 2,786                   | 86 800                 | 1,836                   | 89 700             | 2,292                   |



Tabell 2.3: Energi- och servicekostnader för el- och naturgasuppvärmning för villor i Lund 1997

| Anmärkning               |      |                                                          |
|--------------------------|------|----------------------------------------------------------|
| <b>El</b>                |      |                                                          |
| <i>Tidstariff</i>        |      |                                                          |
| Fast avgift (kr/år)      | 4388 | 20 A                                                     |
| Energiavgift (öre/kWh)   | 77   | nov-mars, mån-fre, 06-22                                 |
|                          | 45   | övrig tid                                                |
| Fast avgift (kr/år)      | 3325 | 16 A                                                     |
| Energiavgift (öre/kWh)   | 77   | nov-mars, mån-fre, 06-22                                 |
|                          | 45   | övrig tid                                                |
| <i>Enkeltariff</i>       |      |                                                          |
| Fast avgift (kr/år)      | 1525 | 16 A                                                     |
| Energiavgift (öre/kWh)   | 55   |                                                          |
| <b>Naturgas</b>          |      |                                                          |
| Fast avgift (kr/år)      | 950  |                                                          |
| Energiavgift (öre/kWh)   | 40   |                                                          |
| Brandskyddskontroll (kr) | 68   | vart 3:e år                                              |
| Service (kr)             | 400  | service från gasleverantören<br>vartannat år (frivillig) |

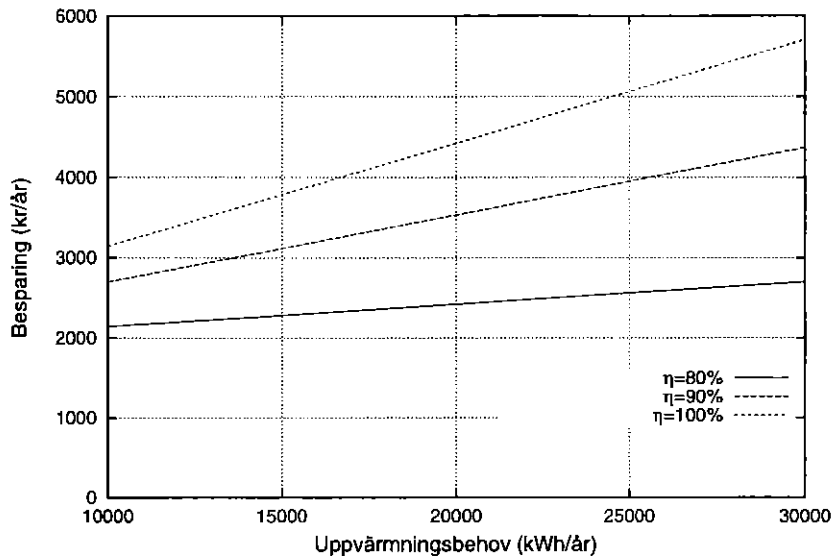
ningssystemet. Här presenteras en generell modell där dessa förenklingar inte finns.

Modellresultaten skall visa den procentuella förändringen av uppvärmningskostnaden vid olika energiprisrelationer med dagens naturgaspris som bas. Hänsyn tas till andelen ersatt elvärme i huset, årsverkningsgraden vid gasuppvärmning och elbehovet för det nya systemet. I slutet av rapporten ges beräkningar av den faktiska förändringen av uppvärmningskostnaden för två rekommenderade uppvärmningsalternativ.

Antag följande prisrelationer

$$A = \frac{c_h}{c_{gas}} \quad B = \frac{c_l}{c_{gas}}$$

där  $c_{gas}$  är energiavgiften för gas samt  $c_h$  och  $c_l$  är elpriserna under högpris-



Figur 2.2: Årlig förändring av uppvärmningskostnaden enligt enkel modell vid konvertering från direktel till gasvärme

och lågprisperioden. Vidare betecknas förhållandet mellan elens och gasens fasta årliga kostnad som

$$C = \frac{C_{el,fast,1}}{C_{gas,fast}} \quad D = \frac{C_{el,fast,2}}{C_{gas,fast}}$$

där index 1 och 2 avser den fasta årliga kostnaden före och efter konverteringen.

Uppvärmningskostnaden före konverteringen  $C_{el}$  är

$$C_{el} = C C_{gas,fast} + \frac{W_{hus}}{\eta_{el}} (A \tau_h c_{gas} + B \tau_l c_{gas}) \quad (2.1)$$

där  $W_{hus}$  är byggnadens nettovärmebehov och  $\eta_{el}$  är årsverkningsgraden för elvärmesystemet.  $\tau_h$  och  $\tau_l$  anger andelen av uppvärmningssäsongen som omfattas av högt respektive lågt elpris.

Elanvändningen i uppvärmningssystemet efter konverteringen beror på om hela elsystemet konverterats och på elkomponenterna, cirkulationspump,

brännarfläkt mm, i det nya värmesystemet. Elanvändningen efter konverteringen  $W_{el,konv}$  kan till största delen beskrivas med

$$W_{el,konv} = (1 - x_{gas}) \frac{W_{hus}}{\eta_{el}} + W_{el,gas} \quad (2.2)$$

där  $x_{gas}$  anger andelen av uppvärmningsbehovet som ersatts med gasvärme och  $W_{el,gas}$  är elanvändningen i det gasbaserade värmesystemet. Kostnaden för elanvändningen efter konverteringen  $C_{el,konv}$  blir då

$$C_{el,konv} = W_{el,konv} (A \tau_h c_{gas} + B \tau_l c_{gas}) + C_{el,fast,2} \quad (2.3)$$

Kostnaden för gas efter konverteringen,  $C_{gas}$  kan skrivas som

$$C_{gas} = C_{gas,fast} + \frac{x_{gas} W_{hus}}{\eta_{gas}} c_{gas} \quad (2.4)$$

Årlig förändring av uppvärmningskostnaden efter konverteringen  $C_{konv}$  kan då skrivas som

$$C_{konv} = C_{el} - C_{el,konv} - C_{gas} \quad (2.5)$$

eller

$$\frac{C_{konv}}{C_{el}} = 1 - \frac{C_{el,konv}}{C_{el}} - \frac{C_{gas}}{C_{el}} \quad (2.6)$$

vilket kan utvecklas till

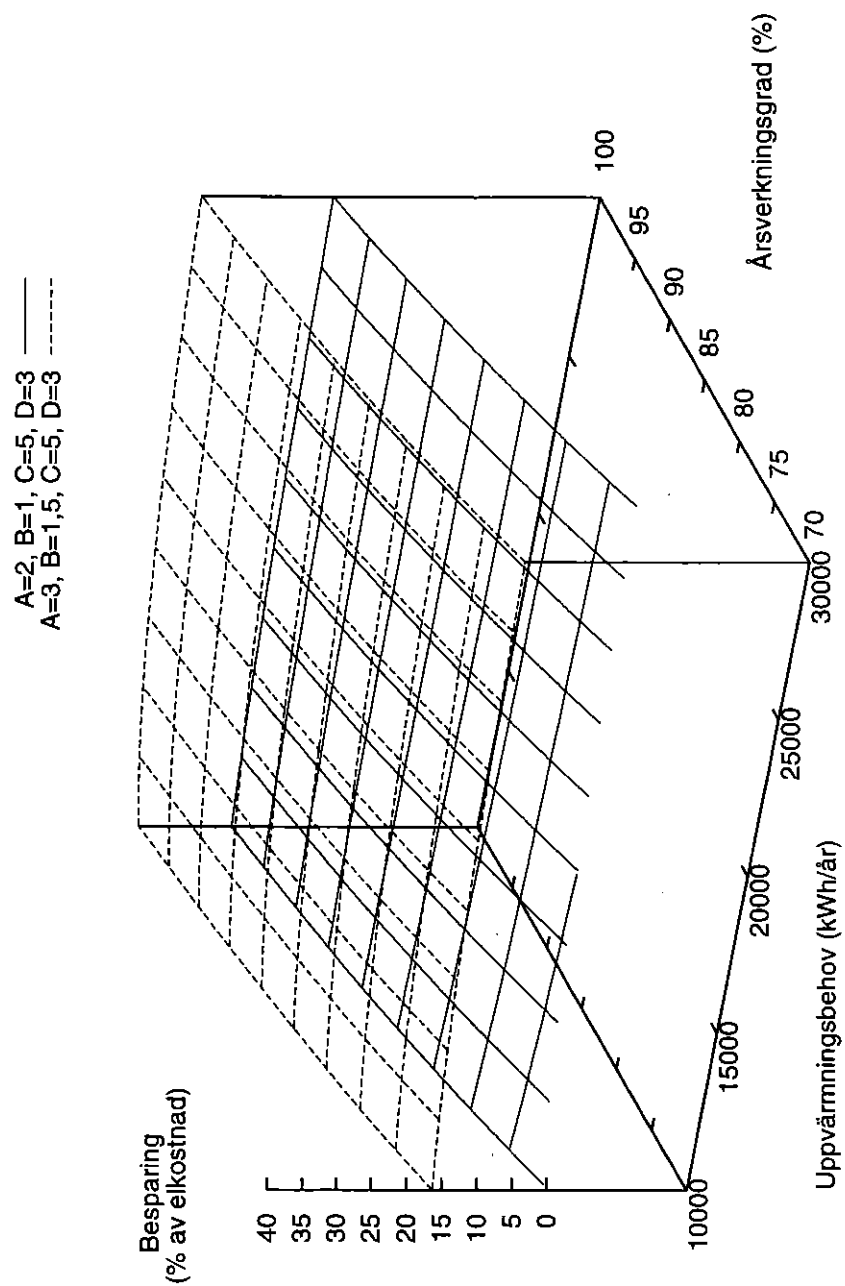
$$\frac{C_{konv}}{C_{el}} = 1 - \frac{K_1}{C c_{gas,fast} + \frac{W_{hus}}{\eta_{el}} c_{gas} K_2} \quad (2.7)$$

där

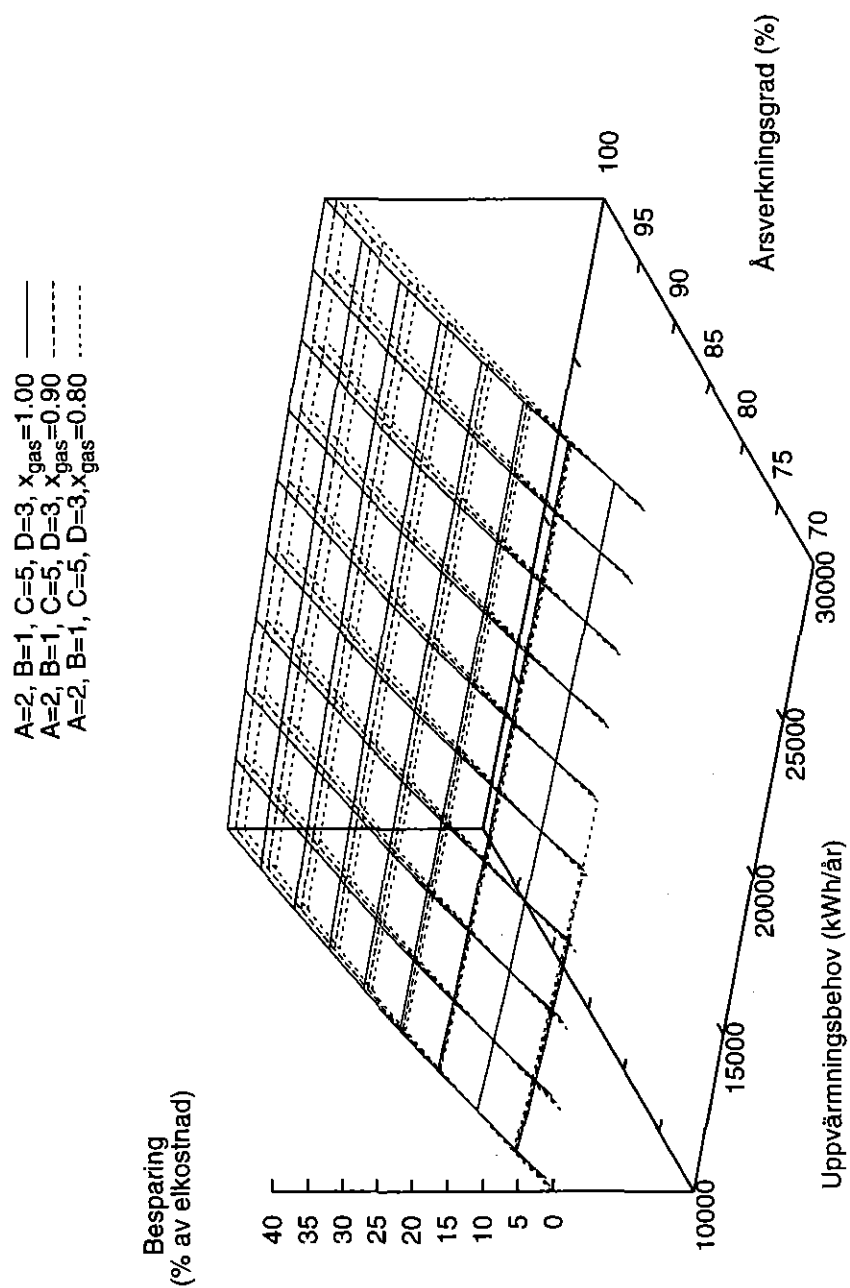
$$K_1 = \left( (1 - x_{gas}) \frac{W_{hus}}{\eta_{el}} \right) c_{gas} K_2 + C_{gas,fast} (1 + D) - \frac{x_{gas} W_{hus}}{\eta_{gas}} c_{gas} \quad (2.8)$$

$$K_2 = A \tau_h + B \tau_l \quad (2.9)$$

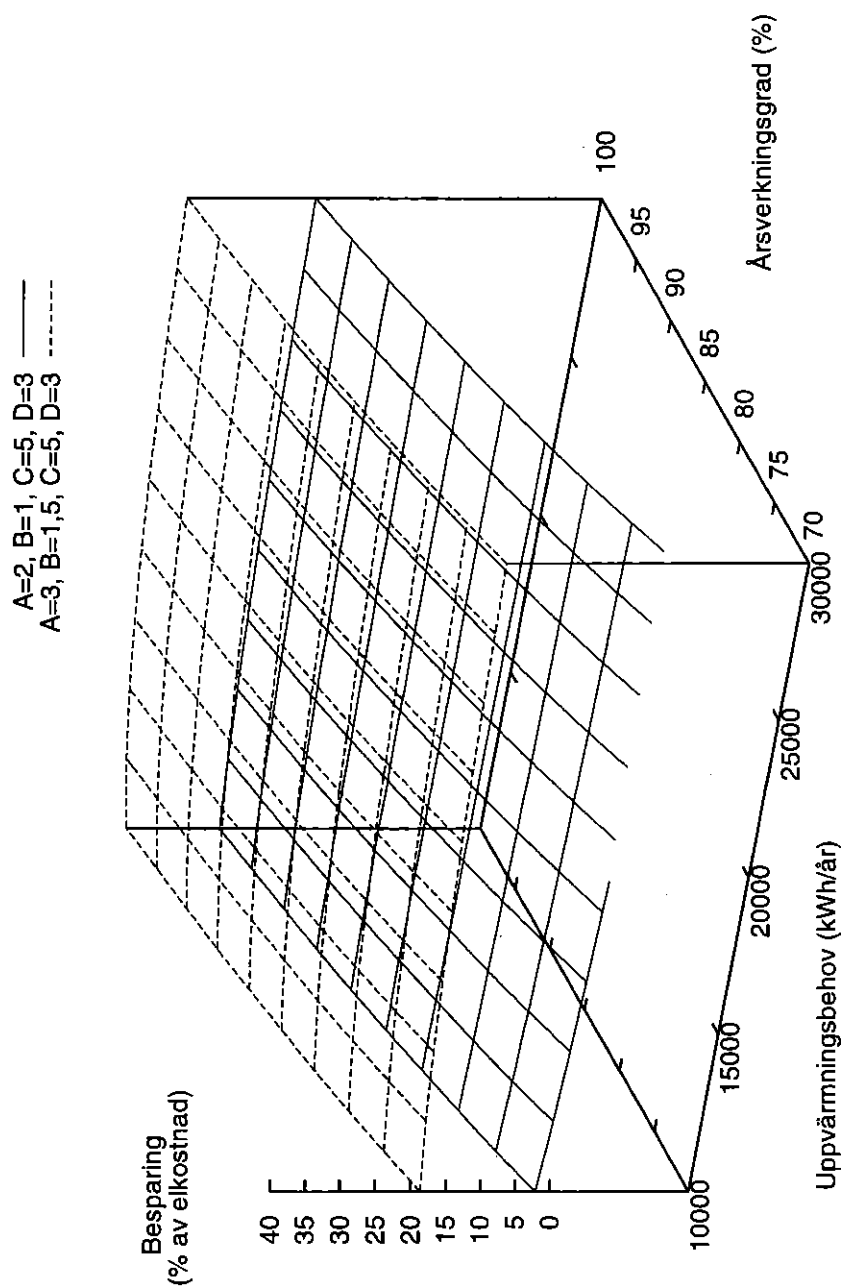
I figurerna 2.3 och 2.4 visas beräkningsresultat vid ersättning av direktverkande el med en antagen årsverkningsgrad av 100%. Figurerna 2.5 och 2.6 visar resultat då en elpanna med 95% årsverkningsgrad ersatts.



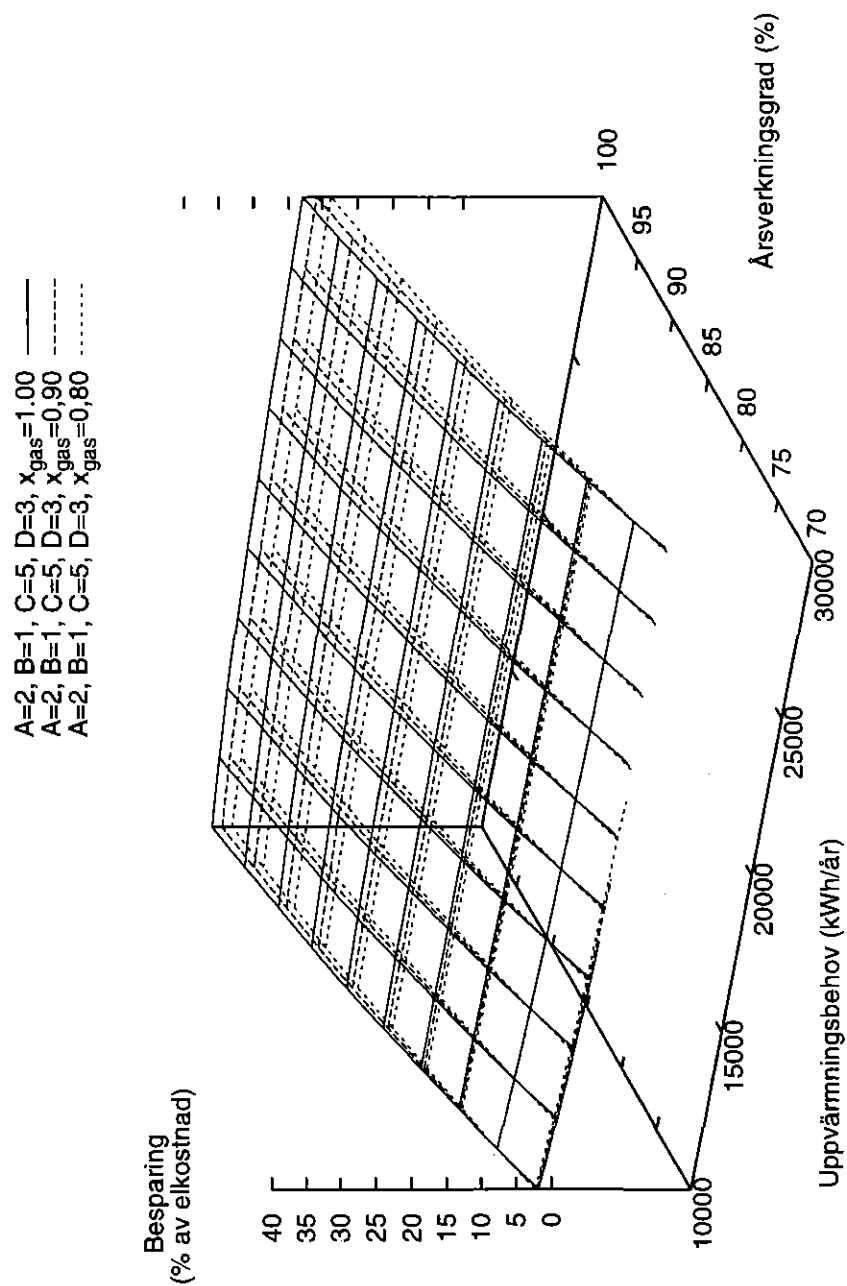
Figur 2.3: Förändring av uppvärmningskostnad då direktverkande el ersätts av gas vid olika prisrelationer och prestanda hos det gasbaserade uppvärmningssystemet.  $x_{gas}=0,90$



Figur 2.4: Förändring av uppvärmningskostnad då direktverkande el ersätts av gas vid olika prisrelationer och prestanda hos det gasbaserade uppvärmningssystemet.



Figur 2.5: Förändring av uppvärmningskostnad då en elpanna ersätts av en gaspanna vid olika prisrelationer och prestanda hos det gasbaserade uppvärmningssystemet.  $x_{gas}=0,90$



Figur 2.6: Förändring av uppvärmningskostnad då en elpanna ersätts av en gaspanna vid olika prisrelationer och prestanda hos det gasbaserade uppvärmningssystemet

## Kapitel 3

# Erfarenheter av tidigare konverteringar och studier

I detta kapitel redovisas publicerade erfarenheter av gjorda konverteringar samt idéer och projekteringar av konverteringar. De första exemplen behandlar gasanknutna arbeten och de efterföljande även andra bränslen och fjärrvärme. I en rapport från CADDET (Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies) [4] redovisas ett antal ombyggnationer av bostadshus. I de fall värmesystem bytts har man valt traditionella centralvärmesystem.

Fjärrvärme anges från många håll vara attraktivt ur miljösynpunkt vid konvertering av grupphusbebyggelse genom möjligheten att då använda bio-bränslen.

Gasol kan vara lämpligt som bränsle utanför naturgasområden eller som förtida inkoppling.

### 3.1 Konverteringar och konverteringsstudier till gasvärme

#### 3.1.1 Sisjön

I en studie från 1989 projekterades en konvertering till gas i området Sisjön i södra Göteborg [5]. Området innehåller 356 radhus byggda 1977–78 i tre del-



områden. Rapporten innehåller omfattande kostnadsstudier av gasledningsdragning till de olika husen samt konverteringskostnader. Studien omfattar endast konvertering till ett vattenburet värmesystem.

Husen beräknades ha ett uppvärmningsbehov av 7,2 kW (gavelhus och friliggande hus) samt 6,0 kW (mellanhus). Detta ger ett årligt nettoenergibehov på 15 600 kWh respektive 13 000 kWh. Tappvarmvattnet produceras i en separat beredare och förväntades kräva ytterligare 3 kW (4 000 kWh/år). Detta ger ett effektbehov på 11,1 kW och 9,8 kW inräknat en pannverkningsgrad (100% last) på 92%. Totalt blir energibehoven 23 000 kWh/år (gavelhus) och 20 000 kWh/år (mellanhus) med en antagen årsverkningsgrad på 85%.

En diskussion förs om husen skall anslutas till gasnät med maximalt 100 mbar eller 4 bar övertryck. Vidare jämförs enskilda abonnentcentraler för varje hus med en gemensam abonnentcentral för varje radhuslänga.

I hus byggda med direktelvärme finns inga avgaskanaler som kan utnyttjas. Pannor med slutna förbränningsrum och avgasterminaler valdes i detta fall. En Vaillant väggpanna användes i beräkningarna.

Man valde ett tvårörssystem. Kostnadsskillnaderna för olika radiatorsystem är relativt små. I rapporten anges 2 000 kr/radiator (1989) som tumregel men i de aktuella husen beräknades radiatorerna kosta 2 100 kr/radiator. Luftvärme anges kosta i det närmaste lika mycket som radiatorsystem.

Kostnaderna för tre olika konverteringsalternativ beräknades till 50 000–65 000 kr (1989). I det billigaste alternativet antogs att den befintliga varmvattenberedaren behölls. Man kalkylerar i rapporten med att genom en konvertering till en gaspanna och ny varmvattenberedaren undviks en reinvestering av elradiatorer och elvarmvattenberedare till ett sammanlagt värde av 17 000 kr. Det billigaste konverteringsalternativet får då en nettoinvestering på 44 400 kr. Detta inkluderar inte anslutningskostnad till gasnätet. Rapporten innehåller också beräkningar av nödvändig prisdifferens mellan el och gas. En pay-off-beräkning visar att gaspriset behöver vara 24 öre/kWh lägre (exkl. moms) än elpriset vid 10 års tid. Vid 15 års pay-off-tid blir prisskillnaden 16 öre/kWh. Vid 88% årsverkningsgrad blir prisskillnaden för de två tidsperioderna 27,3 öre/kWh och 18,2 öre/kWh.

Den totala konverteringskostnaden för området blir lägst vid anslutning till gasnät med högst 4 bar tryck.

### 3.1.2 Kälvesta

Stockholm Energi projekterade en konvertering av direktelvärmda hus i samband med en NUTEK-tävling 1991 [6]. Någon konvertering genomfördes aldrig. I det valda området, Kälvesta i nordvästra Stockholm, valdes 103 radhus. Husen byggdes 1972–74. Boytan är ca 150 m<sup>2</sup>, i två plan och källare. Husen har platta tak. Elanvändningen beräknades till 20 000 kWh/år exklusive hushållsel.

I konverteringsförslaget sökte man sänka kostnaden för rördragning genom följande åtgärder:

- Gasledningen dras över hustaken på vissa sträckor.
- Pannan placeras på ovanvåningen eller taket för att erhålla en kort avgaskanal.
- Radiatorkretsen dras runt källartaket och förbinder sedan vertikalt de fönsterplacerade radiatorerna.

Några olika placeringar av pannan ansågs lämpliga. Om husägaren önskar behålla varmvattenberedaren väljs en väggpanna som placeras i badrummet eller i klädkammaren. Om varmvattenberedaren också byts vid konverteringen väljs en enhet med panna och varmvattenberedare inbyggda med ytermått som en garderob. Denna placeras på varmvattenberedarens plats, alternativt i klädkammaren eller i en garderob.

I samband med konverteringsstudien sändes en enkät till de boende med frågor om inställningen till konvertering och i vilken omfattning elutrustning (elradiatorer, varmvattenberedare, spis m m) bytts sedan husets byggdes. Svaren visade att 45% av de boende var intresserade att byta elvärmen om det inte blev dyrare, 42% kunde inte ta ställning p g a att de ansåg sig ha för litet information och resterande 13% ville inte byta ut direktelvärmen.

Sedan husen byggdes (1974) hade framför allt spis och tvättmaskin bytts, 64% respektive 95%. Varmvattenberedaren hade bytts i 25% av husen och 8% av samtliga elradiatorer hade bytts. De boende ansåg att varmvattenberedare och spis var i störst behov av förnyelse, 25% respektive 23%. Endast 5% ansåg att elradiatorerna behövde förnyas.

### 3.1.3 Lund

I en tidigare SGC-utredning [7] gjordes en sammanställning av erfarenheter av gasuppvärmning där även konverteringsfall ingick. Följande text är huvudsakligen hämtad ur denna rapport.

Lunds Energi konverterade fem småhus med elvärme till naturgasbaserad uppvärmning [8]. Projektet, som hade finansiellt stöd av Svensk Energiutveckling (SEU), inleddes 1989 och samtliga fem hus var konverterade februari 1992. De fem husen hade väldokumenterad energianvändning och olika konstruktion för att kunna prova olika konverteringsmetoder och -tekniker. De följande avsnitten beskriver de olika husens utgångsförutsättningar och konverteringsmetoderna.

#### Hus A

Huset är ett enplans, källarlöst kedjehus på 129 m<sup>2</sup>. Taket har liten vinkel. När huset byggdes 1978 installerades direktverkande el om totalt 10,5 kW. Varmvattenberedarens volym var 300 liter och den värmdes med en 3 kW elpatron.

Vid konverteringen installerades ett luftvärmesystem. Ett kanalsystem placerades på vinden med totalt sju tillluftsdon till husets olika rum. Luften värmdes i ett separat aggregat med vatten från en gaspanna som placerats i garaget. Aggregatet placerades i tvättstugan. Gaspannan var en Pulsonex med pulsbrännare. Pannan är likadan som Pulsonex oljeeldade panna. Varmvattenberedningen sker momentant i en plattvärmeväxlare. Konverteringen var inte fullständig, d v s en liten del eluppvärmning behölls.

#### Hus B

Hus B är ett enplans radhus på 134 m<sup>2</sup>. Huset byggdes 1960 och försågs då med en oljepanna och konventionellt radiatorsystem. Oljepannan byttes under 1970-talet till en elpanna (7,5 kW) sammanbyggd med en varmvattenberedare (300 liter, 3 kW). Radiatorsystemet behölls.

Konverteringen innebar att elpannan ersattes av en pulsationspanna med ett kondensationssteg för att ytterligare höja verkningsgraden. På grund av risk för ljudstörningar från pannan placerades denna i en liten separat tillbyggnad mot pannrummets yttervägg.

## Hus C

Hus C byggdes 1930 med konventionellt vattenburet värmesystem, som dock ersattes av direktverkande el (12 kW) i samband med en omfattande renovering omkring 1980 där det gamla radiatorsystemet togs bort. Huset är på 1,5 plan med en bostadsyta på totalt ca 200 m<sup>2</sup> inklusive inredd källare.

Luftvärme ansågs olämpligt för detta hus beroende på planlösningens karaktär med många prång och passager. Ett vattenburet system med en icke-kondenserande gaspanna inklusive en varmvattenberedare användes. Skorstenen försågs med insatsrör. Värmen distribuerades i ett system med plaströr monterade bakom en täcklist vid golvet och konvektorer av plåt. Värmesystemets vatteninnehåll är lågt jämfört med vanliga radiatorsystem.

## Hus D

Detta hus är ett tvåplans radhus byggt 1972. Ytan är ca 240 m<sup>2</sup> inklusive källare. Då huset byggdes installerades direktverkande el (12 kW) och en varmvattenberedare (500 liter, 2×3 kW).

Husets öppna planlösning ansågs vara en god förutsättning för luftvärme. Övervåningen, som innehåller sovrum försågs med ventilationsöppningar och spalter kring dörrar för att möjliggöra luftcirkulation medan det räckte med centralt placerade tilluftsdon på övriga våningsplan. Den befintliga varmvattenberedaren kunde kopplas till den nya gaspannan. Denna var en Nefit Turbo med avgaskondensering.

## Hus E

Huset (1,5 plan) byggdes 1978 och är friliggande med en bostadsyta om 179 m<sup>2</sup>. Vid uppförandet installerades direktverkande el (13,5 kW). Varmvattenberedaren har volymen 300 liter och en 3 kW elpatron.

En golvvärmelist användes för värmedistributionen i huset. Listen ersätter den befintliga golvlisten och har en maximal värmeeffekt av 100 W/m. Även här valdes en panna av modellen Nefit Turbo, dock med tillhörande varmvattenberedare.

## Drifterfarenheter

Gemensamt för alla anläggningar anges att konverteringen varit mer komplicerad och tidskrävande än planerat. Värmedistributionen i husen med luftvärme har haft vissa brister, bla kunde tilluftsdonen i hus A på grund av den låga takvinkeln inte kunnat placeras tillräckligt nära ytterväggarna för att kompensera kallraset. Efter justeringar har dock många av problemen undanröjts. Av husen med vattenburen värme är det endast hus E som gett märkbara problem med komforten och då med läckage i skarvar och ljudstörningar som följd av materialexpansion vid temperaturändringar.

Pannorna har uppvisat olika former av problem. I hus A och B användes pulsationspannor från Pulsonex. Pannmodellen var vid konverteringen ny och många driftstörningar uppkom, som dock kunde minskas genom ändringar av konstruktionen. Ljudet från pannan ansågs också som störande. Numera har Pulsonex pannor ljuddämpare och är troligen tystare än de provade pannorna. Nefit Turbo har ett litet vatteninnehåll och tillsammans med antingen litet vattenflöde eller liten värmekapacitet i värmesystemet uppkommer korta drifttider. Detta är ur verkningsgradssynpunkt en dålig driftsituation. I hus B där en panna med stort vatteninnehåll (hög värmekapacitet) kopplades till det befintliga radiatorsystemet upplevdes inga sådana driftproblem. Här hade troligen en Nefit Turbo givit goda driftresultat. Uppvärmningsbehovet bestäms bla av den termiska komforten. Hur denna förändrats efter konverteringen är inte undersökt, men en del problem påpekas i nästa avsnitt.

## Kostnader och ekonomi

Tabell 3.1 innehåller kostnader och energianvändning för de olika konverteringsfallen. Minskningen av elanvändningen varierar och är naturligtvis beroende av andelen hushållsel i ursprungssystemet. Reduktioner upp till 90% är möjliga då vattenburna värmesystem installerats. Förbränningsverkningsgraden för de olika installationerna är angivna i tabellen. Då flera mätningar är gjorda är medelvärdet angivet i tabellen.

I hus A ökade energianvändningen kraftigt efter konverteringen. En låg pannverkningsgrad är troligen inte orsaken eftersom pannan har mycket små stilleståndsförluster och är välisolerad. Årsverkningsgraden uppskattades till 85–90%. Däremot noterades temperaturskiktning i rummen, vilket kan ha ökat uppvärmningsbehovet.

I hus B ökade energianvändningen för uppvärmning med ca 4%. Eftersom en

kondensationspanna användes indikerar detta att årsverkningsgraden är ca 95%. Installationen ger goda förhållanden för pannan.

I hus C ökade energianvändningen för uppvärmning från 12500 kWh/år till 20000 kWh/år. Om dessa värden jämförs skulle årsverkningsgraden vara ca 60%. Pannan, Albin Modul, har ett stort vatteninnehåll och är relativt okänslig för ett värmesystem med låg värmekapacitet och litet vattenflöde. Man förväntade sig en årsverkningsgrad på 80%. Möjligen kan en konstant hög panntemperatur vara en förklaring.

I hus D användes en del elvärme för att förbättra komforten i huset. Det innebar att energianvändningen för uppvärmning ökade ca 30% efter konverteringen.

I hus E ökade energianvändningen markant. Om detta beror på att husets uppvärmningsbehov ökat p.g.a annat inomhusklimat eller att pannan arbetat under dåliga driftförutsättningar är oklart. Det senare har med största sannolikhet inverkat.

På den ekonomiska sidan visar sammanställningen att konverteringskostnaderna (beräknade för en färdigutvecklad konverteringsteknik) var minst 80000 kr som lägst då ett nytt värmedistributionssystem installeras. Konverteringarna är gjorda under en tid då byggkostnaderna var höga. De sänkta energikostnaderna kan inte försvara denna investering. Återbetalningstiden blir i det bästa fallet (hus B) ca 19 år. Konverteringen av hus B hade kunnat göras billigare genom att den nya pannan placerats på den gamla pannans plats. Återbetalningstiden skulle då kunna sänkas till uppskattningsvis 10–15 år. I övrigt är återbetalningstiderna orealistiskt långa. På grund av problemen med hus A återställdes detta senare.

Konverteringarna visade att det inte finns några betydande tekniska problem. Däremot kan inte de valda systemlösningarna ge kostnadsbesparingar för kunden som denne rimligen kan acceptera med hänsyn till investeringen.

|                                         | A        | B            | C           | D        | E         |
|-----------------------------------------|----------|--------------|-------------|----------|-----------|
| Ursprungligt system                     | dir. el  | el + rad.sys | dir. el     | dir. el  | dir. el   |
| System efter konvertering               | varmluft | oför.        | konvektorer | varmluft | värmelist |
| Utvecklad (beräknad) kostnad (kr)       | 77000    | 60000        | 140000      | 106000   | 121000    |
| Energianvändning före konv. (kWh/år) el | 22900    | 34750        | 21500       | 18100    | 25400     |
| varav värme                             | 14600    | 24700        | 12500       | 8600     | 17400     |
| Energianvändning efter konv. (kWh/år)   |          |              |             |          |           |
| el                                      | 13900    | 4900         | 7500        | 8400     | 8100      |
| gas                                     | 18800    | 25600        | 20000       | 8900     | 14000     |
| därav kompletteringsvärme (kWh)         | 5000     | —            | —           | 2000     | 60        |
| Förbränningsverkningsgrad (%)           | 94,0     | 103,1        | 94,0        | 104,0    | 106,3     |
| Reduktion el (%)                        | 40       | 86           | 70          | 48       | 60        |
| Energikostnad före konv. (kr/år)        | 7700     | 13300        | 8500        | 5800     | 7100      |
| Energikostnad efter konv. (kr/år)       | 10900    | 10100        | 8100        | 5550     | 6150      |
| Besparing (kr/år)                       | -3200    | 3200         | 400         | 250      | 950       |
| Pay-off-tid för konverteringen (år)     | —        | 19           | 350         | 424      | 127       |

Tabell 3.1: Ekonomiska data för de konverterade elvärmda husen i Lund

### 3.1.4 Uppdrag 2000

I Vattenfalls "Uppdrag 2000" genomfördes ett pilotprojekt i syfte att minska elanvändningen i befintliga småhus.

#### Tierp

I Tierp konverterades 7 st källarlösa villor till gasvärme [9]. Olika systemlösningar provades. Projektet liknar den studie som gjorts i Lund. I två hus med elpannor installerades väggpannor, två hus med direktelvärme försågs med värmelister och väggpannor, två hus med direktelvärme fick radiatorer och traditionella gaspannor och slutligen fick ett hus med direktelvärme ett luftvärmesystem. Det ingår inte i denna rapports syfte att utreda tillförsel av gas varför gasolddistributionssystemet i Tierp inte berörs vidare.

Rapporten innehåller inte data för att uppskatta gasförbrukningen och därmed förändringar av energianvändningen efter konverteringen. Inte heller finns uppgifter om funktion och drifterfarenheter. Kostnaderna för konverteringarna ges i tabell 3.2.

Tabell 3.2: Kostnader för konvertering av värmesystem i småhus i Tierp

| Konvertering                        | Kostnad<br>(kr) |
|-------------------------------------|-----------------|
| Elpanna → väggpanna                 | 35 200          |
| Elpanna → väggpanna                 | 31 200          |
| Direktel → väggpanna + värmelist    | 82 400          |
| Direktel → väggpanna + värmelist    | 85 100          |
| Direktel → Trad. panna + radiatorer | 120 600         |
| Direktel → Trad. panna + radiatorer | 135 500         |
| Direktel → luftvärme                | 76 200          |

I konverteringskostnaden ingår inte kostnader för gasolddistributionen. Fullt utnyttjat uppskattades kostnaden för detta system till 22 000 kr/hus.



## **3.2 Konverteringar till andra energilag än gas**

### **3.2.1 Bränslebaserade system med central värmecentral, KTH**

Bränslebaserade uppvärmningssystem vid konvertering av elvärmda småhus har studerats vid Inst. för uppvärmning och ventilation, KTH, bla i [10]. Systemlösningen innebär att en värmecentral byggs i anslutning till huset och att ett varmluft- eller radiatorsystem installeras i huset. Värmecentralen innehåller panna, bränsleförråd, skorsten, varmvattenackumulator och andra delar. Värmecentralens golvyta är ca 2×2,4 m. En bild av en installerad värmecentral visas i figur 3.1.

I [10] förs en diskussion om påverkan på närmiljön avseende avgasspridning och placering av värmecentralen vid olika typer av småhus. I det senare fallet måste hänsyn tas till korta anslutningar till uppvärmningssystemet, estetiska värden, enkel håltagning i väggar, utsikten från huset, skorstenens höjd och stagning samt tillförsel av bränsle till värmecentralen.

#### **Kommentarer**

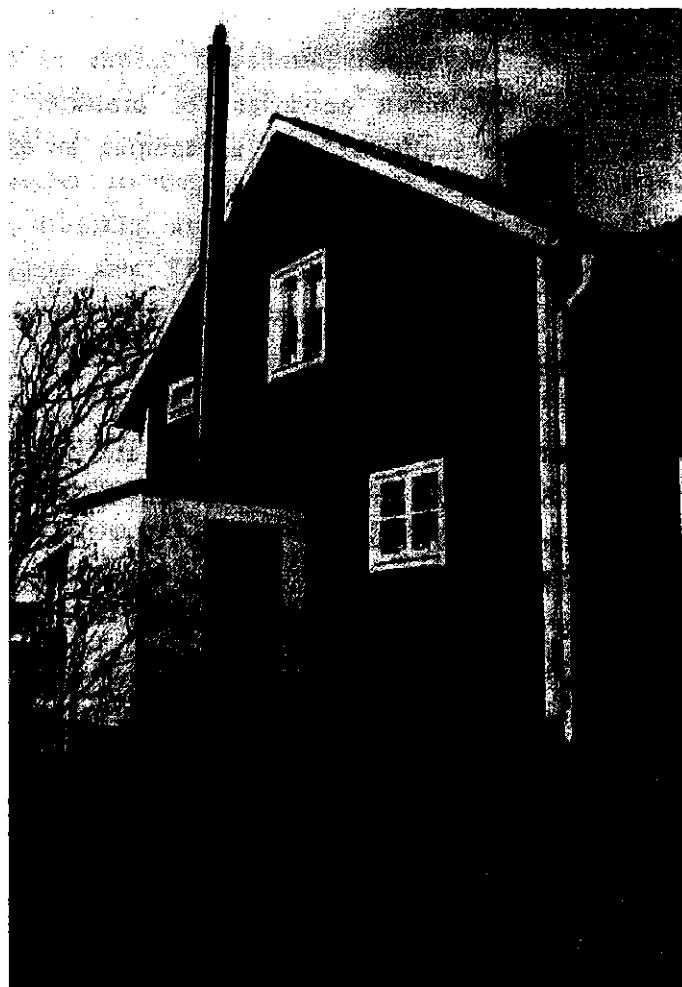
En värmecentral torde inte vara ett alternativ vid konvertering till gasvärme eftersom gas normalt inte kräver ett bränsleförråd.

Placeringen utanför husets boendedel innebär att höga krav måste ställas på pannans värmeisolering. Värmeförlusterna kan inte delvis tas tillvara och systemverkningsgraden riskerar att bli onödigt låg.

### **3.2.2 Direktelvärmda flerbostadshus i Råslätt**

I Råslätt utanför Jönköping genomfördes konvertering från direktelvärme till luftvärme i ett flerbostadshus med ett efterföljande mätprogram [11]. Bakgrunden var bla en konstfrusen bandybana där spillvärmen från kylanläggningen kan tillvaratas för bostadsuppvärmning. Denna är tänkt att kompletteras med en oljeeldad panncentral.

Husen värms med direktverkande elradiatorer under fönstren. Ventilations-



Figur 3.1: Nybyggd värmecentral enligt konverteringsmetod från KTH

systemet består av ett till- och frånluftsystem med värmeväxling mellan in- och utgående luftflöden. Ventilationsluftens temperatur var  $20^{\circ}\text{C}$  eller något däröver. Ventilationen är gemensam för varje trapphus med ett centralaggregat placerat på taket. Tappvarmvatten produceras genom en för varje hus gemensam undercentral med elpanna och varmvattenackumulator. Konverteringen innebär att ventilationsluften utnyttjas för uppvärmning och el-radiatorerna endast fungerar som kallrasskydd. Värme från värmepumpen distribueras till husens undercentraler där varmvatten värms och nya varmvattenledningar dras till värmebatterier i ventilationssystemets centralaggregat. Även värmebatterier för individuell eftervärmning av tilluften till varje lägenhet ansluts till dessa nya varmvattenledningar.

I rapporten [11] redovisas ombyggnad och mätningar i ett trapphus omfattande 20 lägenheter. I hela området finns 2300 lägenheter med direktelvärm. Efter konverteringen injusterades luftflödena motsvarande minst 0,8 luftomsättningar per timme. Tilluftstemperaturen var maximalt 35°C. Beräkningar visade att med 60°C framledningstemperatur till centralaggregatet kunde uppvärmningsbehovet täckas helt med luftvärme ned till -1°C utomhustemperatur. Med 80°C framledningstemperatur täcktes uppvärmningsbehovet till -8°C. Under mätperioden (mars-april 1987) svarade elradiatorerna för 10-15% av uppvärmningsbehovet.

Temperaturerna i sex lägenheter mättes för att bedöma inomhusklimatet. Rumstemperaturen var korrekt i alla rum utom köket om eftervärmningsbatteriet var rätt dimensionerat. Tilluftsdon i köket löser detta. Temperaturskillnaden mellan golv och tak översteg inte 3°C vid något tillfälle under mätperioden.

### Kommentarer

Att utnyttja ett befintligt ventilationssystem att också distribuera värme kan vara lockande i framför allt nyare småhus med mekanisk ventilation.

### 3.2.3 Oljeuppvärmning i Ekerö

Mätcentralen vid CTH (Chalmers Tekniska Högskola) utvärderade en konvertering från direktel till oljeuppvärmning i slutet av 1980-talet [12]. Huset är beläget i Ekerö kommun utanför Stockholm. Huset uppfördes 1985 och har 153 m<sup>2</sup> boyta på 1½ plan. Effektbehovet vid -20°C utomhustemperatur är beräknad till 6,6 kW. Huset är försett med mekanisk ventilation och en frånluftsvärmepump för tappvarmvattnet.

Elradiatorerna ersattes av konvektorer sammankopplade i ett ettrörssystem. En elkassett med 3 kW maximal effekt och en dieleldad sk peakheater på ca 5 kW installerades för uppvärmningen. Peakheatern används när effektbehovet överstiger 3 kW men kan också utnyttjas som förstahandsval när tidstariiff används. Peakheatern monterades i ett apparatskåp på husets yttervägg med en utanpåliggande oisolerad skorsten. Oljetankens volym och placering redovisas ej. Värmesystemet regleras med en inomhustermostat på bottenvåningen. Reglersystemet var detsamma som vid direkteluppvärmningen. Konverteringskostnaden redovisas inte i rapporten.

Utvärderingen visade att problem främst uppstod med peakheatern och avgassystemet. På grund av att avgastemperaturen var alltför låg skadades den först installerade peakheatern och den ersattes av en förbättrad version med högre avgastemperatur, ca 200°C. Den oisolerade skorstenen drabbades av isbildning varför denna ersattes av en isolerad skorsten. Trots att värmesystemet dimensionerats efter 55/45°C fram- och returledningstemperatur uppmättes 65°C framledningstemperatur under den kallaste perioden. Skillnaden mellan fram- och returledning var då 6°C. Verkningsgraden för hela systemet under mätperioden (880501–900430) uppmättes till 79%. Detta inkluderar de driftproblem som den första peakheatern drabbades av. En högre verkningsgrad bör därför kunna uppnås. Författarna påpekar att ett värmesystem med peakheater kräver en reglercentral som på ett effektivt sätt kan styra värmeproduktionen från de olika värmeapparaterna.

### **Kommentarer**

Denna lösning är troligen inte aktuell vid konvertering till gaseldning. I stället för peakheatern monteras en vanlig väggpanna, som både har högre verkningsgrad och en mer utprovad teknik.

Årsverkningsgraden för ett system av denna typ är bl.a. beroende av hur mycket peakheatern används. Den förbättrade peakheatern anges ha 200°C avgastemperatur vid kontinuerlig drift. Detta ger en verkningsgrad på ca 90%. Eftersom peakheatern är monterad i ett ouppvämt utrymme riskerar värmeförlusterna att bli märkbara. Dock är peakheatern liten och endast i drift under delar av uppvärmningssäsongen, vilket reducerar förlusterna.

Det är svårt att beräkna årsverkningsgraden för uppvärmningen eftersom byggnadens uppvärmningsbehov samt elkassetts och peakheaterns värmeeffekter påverkar respektive komponents värmeproduktion. Dessutom påverkas driftstrategin av priserna för diesel och el.

### **3.2.4 Eldriven värmepump i Höllviken**

Sydskraft undersökte elbesparingen då elradiatorer kompletterades med en jordvärmepump och varmluftdistribution via en konvektor [13]. Värmepumpen installerades 1987 och därefter studerades elanvändningen under 2 år. I medeltal minskade elanvändningen för uppvärmning med 42%.

Intressantast är dock erfarenheterna av värmedistributionen i huset. Det

provade huset har  $1\frac{1}{2}$  plan och  $150\text{ m}^2$  boyta. Huset är uppfört 1968 och har en öppen planlösning. Värmepumpen placerades utanpå ytterväggen. Varm-luften leddes till en konvektor placerad i vardagsrummet. Värmepumpens nominella kapacitet var 4,7 kW.

Bästa värmespridningen erhöles då konvektorns fläkt arbetade på högsta hastigheten (3 lägen). Ljudnivån ansågs dock då vara oacceptabelt hög. De andra fläkthastigheterna kunde användas utan problem. Värme hade svårt att spridas till alla utrymmen i huset varför elradiatorerna måste vara i drift för att undvika kallras vid fönstren (2-glasfönster) då utomhustemperaturen var låg. Installationen kostade 40 000 kr (1987).

### 3.3 Övriga svenska konverteringsstudier

#### 3.3.1 Studie av alternativa värmesystem

I en studie av Stensson och Bernestål [14] utvärderades ett enkelt luftvär-mesystem som också kräver byggnadstekniska åtgärder vid konverteringen och ett uppvärmningssystem med radiatorer som inte kräver några övriga byggnadstekniska åtgärder. De definierade också ett typhus avseende ener-gianvändning, se tabell 3.3. Typhuset är byggt 1971–75 och är ett enplan-shus utan källare med  $135\text{ m}^2$  boyta. Det är byggt i trä och med isolering av mineralull. Effektbehovet är 9,0 kW exklusive hushållsel. Huset har själv-dragsventilation och en luftomsättning på 0,3 oms/h.

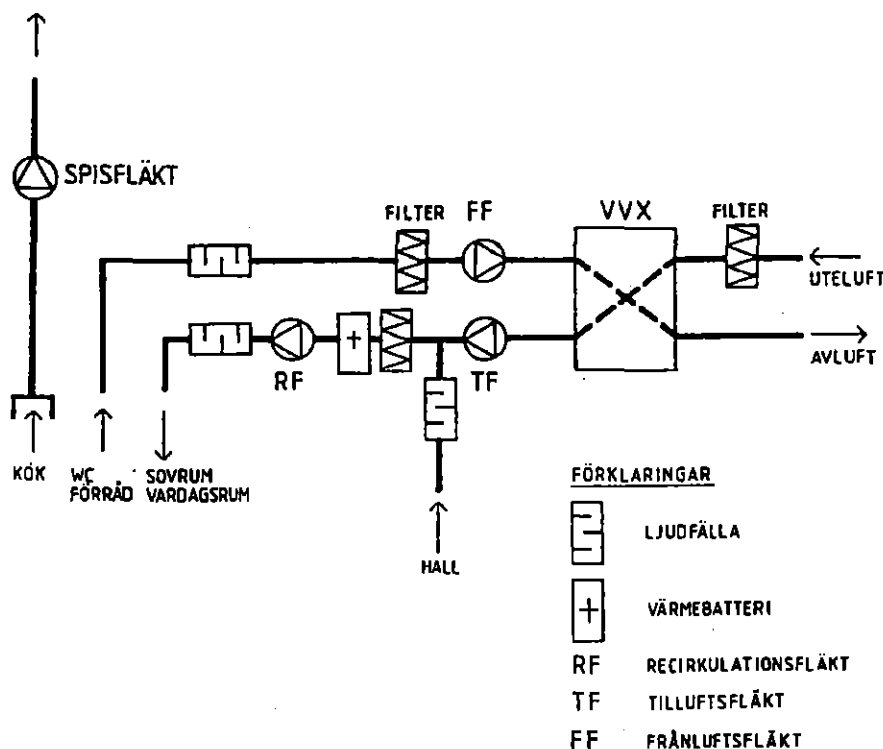
Tabell 3.3: Energianvändning i typhus med eluppvärmning enligt Stensson och Bernestål

| Användning  | kWh/år |
|-------------|--------|
| Värme       | 10 600 |
| Ventilation | 2 600  |
| Varmvatten  | 4 800  |
| Hushållsel  | 4 700  |
| Totalt      | 22 700 |

Till skillnad från andra svenska konverteringsstudier diskuterades även ut-nyttjande av solenergi.

Vid konvertering till ett luftburet system behövs enligt författarna ett byte

till 3-glasfönster med isolerglas. Då undviks kallras och kallstrålning från fönstren. Det föreslagna luftvärmesystemet har en utformning enligt figur 3.2. Systemets utformning överensstämmer väl med Fläkts Termoventsystem.



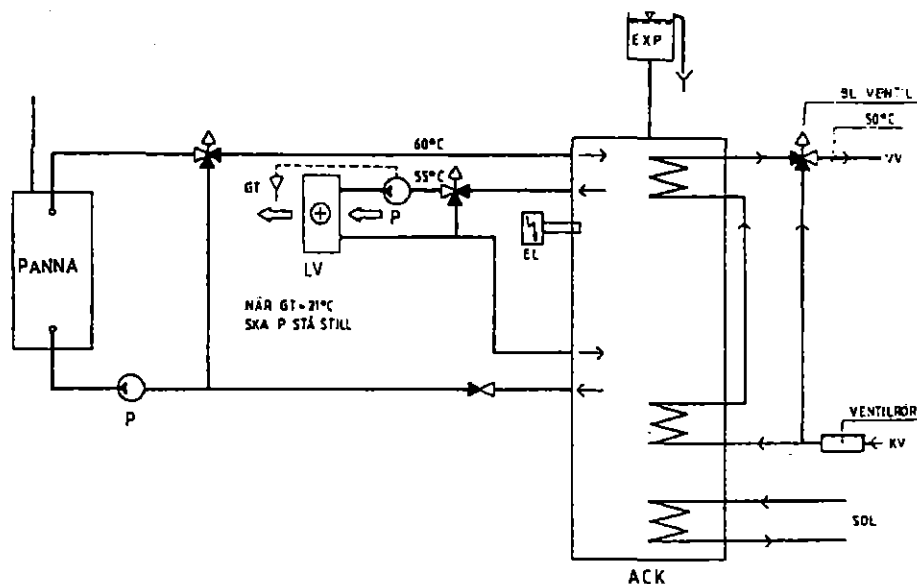
Figur 3.2: Luftvärmesystem enligt Stenssons och Berneståls studie

Författarna rekommenderar att radiatorsystem installeras i stället för luftvärme om effektbehovet överstiger 8 kW. I dessa fall blir luftflödena så stora att ljudproblem kan uppstå.

Varmvattenberedaren byts mot en ackumulatortank där varmvatten till uppvärmningskretsen tas och tappvarmvatten produceras med hjälp av en värmeväxlare. I figur 3.3 visas principkopplingen. Som framgår av figuren kan även solvärme tillvaratas genom en värmeväxlare i ackumulatortankens botten.

En lämplig ackumulatortank anges ha 500 liters volym vid 4 kW effektbehov och 1500 liter vid 8 kW effektbehov. För uppvärmning av ackumulatortanken kan pannor eller kaminer för gas, olja eller ved användas.

Ekonomiska bedömningar görs för två fall. Priser i 1990 års prisnivå. Alternativ 1 innebär luftvärme och små byggnadstekniska åtgärder (tilläggsisolering



Figur 3.3: Principschema över värme och varmvatten enligt Stenssons och Berneståls studie

av vinden, 3-glasfönster och nytt ventilationsaggregat) och alternativ 2 innebär installation av ett radiatorsystem och inga byggnadstekniska åtgärder. Konverteringskostnaden beräknades till 130 000 kr för alternativ 1 medan kostnaden för alternativ 2 beräknades till 80 000 kr. Panna, skorsten och ackumulatortank beräknas kosta 50 000 kr av detta. Författarna reducerar denna konverteringskostnad med minskad kostnad för ny elproduktionskapacitet, värderad till 40 000 kr. Man beräknar sedan det maximala priset för det nya bränslet till 21 öre/kWh för alternativ 1 och 42 öre/kWh för alternativ 2 vid elpriset 60 öre/kWh. Man har då antagit 6% ränta och 20 års avskrivningstid.

### Kommentarer

Den föreslagna systemlösningen med en ackumulatortank som omges av uppvärmningskrets, tappvarmvattenkrets och värmning med hjälp av en bränsleeldad panna finns idag med ett snarlikt utseende i ett par gaspannor. De tyska företagen Buderus (EWFE) och Viessmann har båda utvecklat enheter som består av en uppvärmd varmvattenberedare med värmeväxlare

för uppvärmningskretsen. Holländska Luigjes har nyligen utvecklat en panna som även möjliggör inkoppling av solfångare.

### 3.3.2 Fjärrvärme och luftvärme i stockholmsområdet

En studie gjordes 1988 [15] om möjligheterna att konvertera rad- och kedjehus till fjärrvärme och luftvärme. Författarna utgår från att man skall kunna utnyttja lågtemperaturfjärrvärme, vilket möjliggör distributionsledningar i plast och en möjlighet att koppla in systemet på fjärrvärmesystemets returledning. Det senare förbättrar förutsättningarna för kraftvärmeproduktion. Låga temperaturer kräver dock större installationer och rördimensioner. Studiens resultat kan också användas för värmeförsörjning av grupphusbebyggelse utanför fjärrvärmeområden.

Författarna föreslår ett system där en abonnentcentral ansluts till returledningen på ett befintligt fjärrvärmesystem. Varmvatten distribueras från abonnentcentralen till de olika husen i en kulvertförlagd plaströrsledning. Framledningstemperaturen hålls konstant, 50–55°C, hela året då tappvarmvatten också distribueras i plaströren. Varmvattnet från abonnentcentralen värmer inomhusluft i ett för varje hus centralt värmebatteri. Varmvatten distribueras i rummen med bakkantsinblåsning vid tak. Den befintliga varmvattenberedaren fylls på med framledningsvatten vid behov. Eventuell eftervärmning sker med befintlig elpatron. Kallrasen vid fönster begränsas genom att elradiatorerna behålls men med kraftigt reducerad eleffekt. Systemlösningen är vald med utgångspunkt från en diskussion om olika värmedistributionssystemers möjligheter till lätt installation, värmekomfort och även möblerbarhet. Gasdistributionsföretagen bör närmare undersöka lämpligheten av GRUDIS-teknik i nybyggd grupphusbebyggelse.

Två praktikfall studerades i rapporten, en del av ett radhusområde i Upplands Väsby och i Saltsjö-Boo i Nacka kommun. I Upplands Väsby studerades 2-plans radhus byggda omkring 1970. Energianvändningen för uppvärmning och varmvatten är ca 18000 kWh/år. Abbonentcentralen tänktes centralt placerad bland huslängorna. Markförlagda ledningar dras till varje huslänga och inom huslängorna dras ledningarna i källaren. Man ansåg att praktiskt taget hela energibehovet kunde täckas av den föreslagna konverteringen. Kostnaderna beräknades till 62000 kr/hus inkluderande distributionsledningen från fjärrvärmenätet till abonnentcentralen. Den husspecifika kostnaden beräknades till 50000 kr/hus.

Det studerade kedjehusområdet i Saltsjö-Boo består av 1-plans hus byggda



på platta och med ett uppvärmnings- och tappvarmvattenbehov av ca 20 000 kWh/år vardera. Här föreslås en anslutning till en närliggande blockcentral och en abonnentcentral i områdets södra del. Servisledningen till varje hus dras genom ytterväggen. I övrigt är installationen som i det förra exemplet. Konverteringskostnaden beräknades till 75 000 kr/hus varav 52 000 kr avsåg installationer i varje enskilt hus.

Den gjorda lönsamhetsbedömningen pekar på att det är samhällsekonomiskt intressant vid en kärnkraftsavveckling. För husägaren är det inte ekonomiskt intressant om inte ekonomiska styrmedel finns.

### Kommentarer

GRUDIS har ej fått någon bred spridning. Tekniken lämpar sig troligen väl tillsammans med kondensationspannor eftersom kallvatten värms och fungerar som värmebärare förutom som tappvarmvatten. Det tycks inte som om risker för legionella har utretts för denna systemtyp.

## 3.4 Internationella erfarenheter

De enda länder där det är känt att konverteringar utförts i någon större omfattning är Danmark och USA. Här ges en redogörelse för teknik, erfarenheter och ekonomi för konverteringarna i dessa länder.

### 3.4.1 Danmark

I Danmark har ett större antal direktelvärmda enfamiljshus konverterats till antingen naturgas- eller fjärrvärmeuppvärmning. Man har då valt ett tvårörs radiatorsystem.

Två tydliga motiv kan ses till de danska konverteringarna, dyr eluppvärmning och danska statens målsättning att sänka CO<sub>2</sub>-utsläppen. Elpriset i Danmark är ungefär dubbelt så högt som gaspriset, 1 Dkr/kWh respektive 0,50 Dkr/kWh. El produceras till stor del i koleldade kondenskraftverk med en verkningsgrad av omkring 40%. Naturgasen bildar dels mindre koldioxid, dels används med en årsverkningsgrad av 80–90% vid byggnadsuppvärmning.

Ett konverteringspaket har tagits fram som lämpar sig för typiska danska enplanshus. Om fler delar eller en större panna behövs tillkommer detta till fasta priser. I tabell 3.4 ges uppgifter för konverteringspaketet.

Tabell 3.4: Konverteringspaket från direktelvärme till naturgasuppvärmning i Danmark

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| <b>Grundpaket</b>                       |      |
| Vägghängd gaspanna, 10,5 kW             |      |
| Horisontell avgaskanal                  |      |
| 110 liter varmvattenberedare            |      |
| Reglersystem med utomhusstyrning        |      |
| 7 st radiatorer + rörledningar          |      |
| Arbete                                  |      |
| <b>Ev. tillkommande kostnader (Dkr)</b> |      |
| Vertikal avgaskanal                     | 3000 |
| Extra radiator med arbete               | 3500 |

Priset för grundpaketet är ca 50 000 Dkr. Priset gäller för styckvisa konverteringar. Planering, dimensionering och genomförande av konverteringen görs av en VVS-installatör. Konverteringen från elvärme till naturgas behöver endast anmälas till kommunen.

Erfarenheterna tycks vara goda. I många fall upplever de boende en förbättrat inomhusklimat med tex att problem med kalla golv försvunnit.

Som en följd av att uppvärmningskostnaden sjunkit så har de boende i många fall höjt inomhustemperaturen. Man har kallat denna ökade energianvändning "komfortfaktor". Denna anger det ökade nettouppvärmningsbehovet. Komfortfaktorns medelvärde är 1,10–1,20, dvs husets nettouppvärmningsbehov har ökat med 10–20%. Spridningen är dock stor. Det är osäkert om motsvarande värde skulle observeras i Sverige.

I januari 1996 infördes stöd för konvertering av elvärmda hus utanför områden med kollektiv värmeförsörjning [16]. Stödet delas ut under en femårsperiod och kan totalt omfatta 60 miljoner Dkr årligen. Husen skall konverteras till centralvärmeanläggningar baserade på biobränsle, olja eller värmepumpar. Knappt 1 000 konverteringar genomfördes under 1996. I 74% av konverteringarna valdes biobränsle, olja valdes i 22% och resterande installationer utnyttjar värmepumpar. Solvärme användes vid ca 20% av konverteringarna, vilket ansågs vara en låg siffra.

Bidraget omfattar dels en grund på 5000 Dkr dels ett tillägg på 60 Dkr per m<sup>2</sup> uppvärmd yta. Till detta kommer 10–40 Dkr/m<sup>2</sup> om förnyelsebar energi används. Dessutom kan ett standardbidrag på 30% av investeringskostnaden ges för förnyelsebar energi. Ett exempel på konvertering till biobränsleledning och solvärme gav en kostnad på ca 200 000 Dkr, varav ca 25% betalades av bidrag. Den sänkta energikostnaden anges kunna betala banklånet.

### 3.4.2 USA

Ett mycket stort antal bostäder i USA har konverterats från elvärme till gasvärme. Enligt [17] ökade antalet konverteringar från ca 10 000 årligen i början av 1980-talet till ett maximum på drygt 100 000 1993. En stor del av dessa gjordes i sydstaterna där uppvärmningsbehovet är litet. Under början av 1970-talet installerades rikligt med elvärme här. Totalt gjordes knappt 650 000 konverteringar från elvärme till naturgas under tiden 1980–1994. Under de flesta av dessa år konverterades betydligt fler bostäder från oljeuppvärmning till gas än från elvärme.

Prisrelationen mellan el och naturgas har varit ca 4 sedan mitten av 1970-talet. I [18] redovisas kostnader för el- och gasförbrukande apparater vid 1980-talets slut i USA. För enfamiljshus i Vermont uppskattades konverteringskostnaderna till \$3000–6400. En kort beskrivning av konverteringar i en amerikansk stad och valda tekniska lösningar ges nedan.

#### Burlington, Vermont

Staden Burlington i Vermont har ca 40 000 invånare. 1991 inleddes programmet "Heat Exchange" som syftar till att ersätta eluppvärmning. Hittills har ca 1500 bostäder konverterats. Följande information är hämtad ur [19, 20].

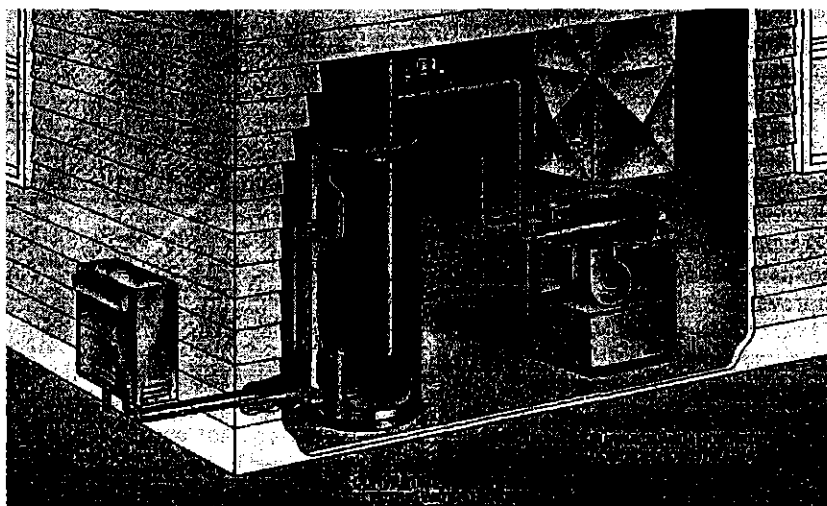
I området Northgate bor många låginkomsttagare. 1989 köpte de boende lägenheterna, bl a för att förhindra sanering som skulle omöjliggöra fortsatt boende till rimliga kostnader. Ombyggnationen av husen omfattade dels tilläggsisolering och andra åtgärder för att minska energianvändningen dels byte av uppvärmningssystemen som en form av effekthushållning (DSM, Demand Side Management). Byggnadsåtgärderna beräknades sänka uppvärmningsbehovet med drygt 20%.

Burlington Electric stödde aktivt konvertering från el- till gasuppvärmning för att minska effekttopparna vintertid. Man valde ett radiatorsystem

och en gaspanna med integrerad varmvattenberedare. Som en följd av sämre verkningsgrad än med det tidigare direktelsystemet beräknades energianvändningen minska med 6%. Uppvärmningskostnaden minskade betydligt mer tack vare prisskillnaden mellan el och naturgas. Totalt sett så är radiatorsystem och gaspanna den vanligaste konverteringslösningen men även varmluftssystem och individuell rumsuppvärmning förekommer.

### “Combo systems”

I Nordamerika har sk “Combo systems” vunnit ett stort intresse. Dessa system bygger på en varmvattenberedare där en vattenkrets via en värmeväxlare värmer varmluft för uppvärmning. Konvertering från el till gas kan göras med pannan Seahorse från Gas-Fired Products i USA [21]. Figur 3.4 visar ett system där uppvärmning och varmvattenberedning konverterats från el till gas.



Figur 3.4: Seahorse inkopplad för konvertering av elbaserad varmvattenberedare och uppvärmning till gas

Varmvattenberedarens elpatroner kopplas ur och vattnet värms med hjälp av gaspannan, som monteras mot ytterväggens utsida. Vidare kan uppvärmningsbehovet tillgodoses med en vattenkrets och en värmeväxlare som ersätter motsvarande elbaserad värmare i varmluftspannan.

I USA används Seahorse troligen huvudsakligen med gasol. Lämpliga hus är bl a “mobile homes”, som inte förekommer i Sverige. Systemet för konverteringen verkar enkel men är troligen ej lämpligt för svenska förhållanden

eftersom ett varmluftssystem också måste installeras. Troligen är ett komplett varmluftssystem både billigare och enklare att installera.

# Kapitel 4

## Tekniska lösningar

I kapitlet beskrivs de tänkbara systemlösningarna vid konvertering till gasvärme. I föregående kapitel beskrevs olika använda och föreslagna tekniker vid konvertering. Många av dessa innehöll en centralvärmeanläggning och en gaspanna. De föreslagna tekniska lösningarna innehåller även icke-konventionella lösningar.

### 4.1 Föreslagna systemlösningar

Ett antal systemlösningar kan tänkas vid en konvertering från direktelvärme till ett gasbaserat uppvärmningssystem. I listan som följer är dessa uppräknade. Då en gaspanna används förutsätts en väggpanna med sluten förbränning så att avgaskanalerna blir så enkla som möjligt.

1. Väggpanna och ett tvårörs radiatorsystem
2. Väggpanna med två eller flera konvektorer
3. Varmluftsystem med luftvärmning antingen med varmvatten (3A) eller direkt värmning med gasbrännare (3B). Fläkts system Termovent används som ursprungssystem. Detta kan komma att ändras. Luftvärmning med varmvatten förutsätter en separat väggpanna.
4. Gasradiatorer som direkt ersätter elradiatorerna. Kostnader och val av internt gasdistributionssystem förutsätts bli utredda i andra arbeten.

5. Gasradiatorer, en för två eller flera rum. Värmedistributionen sker med varmluft.
6. Direktelsystemet behålls och kompletteras med gasradiatorer. Elvärm-  
en används under lågpristid. Gas svarar för huvuddelen av uppvärm-  
ningen

Systemlösningarna 4, 5 och 6 har inte behandlats i tidigare svenska konvert-  
eringar eller konverteringsstudier.

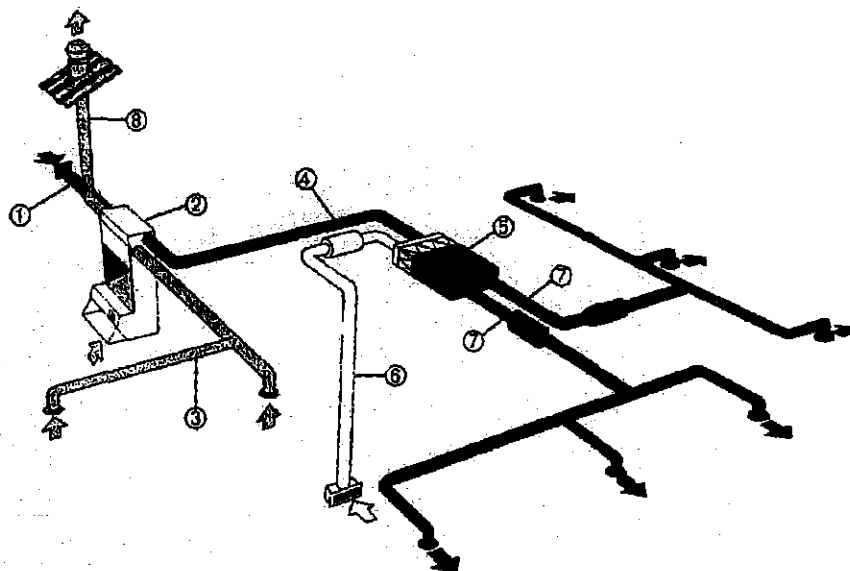
Den tredje systemlösningen innehåller två alternativ varför uppräknningen  
totalt omfattar sju system. Den första punkten innebär ett för Sverige  
traditionellt uppvärmningssystem medan de andra är mindre traditionella  
lösningar. Varmvattenberedningen kan i det första systemet klaras med en  
beredare kopplad till pannan. För de övriga systemlösningarna är en separat  
beredare den troligaste lösningen. Beroende på ålder och skick i övrigt kan  
den ursprungliga elberedaren behållas.

Det första systemet är ett traditionellt svenskt uppvärmningssystem med  
ett tvårörs radiatorsystem och en gaspanna. Varmvattenberedaren är kopp-  
lad på sedvanligt vis. Pannan placeras mot ytterväggen och avgaskanalen  
kan i de flesta fall utgöras av en horisontell avgasterminal. Reglersystemet  
kan antingen ha en rumstermostat eller en utomhusgivare. Rumstermostaten  
är billigare och bör närmare undersökas då det gäller att hålla konverter-  
ingskostnaden på en rimlig nivå.

Systemlösningen med gaspanna och konvektorer innebär en kombination av  
vattenburen och luftburen värme.

De varmluftssystem som föreslås under punkt 3 innebär att uppvärmnings-  
systemet kombineras med ventilation och medför för många av de aktuella  
husen att inomhusklimatet förbättras. Fläkts luftvärmesystem Termovent  
visas i figur 4.1. Systemet fungerar på följande sätt. Vid 1 tas uteluft in  
och förvärms av utgående luft i en värmeväxlare, 2. Luften värms sedan  
antingen med varmvatten eller el i luftvärmeaggregatet, 5. Vid ledningarna  
markerade med 7 distribueras varmluften till husets olika rum. Återluft tas  
in i kanalen 6 och blandas med inkommande förvärmad luft. Kanalen märkt 3  
transporterar frånluften via värmeväxlaren ut ur huset. Termoventsystemet  
finns med 3 eller 6 kW värmeeffekt. Andra system fungerar i huvudsak på  
samma sätt. Skillnaderna ligger främst i sättet att värma luften till rummen  
och om en frånluftsvärmeväxlare används. I system från företagen Stork och  
Brink, som tillsammans med Termovent finns i området Borgsund i Malmö,

värms tilluftskanalerna direkt med atmosfärsbrännare. Frånluften används då som förbränningsluft. Termoventsystemet har i Borgsund varit kopplad till Vaillants vägghärdar.



Figur 4.1: Fläkts luftvärmesystem Termovent

I en konverteringssituation kan luftkanalerna placeras bakom en list längs den övre väggkanten. De holländska systemen Brink och Storck är avsedda för nybyggnation och tämligen utrymmeskrävande. Mindre utrymme krävs troligen av kombinationen av en gaspanna med en vattenkrets som värmer luften på det sätt som görs i Fläkts system.

Systemlösning 4 innebär att de direktverkande elradiatorerna ersätts med gasradiatorer. Varje elradiator är tänkt att bytas mot en gasradiator. Gasradiatorernas effekt bör vara högst 1-1,5 kW.

I systemlösning 5 är gasradiatorerna större, 3-4 kW och kopplade till ett luftvärmesystem omfattande 1-3 rum.

Gasradiatorerna kompletteras av befintliga elradiatorer i systemlösning 6. Avsikten är att elradiatorerna endast fungerar som komforthöjare så att kallras kompenseras.



### 4.1.1 Kombination med andra energislag

De föreslagna systemlösningarna innehåller både centralvärmesystem (system 1–3) och decentraliserad värmeproduktion och -distribution (system 4–6). I de förstnämnda är det möjligt med exempelvis en panna för både gas och olja. Dock förutsätts en väggpanna i dessa system för att förenkla avgaskanalens utformning, vilket avgränsar systemen till att endast utnyttja gasformigt bränsle. I de decentraliserade systemen är gas det enda realistiska bränslet.

Solenergi lämpar sig väl för de lågtemperatursystem som installeras vid konvertering enligt system 1 och 2 (gaspanna och vattenburet system). Detta är framför allt fallet då en större varmvattenberedare är kopplad till gaspannan. Ungefär 2/3 av tappvarmvattenbehovet kan täckas med 8–10 m<sup>2</sup> solfångaryta. För systemlösningarna 4–6 är solenergitillskott troligen inte ett realistiskt alternativ.

## 4.2 Byggnadsintern gasdistribution

Ledningsdragning för gasdistributionen är en kritisk fråga för användandet av system att ersätta direktverkande el. För gas består lämpliga ledningar av raka stålrör, släta böjbara kopparrör eller böjbara korrugerade rostfria stålrör. Den sista varianten torde vara den minst kända av de tre. Denna ledningstyp utvecklades bl a i USA under 1980-talet. De flexibla ledningarna liknar de anslutningar som bl a används till gasspisar men har ytligare refflor och är därmed betydligt mindre flexibla. De är endast avsedda att böjas i samband med installationen, tex vid hörn och vinklar. Rören är ofta plastöverdragna och fogas samman med mekaniska kopplingar. Dock är ledningarna så långa att fogning av rören sällan är nödvändig.

I USA finns två tillverkare av böjbara rostfria rör, Titeflex och Ward. Vid kontakt med Titeflex [22] framgick att ledningarna främst installeras i enfamiljshus. Att intresset från gasföretagen fokuserats mot flerfamiljshus sägs bero på att man tappat marknadsandelar i denna sektor. Två exempel på installationer i flerfamiljshus finns i rapporterna [23, 24].

Tidsbesparingen vid installationen jämfört med att använda raka stålrör uppges vara 75% i flerfamiljshus och 66% i enfamiljshus. Ofta används de flexibla rören i hus av träkonstruktion med väggar av träreglar och gipsplattor, vilket ger en enkel installation. I de fall där gjutna väggar förekommer

kan rören läggas inuti elrör eller liknande. Titeflex föreslår också att de flexibla ledningarna kan monteras utomhus, ovanpå ett platt tak eller utanför ytterväggen. Ledningen behöver då täckas av en skyddsplåt. Titeflex rör har förutom användandet i USA provats i Nederländerna och Colombia.

SGC finansierar en studie av intern gasdistribution varför detta ej berörs närmare i denna rapport.

## **4.3 Behov av teknikutveckling**

### **4.3.1 Värmepannor och värmesystem**

Något direkt utvecklingsbehov av gaspannor för konvertering kan inte identifieras. I gjorda konverteringar har god funktion erhållits då gaspannor (även lätta väggpannor) kopplats samman med ett traditionellt radiatorsystem. Däremot har problem uppstått då värmelister använts. Ökad kunskap, främst bland konsulter och installatörer, om samspelet mellan gaspannor och värmesystem med låg värmekapacitet och små vattenflöden är därför nödvändig.

### **4.3.2 Gasradiatorer**

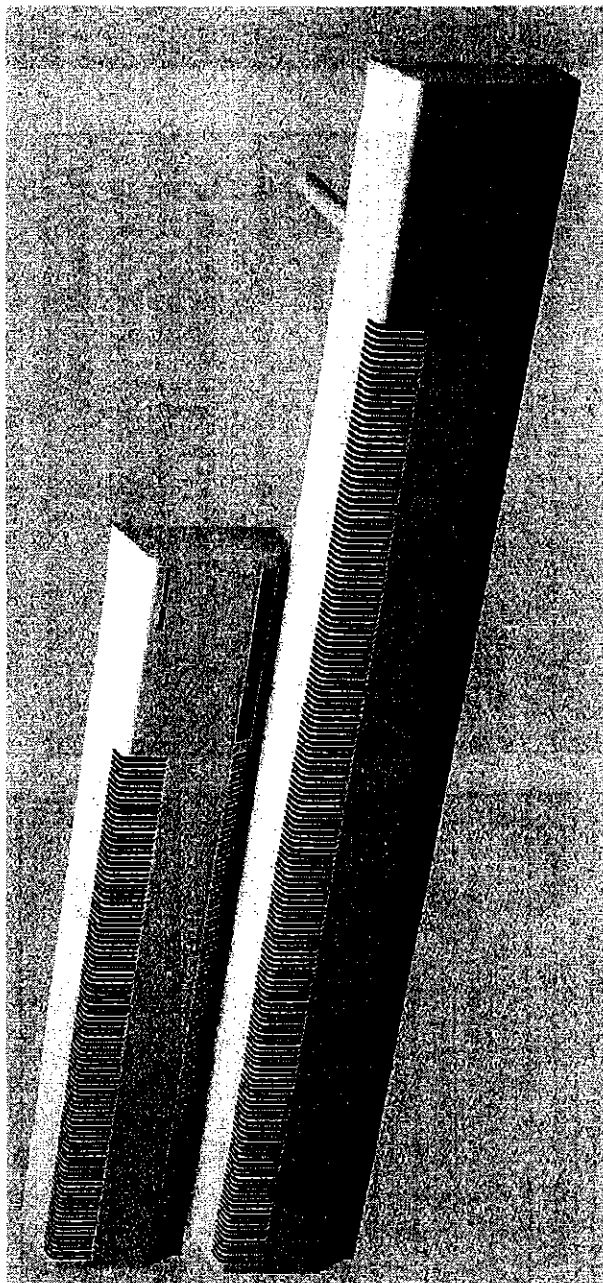
Detaljerade studier av gasradiatorers årsverkningsgrad tycks inte finnas i publicerat material. Ofta används gasradiatorer som tillsatsvärme och har därför inte varit särskilt intressant för sådana studier.

Tabell 4.1 visar några olika tillgängliga gasradiatorer som kan användas i dessa systemlösningar. Beteckningen AFUE (Annual Fuel Utilization Efficiency) avser den nordamerikanska årsverkningsgraden. Här inräknas värmeförluster men även elanvändningen. Modellserien Hunter MB5000–10000 är gaseldade radiatorer som distribuerar värme till rummet på samma sätt som direktelradiatorer. De övriga i tabellen distribuerar varmluft med en fläkt i gasradiatorn. Hunter HWF30 anges ha ett litet distributionssystem för att försörja också ett andra rum. Den kan alltså uppfylla systemlösning 5. Figurerna 4.2–4.3 visar två av gasradiatorerna i tabellen, Hunter HB5000–10000 och den i Sverige tillgängliga Windor.

Prov gjordes med en Windor för att uppskatta verkningsgraden. Radiatorn har två effektlägen, 1,5 och 2,5 kW. En förbränningsluftsfläkt med konstant

| Fabrikat | Modell       | Ursprungs-<br>land | Värmeeffekt<br>(kW) | Dist.system | Verkningsgrad<br>(%) | Mått<br>(b×h×d) (mm)       |
|----------|--------------|--------------------|---------------------|-------------|----------------------|----------------------------|
| Empire   | DV20E-55E    | USA                | 4,8-13,1            | varmluft    | 88 (AFUE)            | 940×660×400                |
| Empire   | DVZ10-35     | USA                | 2,9-10,3            | varmluft    | –                    | 413×543×238<br>940×705×292 |
| Hunter   | HWF10-15     | Kanada             | 2,9-4,3             | varmluft    | 78 (AFUE)            | 610×675×220                |
| Hunter   | HWF30        | Kanada             | 7,3                 | varmluft    | 84 (AFUE)            | 914×675×220                |
| Hunter   | HB5000-10000 | Kanada             |                     | inget       | 85 (AFUE)            | 122×230×100<br>183×230×100 |
| Windor   | 2000-4000    | Italien            | 2,5-4,6             | varmluft    | 89 (stat.)           | 550×650×160<br>610×670×185 |
| Vaillant | VGR30-90     | Tyskland           | 3,1-8,8             | varmluft    | –                    | 566×664×225<br>846×786×288 |

Tabel 4.1: Gasapparater lämpliga för systemlösningarna 5-7

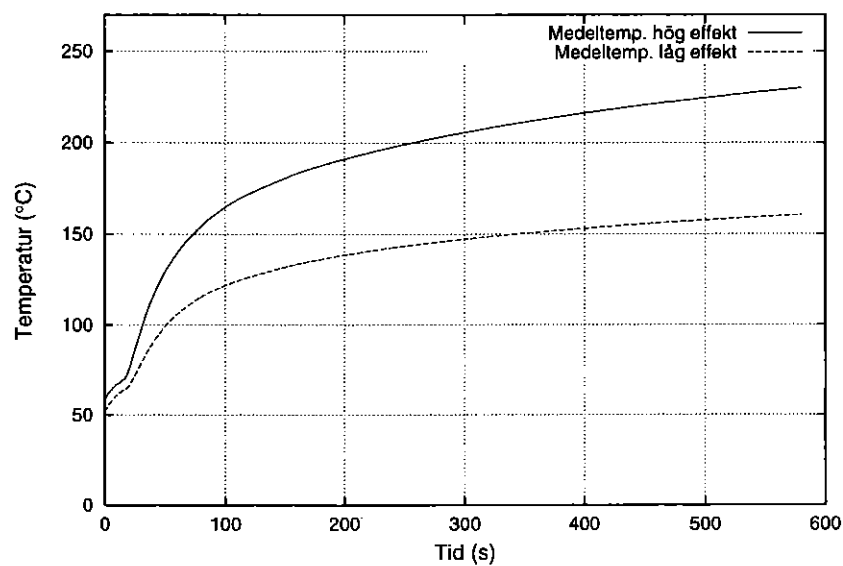


Figur 4.2: Hunter HB5000 och HB10000 gasradiatorer avsedda att direkt ersätta direktelradiatorer

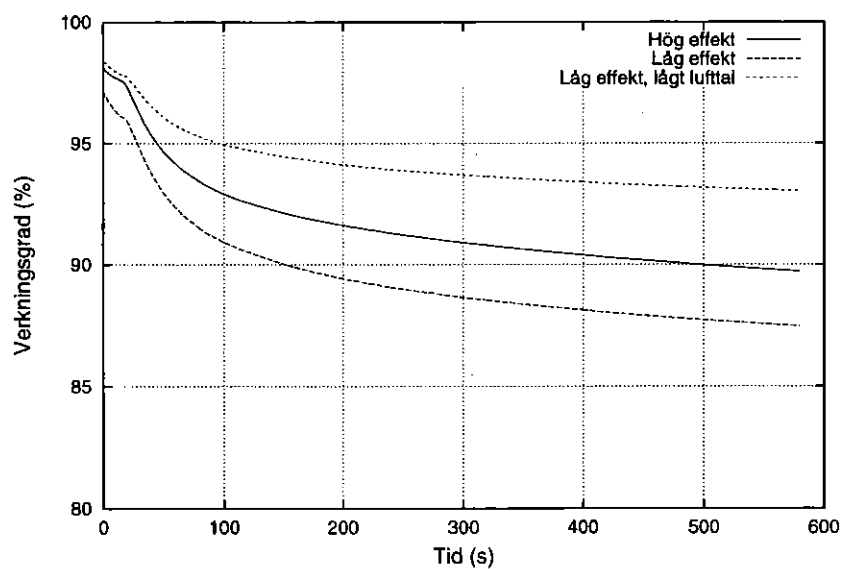


Figur 4.3: Windor gasradiator med fläkt för varmluftdistribution

varvtal ger lufttalet  $\lambda = 1,25$  vid hög effekt och  $\lambda = 2,5$  vid låg effekt. I figur 4.4 visas den genomsnittliga temperaturen sedan starten för de två effektlägena. I figur 4.5 visas beräknade verkningsgrader utifrån medeltemperaturerna i figur 4.4. Som jämförelse visas också verkningsgraden om lufttalet varit lika vid de två effektlägena,  $\lambda = 1,25$ . Jämförelsen är inte helt korrekt då avgastemperaturen skulle vara lägre om lufttalet hade varit konstant men den kan ändå tjäna som en indikation på möjliga förbättringar som följd av en bättre brännarreglering.



Figur 4.4: Beräknad medeltemperatur ur mätt avgastemperatur som funktion av brännarens drifttid för Windor gasradiator



Figur 4.5: Verkningsgrad som funktion av avgasernas medeltemperatur sedan brännarens start för Windor gasradiator med två effektsteg. Verkningsgraden för brännareffekt med lågt luftöverskott är också angiven.

Även om det anges en årsverkningsgrad för gasradiatorerna i tabell 4.1 så är beräkningsgrunden inte lika detaljerad och tillförlitlig som de bästa modellerna för radiatorsystem och värmepannor. En kanadensisk undersökning av gasradiatorer i flerbostadshus i Montreal redovisas i [25]. Inomhuskomfort och prestanda mättes. Gasradiatorerna installerades enligt systemlösning 4, d v s en radiator i varje rum. Verkningsgraden vid fullast uppmättes till 86–88% medan årsmedelverkningsgraden beräknades till 82–86% genom en jämförelse med energianvändningen vid direktelvärmning.

Det tycks som om årsmedelverkningsgraden för gasradiatorer är 3–5 procentenheter lägre än fullastverkningsgraden. De största förlusterna är avgasförluster och stilleståndsförluster. Om avgaskanalen utgörs av en horisontell terminal genom ytterväggen blir höjdskillnaden minimal och därmed luftdraget genom pannan då brännaren inte är i drift. Värmeflödet från radiatorns varma delar till rummet kan inte som hos vanliga värmepannor helt eller delvis betraktas som en förlust. Inte heller behöver gasradiatorn hållas varm för att kunna betjäna en varmvattenberedare. Härav följer att årsmedelverkningsgraden främst höjs med hjälp av sänkta avgasförluster.

Gasradiatorerna har i de allra flesta fall en lägre verkningsgrad än moderna gaspannor. Det finns ett behov av teknikutveckling så att årsverkningsgraden blir minst 90%. Detta betyder att förbränningsverkningsgraden bör överstiga 95%, vilket i sin tur ger en maximal avgastemperatur på ca 100–120°C.

### 4.3.3 Installationsteknik

De olika systemlösningarna innebär att antingen vatten eller luft används som värmebärare. Något tekniskt utvecklingsbehov för vattenbaserade värmedistributionssystem är troligen inte nödvändigt.

Luftvärmesystem med flera tilldon som t ex Fläkts Termovent torde inte heller vålla några problem avseende inomhusklimatet så länge uppvärmningsbehovet inte är för stort, d v s luftflödena blir så stora att ljudstörningar kan uppstå.

Däremot krävs insatser för att klarlägga bästa placeringen av konvektorer och gasradiatorer i systemlösningarna 2, 5 och 6. Vattenfall genomförde en utredning [26] ingående i "Uppdrag 2000" om inomhustemperaturen i delkonverterade småhus. För att få en acceptabel värmefördelning mellan rummen krävs att temperaturen är högre i rummen där konvektorer eller radiatorer är placerade. Det är tydligt att placeringen av apparaterna är beroende av

husets planlösning men också reglersystemet och yttre faktorer som solinstrålning kan ha betydande inflytande på resultatet. Området tycks till stora delar vara outrett. Möjliga vägar är datorberäkningar av värmefördelning samt användande av demohus.



## Kapitel 5

# Typhus och rekommenderade lösningar

I kapitlet diskuteras prestanda för de olika systemlösningarna i typiska enfamiljshus. Prestanda omfattar såväl inomhusklimat som uppvärmningssystemens termiska prestanda.

### 5.1 Typhus

I Jonsons och Nelsons arbete definierades två typhus utifrån tillgängliga data från delstudien av potentialen för konvertering till gasvärme. De två typhusen har data enligt tabell 5.1.

Tabell 5.1: Typhus för konvertering enligt Jonson och Nelson

|                             | Typhus A  | Typhus B        |
|-----------------------------|-----------|-----------------|
| Byggår                      | 1969      | 1975            |
| Antal plan                  | 1         | 1 $\frac{1}{2}$ |
| Boyta, m <sup>2</sup>       | 108       | 150             |
| Ventilation                 | självdreg | självdreg       |
| Effektbehov, W/K            | 181       | 191             |
| Värmebehov, kWh/år          | 11 800    | 9 900           |
| Tappvarmvattenbehov, kWh,år | 4 800     | 4 800           |

Uppvärmningsbehoven beräknades med det danska programmet "Byggnaders värmebehov 95". Att notera är det lägre årliga uppvärmningsbehovet för typhus B, som utöver högre isoleringsstandard, har större fönsterytor, vilket ökar solvärmetillskottet.

## 5.2 Realisering av systemlösningarna i typhusen

I figur 5.1–5.7 visas typhusens planlösningar och tänkbara installationer. I de föreslagna systemen förutsätts att elradiatorerna är oförändrade i badrum och andra våtutrymmen.

### 5.2.1 Konverteringskostnad

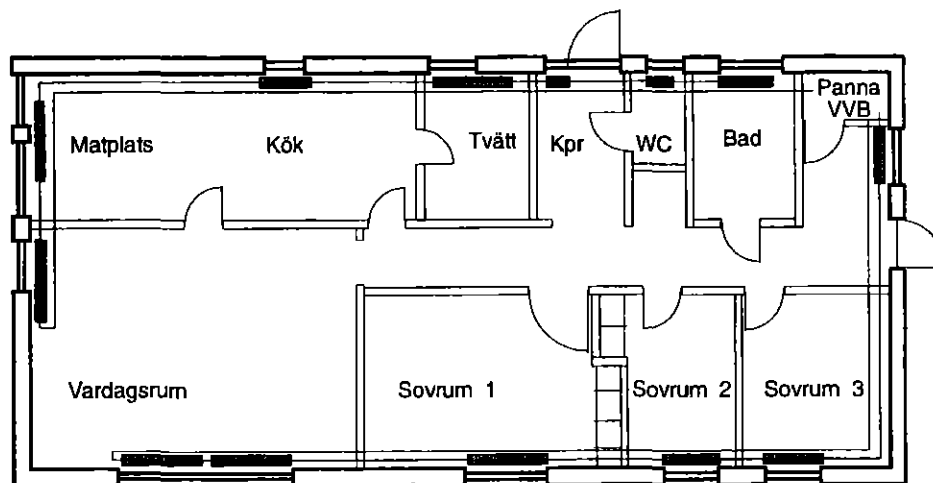
Kostnaderna för konvertering till olika uppvärmningssystem studerades av Jonson och Nelson. En kostnadsuppskattning gjordes genom att installatörer erbjöds att ge kostnadsförslag till konverteringar. Tabell 5.2 sammanfattar resultatet.

Tabell 5.2: Konverteringskostnader för olika systemlösningar enligt Jonson och Nelson

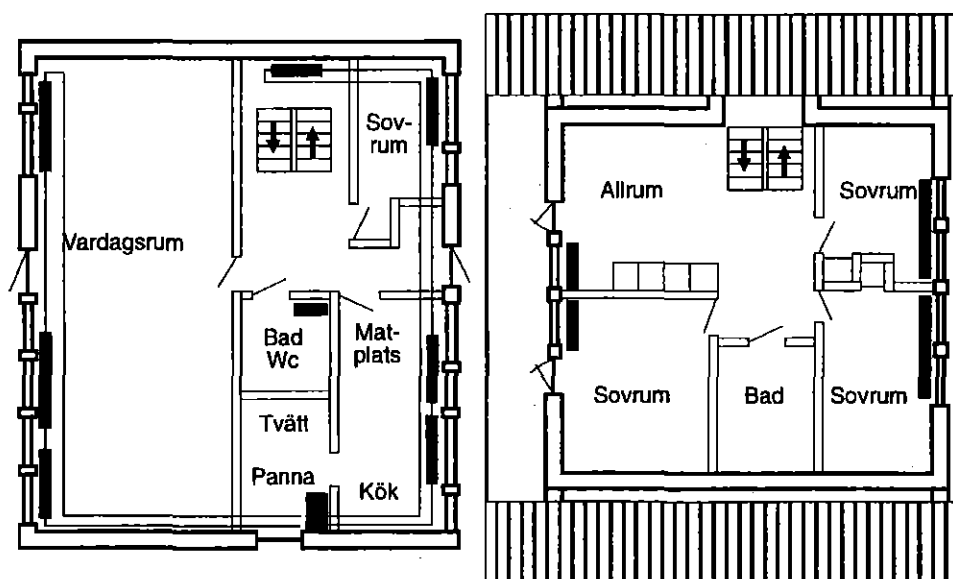
| Hus, system                 | System-lösning | Kostnad (kr) |
|-----------------------------|----------------|--------------|
| A, vattenradiatorer         | 1              | 69 300       |
| A, golvvärme, 3-glasfönster | –              | 177 500      |
| A, luftvärme, 3-glasfönster | 3              | 131 500      |
| A, 3 gasradiatorer          | 5              | 62 500       |
| B, vattenradiatorer         | 1              | 70 500       |
| B, golvvärme                | –              | 115 500      |
| B, gasradiatorer            | 3              | 77 500       |

För både typhus A och B framstår uppvärmningssystem med vattenburen värme eller gasradiatorer som de klart billigaste. Dessa systemlösningar kommer därför att ägnas störst uppmärksamhet i den följande texten.

### Typhus A

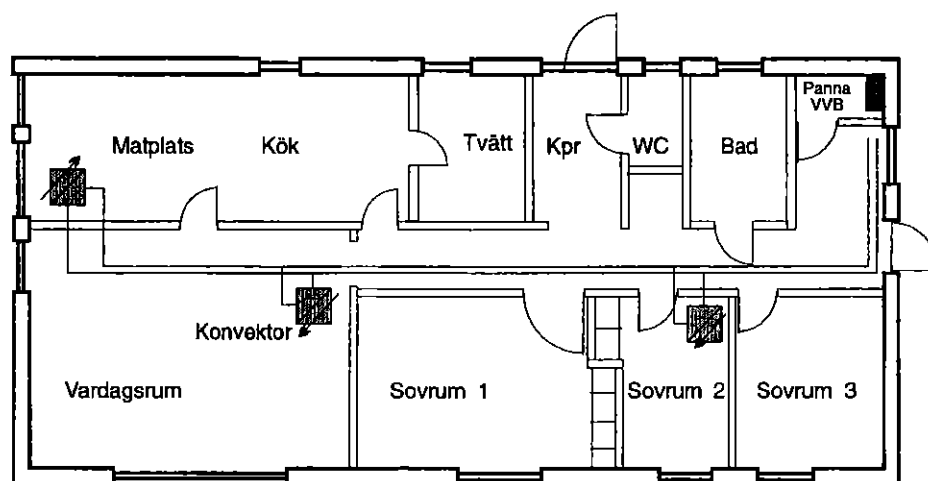


### Typhus B

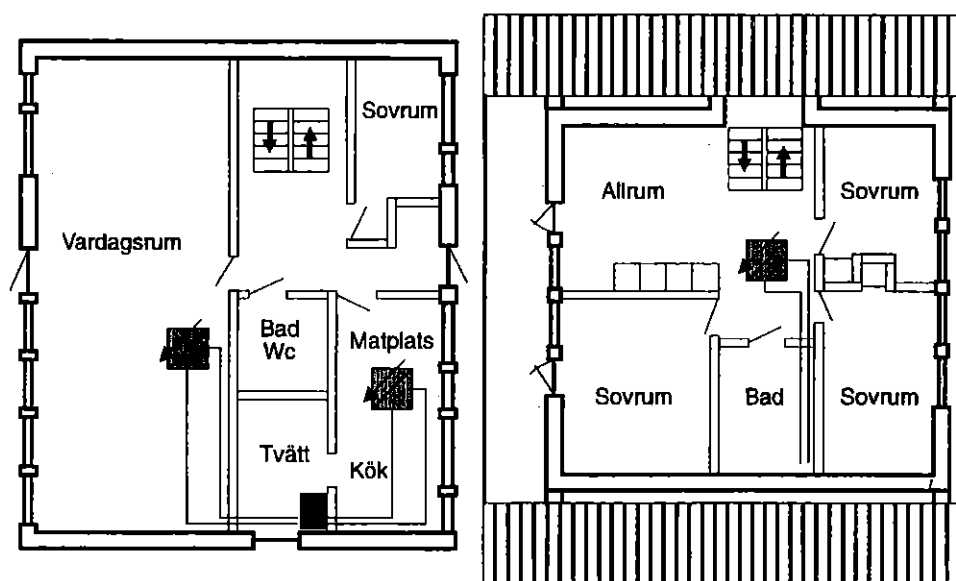


Figur 5.1: Planlösning av typhus med uppvärmningssystem 1, gaspanna och radiatorer

### Typhus A

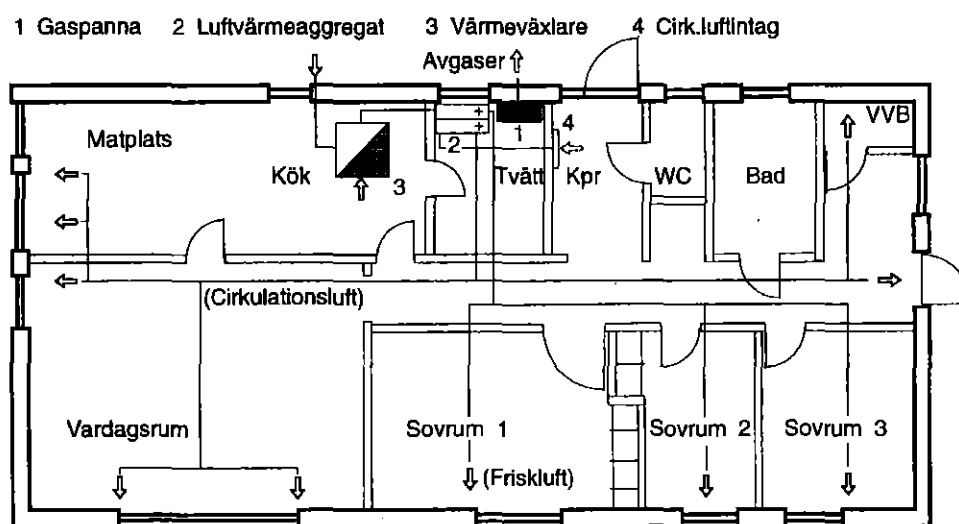


### Typhus B

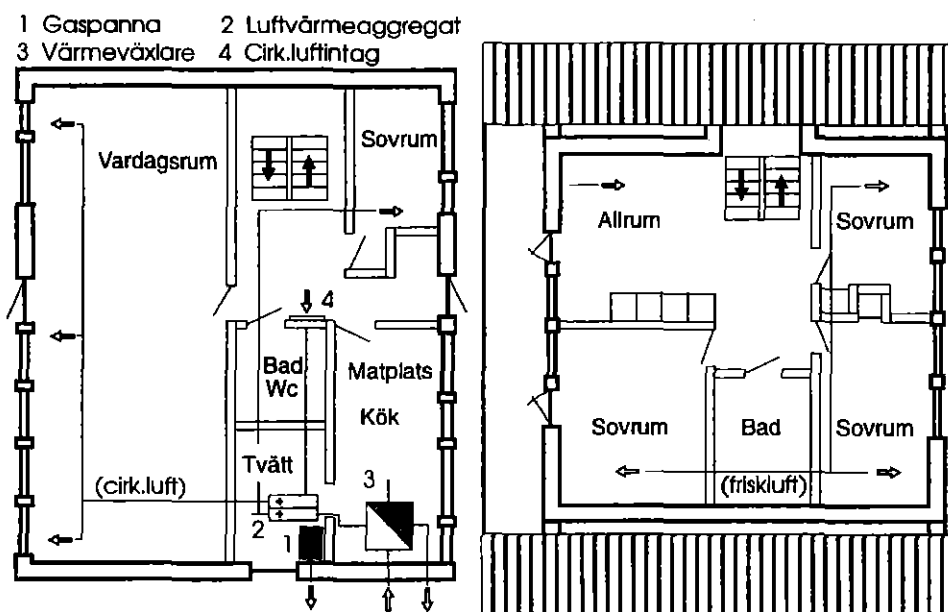


Figur 5.2: Planlösning av typhus med uppvärmningssystem 2, gaspanna och konvektorer

## Typhus A

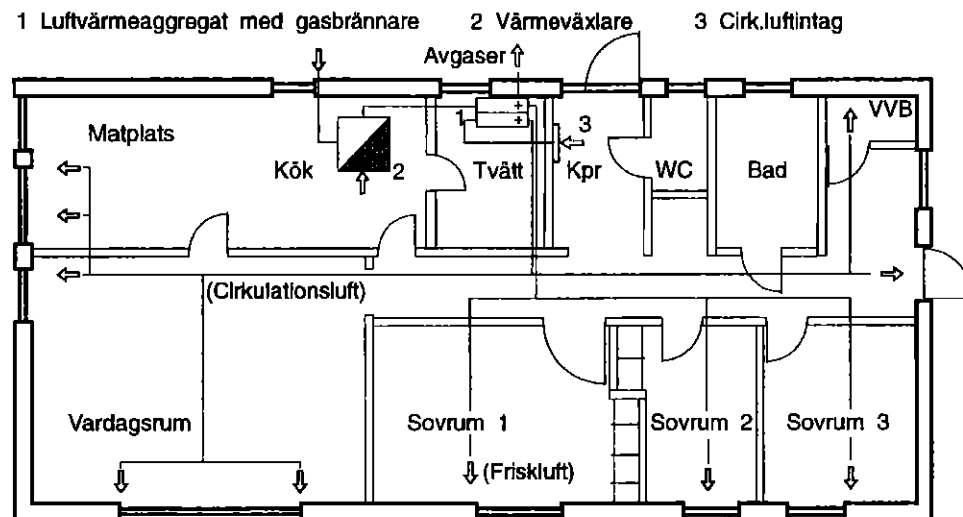


## Typhus B

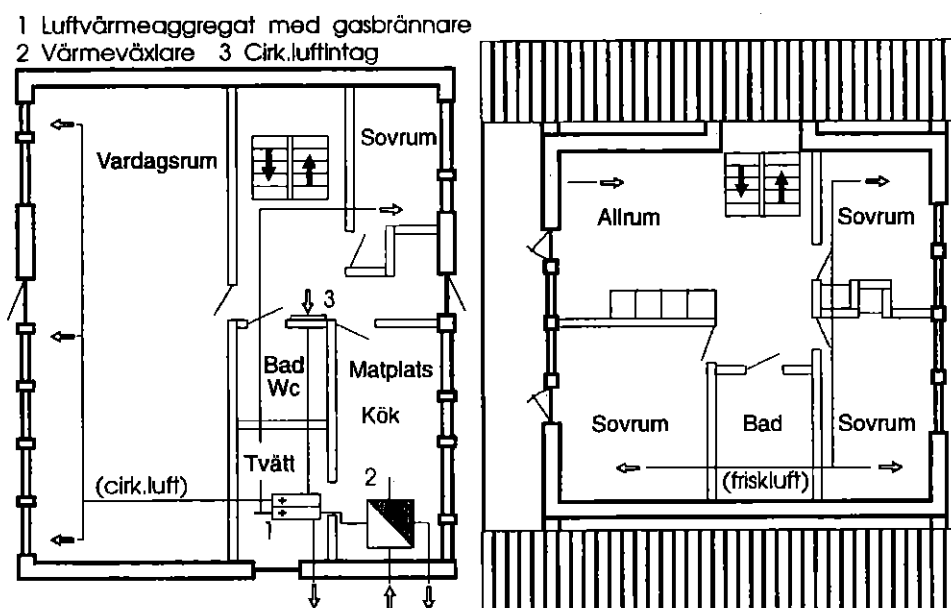


Figur 5.3: Planlösning av typhus med uppvärmningssystem 3A, varmluftssystem med gaspanna och vattenkrets

## Typhus A

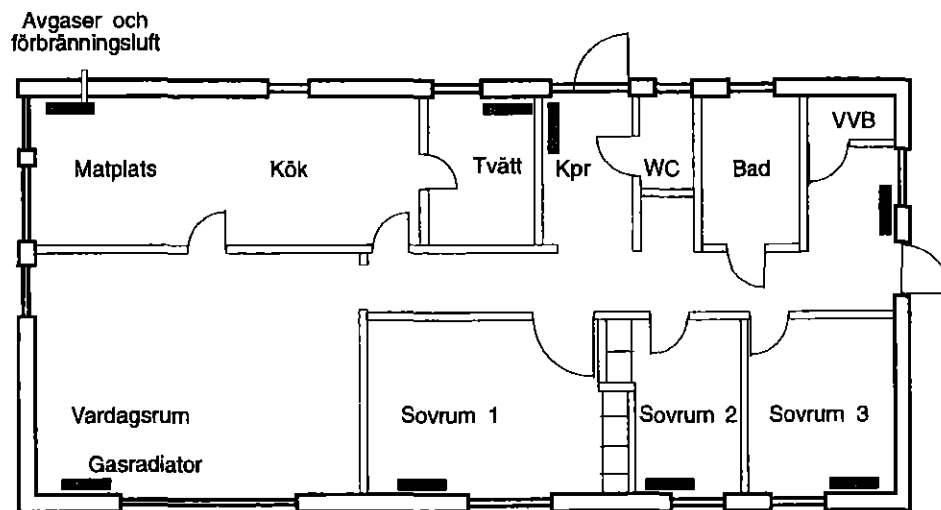


## Typhus B

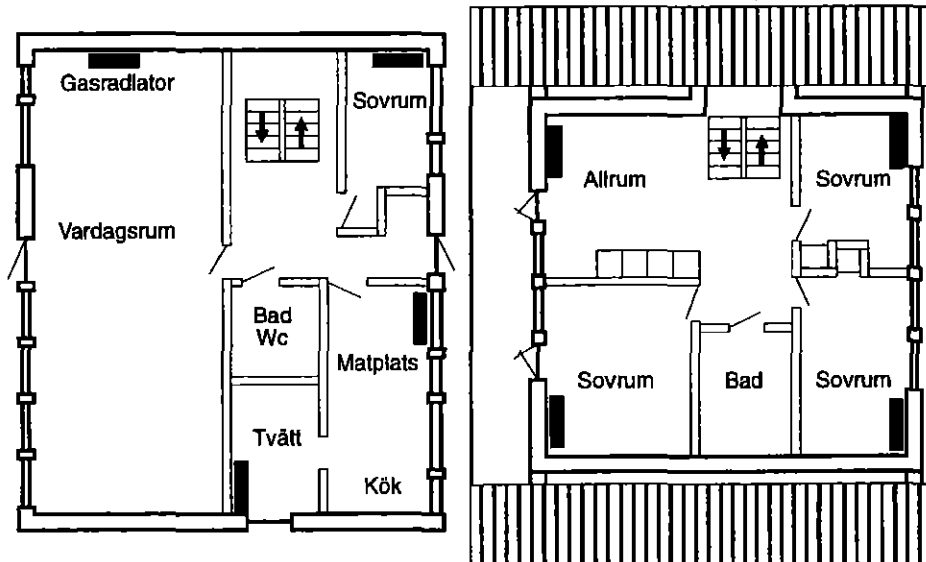


Figur 5.4: Planlösning av typhus med uppvärmningssystem 3B, varmluftssystem med direktvärmning av luftkanalerna

### Typhus A

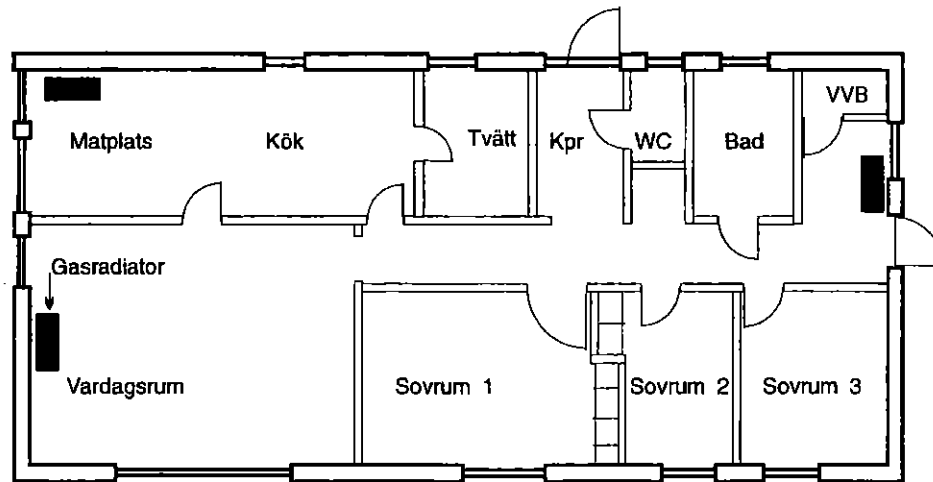


### Typhus B

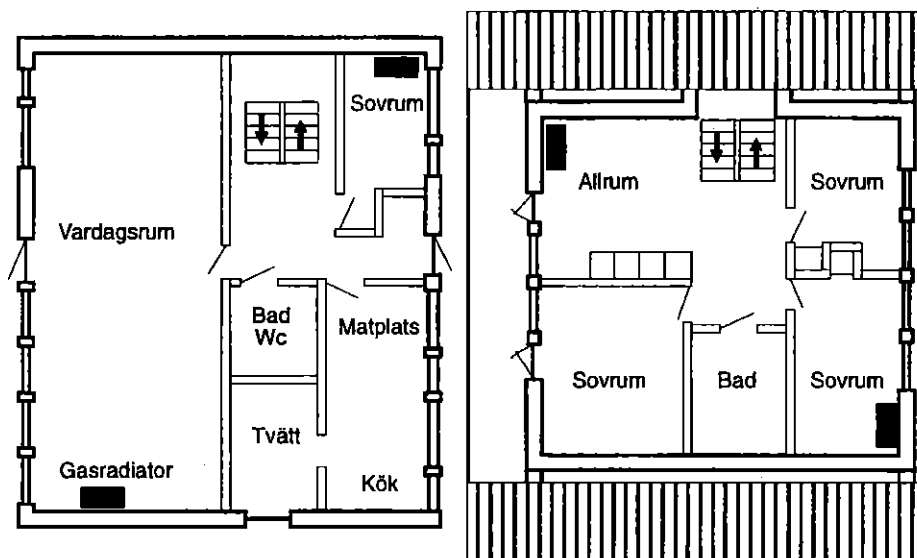


Figur 5.5: Planlösning av typhus med uppvärmningssystem 4, gasradiatorer som direkt ersätter tidigare elradiatorer

### Typhus A



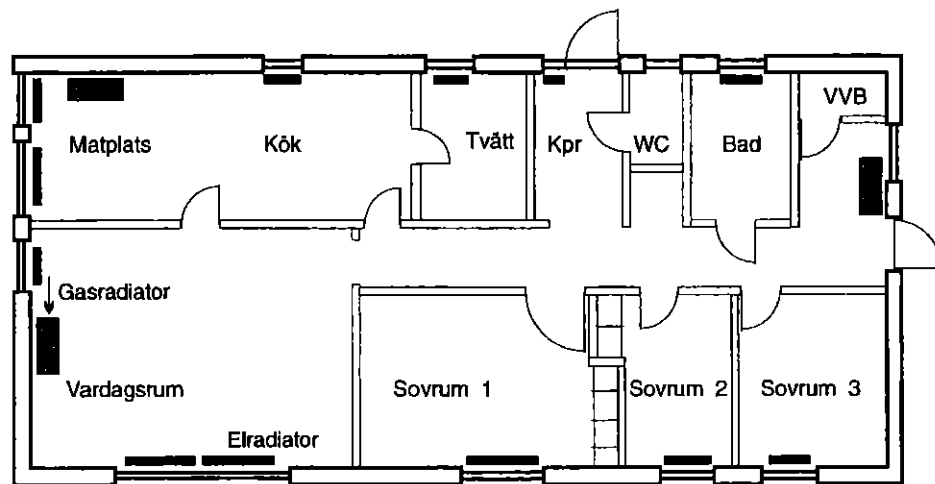
### Typhus B



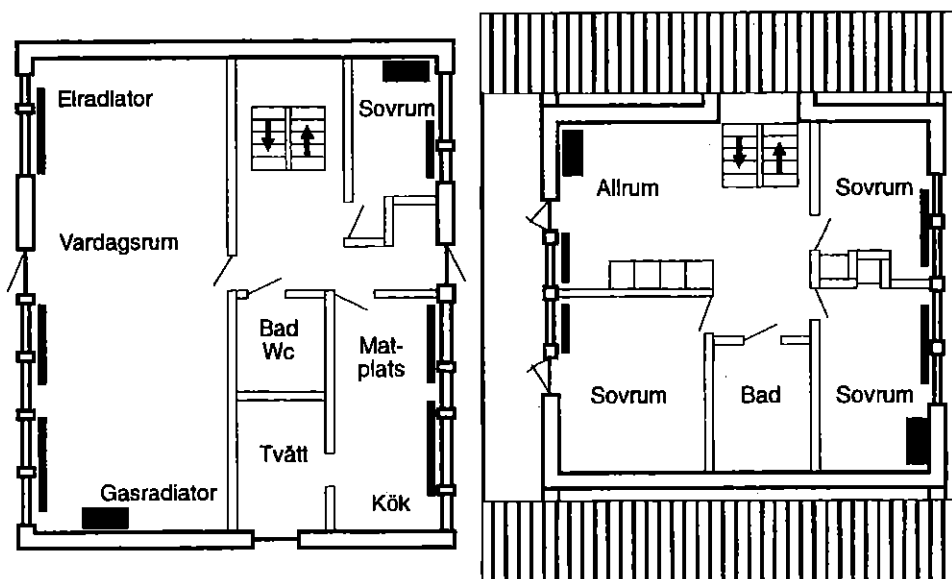
Figur 5.6: Planlösning av typhus med uppvärmningssystem 5, gasradiatorer som med varmluftssystem värmer 1–3 rum vardera



### Typhus A



### Typhus B



Figur 5.7: Planlösning av typhus med uppvärmningssystem 6, gasradiatorer och direktel i kombination

## 5.3 Energianvändning och besparing med system 1 och 6

Energianvändningen med de olika systemlösningarna beror på verkningsgraden för energiomvandlingen och inomhusklimatet. Verkningsgraden begränsas i princip endast av det avkylande mediets temperatur, radiatorreturvatten eller inomhusluft.

Det föreligger inte några större tekniska hinder att sänka avgastemperaturen till en nivå mycket nära det avkylande mediets temperatur. Med rätt konstruktion och god värmeisolering av pannan kan man erhålla en årsverkningsgrad på 100–105% med kondensationsteknik. Vägghängda gaspannor kan ge så höga årsverkningsgrader. Med ickekondenserande pannor blir årsverkningsgraden 85–90% i dessa systemlösningar. Energianvändningen torde alltså öka för alla de föreslagna systemlösningarna jämfört med direkteluppvärmning.

Två lösningar föreslås som huvudalternativ vid konvertering av direktelvärmade småhus till gasbaserad uppvärmning:

- Radiatorsystem och vägghanna. Elradiatorer behålls i våtutrymmen.
- Två eller flera gasradiatorer installeras. Elradiatorerna behålls.

Den första metoden med gaspanna och radiatorsystem (systemlösning 1) lämpar sig för alla småhus och ger ett allmänt accepterat inomhusklimat. Gasradiatorer som ersätter merparten av elanvändningen (systemlösning 6) kräver en öppen planlösning.

### 5.3.1 Systemlösning 1

Det är endast för uppvärmningssystem med radiatorer som det finns noggranna metoder för verkningsgradsberäkningar. Av detta skäl kommer endast systemlösning 1 att detaljerat undersökas avseende energianvändningen efter konvertering från direktelvärme. Den valda metoden är den sk SAVE-metoden [27] som används i programmet BoilSim. Metoden kan ännu inte inkludera tappvarmvattenberedning varför endast uppvärmningsdelen omfattas av beräkningarna. I modellen definieras även byggnad och

värmesystem, vilket möjliggör en bild av olika varianter av systemlösning 1. I beräkningarna används en basinstallation (systemlösning 1) enligt tabell 5.3. Uppvärmningsbehoven för typhus A och B är likartade varför enbart ett uppvärmningsbehov behöver studeras. De olika pannor för vilka årsverkningsgraden beräknats redovisas i tabell 5.4.

Tabell 5.3: Basinstallation (**Installation 1**) för bedömning av olika gaspannors årsverkningsgrad

| <b>Installation 1</b>         |                                    |
|-------------------------------|------------------------------------|
| Värmesystem                   | 2-rörs, 55/45°C                    |
| Installerad radiatoreffekt, W | 7000                               |
| Reglersystem                  | Glidande temperatur, utomhusgivare |
| Uppvärmningsbehov, kWh/år     | 11000                              |
| Klimat                        | Malmö, 3100 graddagar/år           |

Tabell 5.4: Data för gaspannor vid beräkning av årsverkningsgrad.

| Panna | Tillförd effekt (kW) | Brännare        | Kondensationspanna | Verkningsgrad 60°C retur (%) |
|-------|----------------------|-----------------|--------------------|------------------------------|
| I     | 12,5                 | Atmosfär/on-off |                    | 82,5                         |
| II    | 23,6                 | Atmosfär/on-off | ×                  | 97,6                         |
| III   | 19,2                 | Atmosfär/on-off |                    | 89,7                         |
| IV    | 19,3                 | Atmosfär/on-off |                    | 86,3                         |
| V     | 16,8                 | Atmosfär/on-off |                    | 91,2                         |
| VI    | 23,5                 | Atmosfär/on-off | ×                  | 96,3                         |
| VII   | 22,5                 | Atmosfär/mod.   |                    | 93,1                         |
| VIII  | 19,3                 | Atmosfär/on-off | ×                  | 98,7                         |

Basinstallationen jämförs med fyra andra installationer i figur 5.8. De andra installationerna skiljer sig från basinstallationen på följande sätt:

**Installation 2** Ett radiatorsystem med högre temperaturer vid fullast, 80/60°C.

**Installation 3** Rumstermostat används i stället för utomhusgivare.

**Installation 4** Installationen är dålig med ett 80/60°C radiatorsystem. En dålig installation i detta fall innebär högre cykelfrekvens, dvs fler starter och stopp per tidsenhet.

**Installation 5** Installationen är dålig men i detta fall med samma radiatorsystem som i basinstallationen.

Beräkningarna visar att årsverkningsgraden överstiger 80% för alla pannor i basinstallationen. Räknas panna I bort, vilken är av en äldre konstruktion, är årsverkningsgraden högre än 85%. Ett uppvärmningssystem med högre temperaturer sänker årsverkningsgraden ca 2–3,5%. Med rumstermostat fås något högre årsverkningsgrader. Detta gäller framför allt kondensationspannor. För alla pannor innebär det årliga uppvärmningsbehovet att pannbelastningarna är låga.

Låga systemtemperaturer innebär också att alla värmeförluster reduceras, vilket ses när basinstallationen jämförs med de andra systemen med 55/45°C som maxtemperaturer.

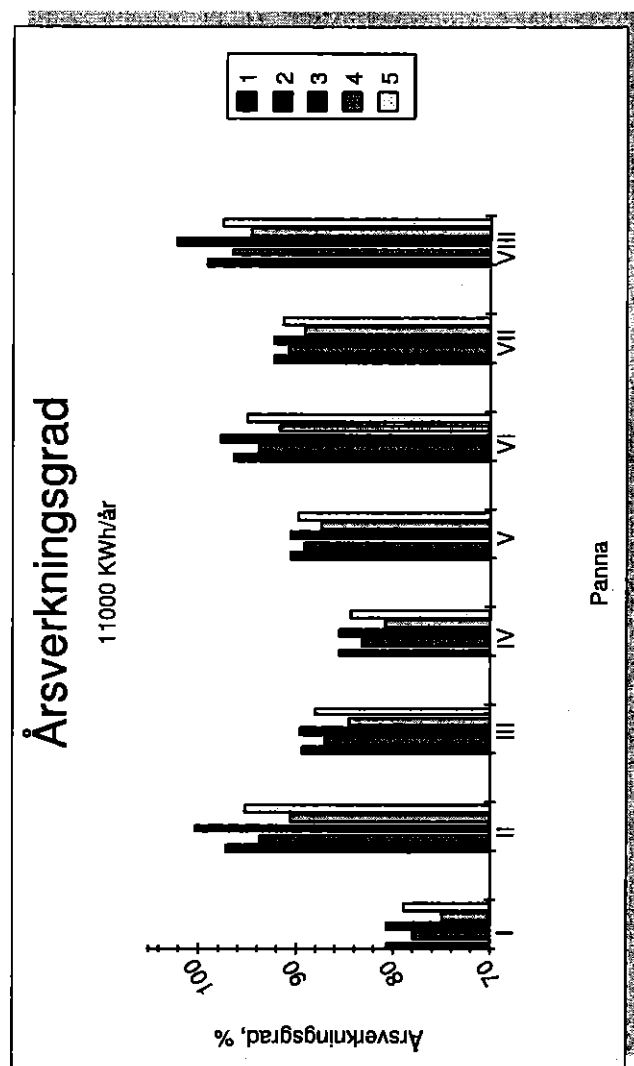
En ytterligare sänkt systemtemperatur ger mindre vinster i årsverkningsgrad. Kondensationspannorna ger störst vinster och årsverkningsgraden kan stiga över 100%. Något högre årsverkningsgrader fås också med ett överdimensionerat värmesystem. Som mest kan årsverkningsgraden då höjas med ca 1,5 % för icke-kondenserande pannor. Kondensationspannor kan ge betydligt högre vinster och visa årsverkningsgrader av samma storleksordning som för de utlovade lågtemperatursystemen.

### **Kostnadsförändring med konverteringen**

Utgångspunkten för beräkningen av el- och gasanvändning efter konverteringen samt förändringen av uppvärmningskostnaden baseras här på de beräknade verkningsgraderna i figur 5.8. Installation 1 har använts av de olika alternativen.

El- och gaspriser enligt tabell 2.3 på sidan 13 har använts. Efter konverteringen sänks den fasta kostnaden för el till 1500 kr och energiavgiften är 52 öre/kWh. Konverteringen innebär att el används till cirkulationspumpen. För de olika pannorna uppgår denna användning till 750–1250 kWh/år. Ingen annan elanvändning i pannan, till elektronik och fläkten till brännaren, har inkluderats.

Tabellen visar att huvuddelen av kostnadsbesparingen för 11 MWh/år kan förklaras av skillnaden i fast avgift för eltaxan. Kondensationspannorna (panna 2, 6 och 8) ger en markant högre kostnadsbesparing än de ickekondense-



Figur 5.8: Årsverkningsgraden för några olika villagaspannor

Tabell 5.5: Faktisk årlig besparing efter konvertering till gaspanna och radiatorsystem (Systemlösning 1, installation 1)

| Panna | Besparing (kr/år) |           |
|-------|-------------------|-----------|
|       | 11 MWh/år         | 22 MWh/år |
| 1     | 2084              | 2824      |
| 2     | 2984              | 4498      |
| 4     | 2468              | 3251      |
| 5     | 2749              | 3790      |
| 6     | 2972              | 4365      |
| 7     | 2783              | 3909      |
| 8     | 3120              | 4685      |

rande pannorna. Det är inte troligt att pannor med prestanda som panna 1 kommer att användas vid konverteringar.

Om det gamla direktelsystemet endast använt radiatortermostaterna som reglersystem kan det nya reglersystemet ge en något lägre medeltemperatur i huset och därmed ett sänkt uppvärmningsbehov. Denna vinst kan uppskattas till <5%, vilket motsvarar 200–500 kr/år.

### Slutord angående vattenbaserade uppvärmningssystem

Radiatorsystem som installeras i samband med konvertering från direktverkande el kommer att dimensioneras efter relativt låga temperaturer. Även vid relativt låga uppvärmningsbehov kommer årsverkningsgraden (enbart uppvärmning) att vara 85% eller högre. Förbättringar av årsverkningsgraden på ett fåtal procent kan fås genom användning av rumstermostat och överdimensionerade värmesystem. För de allra flesta villapannor innebär de låga temperaturerna att värmeförlusterna är små. Kondensationspannor uppvisar större verkningsgradsvinster vid överdimensionerade värmesystem eller då systemtemperaturen sänks. Detta bör beaktas vid dimensioneringen då kondensationspannor används.

Det är oftast av betydligt större vikt att installationen ger pannan sunda arbetsbetingelser. De dåliga installationer som simulerades i beräkningarna är på inget sätt de värsta som kan tänkas. Erfarenheter från befintliga installationer bör nog uppmärksammas.

Rekommendationer för val av panna (vägghängd) och radiatorsystem har tag-

its fram i Danmark [28]. Rekommendationerna säger att pannans värmeeffekt skall vara av samma storleksordning som radiatorsystemets och inte vara mer än högst 50% större än radiatorsystemets. Pannans värmeeffekt bör också väljas i förhållande till byggnadens effektbehov, vilket innebär att pannans värmeeffekt inte skall överstiga dubbla värmebehovet.

För typhusen innebär detta att pannans värmeeffekt bör finnas i intervallet 10–15 kW. Radiatorsystemet skall väljas i samma intervall. Radiatorsystemets värmeeffekt skall inte understiga pannans. Ett överdimensionerat radiatorsystem är mest intressant då kondensationspannor används. Dessa data gäller då den ursprungliga varmvattenberedaren används eller att en stor förrådsberedare används.

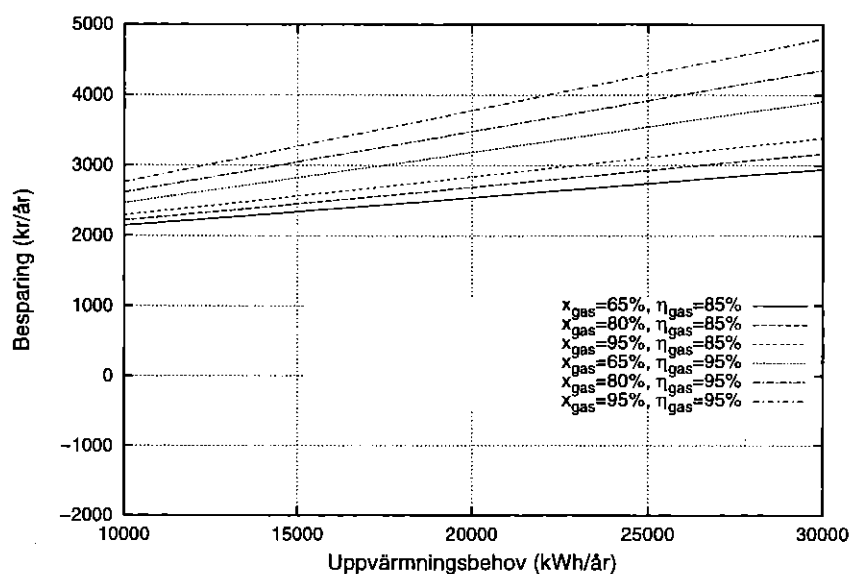
### 5.3.2 Systemlösning 6

Det är i detta skede svårt att avgöra hur mycket el som ersätts vid en konvertering där gasradiatorer svarar för merparten av uppvärmningen. En uppskattning av uppvärmningskostnadens förändring får därför ligga till grund för bedömningen. I figurerna 5.9 och 5.10 visas den årliga förändringen av uppvärmningskostnaden vid dagens energipriser i Lund. Det antas i figur 5.9 att enkeltariff används efter konverteringen medan tidstariff och 16 A säkring förutsätts i figur 5.10.

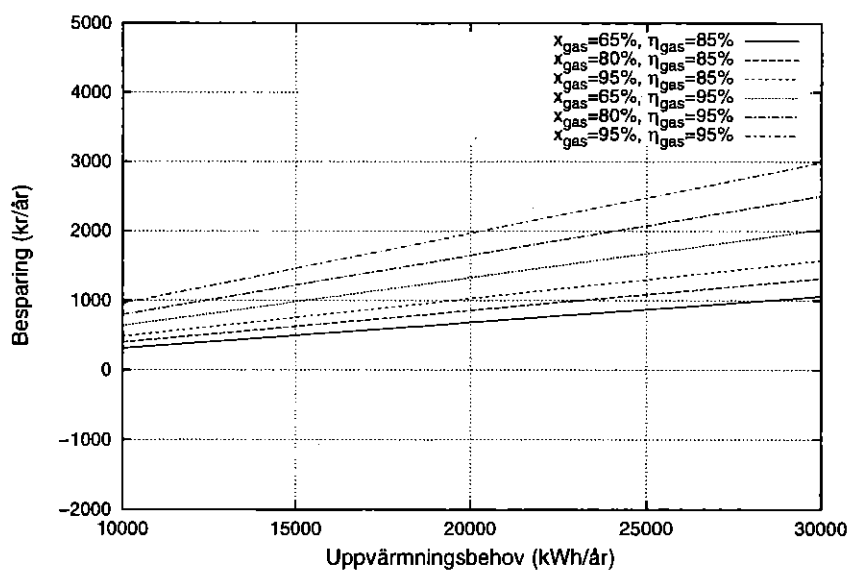
Det är tydligt att eltariffen har ett avsevärt inflytande på den årliga besparingen. De valda energipriserna (Lund) visar att tidstariff bör undvikas. Vi kan också anta att gasradiatorernas verkningsgrad bör öka för att ge en acceptabel ekonomi. Som tidigare nämndes åstadkoms detta huvudsakligen genom sänkta avgasförluster.

Åtgärder på husets klimatskärm är lämpliga för att göra systemlösning 6 än effektivare. Byte från 2-glasfönster till 3-glasfönster kan ge flera positiva förändringar. Energianvändningen sänks som en följd av sänkt  $U$ -värde. Inomhustemperaturen kan också sänkas något. I hus med självdragsventilation sänks ventilationen något. En minskad solinstrålning följer av byte till 3-glasfönster.

I det sk högskoleprojektet [29] uppmättes 6% energibesparing vid byte från 2-glasfönster till 3-glasfönster. Detta var lägre än den förväntade besparingen på 10%, vilket kan bero på att inomhustemperaturen inte sänktes så mycket som ansågs möjligt. Om systemlösning 6 kompletteras med fönsterbyte förbättras inomhusklimatet så att elersättningsandelen  $x_{gas}$  ökar. Det är



Figur 5.9: Årlig besparing av uppvärmningskostnader då systemlösning 6 används. Olika elersättningsgrader ( $x_{gas}$ ) och årsmedelverkningsgrader ( $\eta_{gas}$ ) används. Energipriser i Lund 1997. Eltariff från tidstariff (20 A) till enkeltariff



Figur 5.10: Årlig besparing av uppvärmningskostnader då systemlösning 6 används. Olika elersättningsgrader ( $x_{gas}$ ) och årsmedelverkningsgrader ( $\eta_{gas}$ ) används. Energipriser i Lund 1997. Eltariff från tidstariff (20 A) till tidstariff (16 A)



möjligt att elradiatorerna då kan tas bort. Fönsterbyte innebär att uppvärmningskostnaderna kan sänkas med uppskattningsvis ytterligare 300–700 kr/år baserat på erfarenheterna från "Högskoleprojektet".

### 5.3.3 Total energianvändning efter konvertering

I avsnittet sammanställs byggnadens energibalans före och efter konverteringen. Beräkningarna har hittills endast omfattat byggnadens uppvärmning. Varmvattenberedning och hushållsel har inte berörts. Typhusen har ett tappvarmvattenbehov av 4800 kWh/år. Vi antar att om detta också täcks med en gaspanna sjunker årsverkningsgraden 5 procentenheter. Möjligheterna att därutöver ersätta el med gas i huset är tämligen begränsade. I tabell 5.6 visas fördelningen av den hushållsel som årligen förbrukas i ett hushåll [30]. Det är endast spisen som rimligen kan ersättas. Vid byte till gasspis antas att verkningsgraden är lika, d v s elenergin ersätts av lika mycket gasenergi.

Tabell 5.6: Hushållsel i svenska småhus [30]

| Förbrukare                  | (kWh/år) |
|-----------------------------|----------|
| Matlagning                  | 544      |
| Diskmaskin exkl. varmvatten | 153      |
| Kyl och frys                | 1670     |
| Tvätt                       | 299      |
| Tork                        | 138      |
| Belysning                   | 1019     |
| Vägguttag                   | 1246     |
| Summa                       | 5068     |

Med hjälp av de tidigare verkningsgradsberäkningarna och data om hushållsel kan energibalanser beräknas för husen före och efter konverteringen. I tabell 5.7 visas några exempel. Systemlösning 1, d v s gaspanna och radiatorer, och systemlösning 6, som innebär att gasradiatorerna ersätter elradiatorerna har använts. För systemlösning 1 har installation 1 valts (se tabell 5.3 på sidan 64) tillsammans med en kondenserande panna (panna II) och en icke-kondenserande panna (panna V). Effekterna av att även byta varmvattenberedaren (TVV) och spisen är också belysta. För systemlösning 6 har endast effekterna av förändrad årsverkningsgrad och elersättningsgrad illustrerats.

|                                           | Före konv. (el/gas) |        |         | Efter konv. (el/gas) |        |          | Elred.<br>(%) |
|-------------------------------------------|---------------------|--------|---------|----------------------|--------|----------|---------------|
|                                           | Uppv.               | TVV    | Hushåll | Uppv.                | TVV    | Hushåll  |               |
| <b>Systemlösning 1</b>                    |                     |        |         |                      |        |          |               |
| Panna II, inst. 1                         | 11000/0             | 4800/0 | 5100/0  | 1100/10600           | 4800/0 | 5100/0   | 47            |
| Panna V, inst. 1                          | 11000/0             | 4800/0 | 5100/0  | 760/11700            | 4800/0 | 5100/0   | 49            |
| Panna II, inst. 1, TVV                    | 11000/0             | 4800/0 | 5100/0  | 1100/11100           | 0/4900 | 5100/0   | 70            |
| Panna V, inst. 1, TVV                     | 11000/0             | 4800/0 | 5100/0  | 760/12300            | 0/5400 | 5100/0   | 72            |
| Panna II, inst. 1, TVV+spis               | 11000/0             | 4800/0 | 5100/0  | 1100/11100           | 0/4900 | 4500/600 | 78            |
| Panna V, inst. 1, TVV+spis                | 11000/0             | 4800/0 | 5100/0  | 760/12300            | 0/5400 | 4500/600 | 75            |
| <b>Systemlösning 6</b>                    |                     |        |         |                      |        |          |               |
| 70% elersättning, $\eta_{\text{år}}=85\%$ | 11000/0             | 4800/0 | 5100/0  | 3300/9100            | 4800/0 | 5100/0   | 37            |
| 70% elersättning, $\eta_{\text{år}}=90\%$ | 11000/0             | 4800/0 | 5100/0  | 3300/8600            | 4800/0 | 5100/0   | 37            |
| 90% elersättning, $\eta_{\text{år}}=85\%$ | 11000/0             | 4800/0 | 5100/0  | 1100/11600           | 4800/0 | 5100/0   | 47            |
| 90% elersättning, $\eta_{\text{år}}=90\%$ | 11000/0             | 4800/0 | 5100/0  | 1100/11000           | 4800/0 | 5100/0   | 47            |

Tabell 5.7: Energilanser före och efter konvertering av direktvärme, 11 000 kWh/år

# Kapitel 6

## Slutsatser

Två lösningar föreslås som huvudalternativ vid konvertering av direktelvärm-  
da småhus till gasbaserad uppvärmning:

- Radiatorsystem och väggpanna. Elradiatorerna behålls i våtutrymmen.
- Två eller tre gasradiatorer installeras. Elradiatorerna behålls för kallas  
och komfortutjämnning.

Systemet med radiatorsystem är välkänt för alla installatörer och konsul-  
ter och torde därför inte vålla några tekniska problem. Systemlösningen  
kan användas i alla småhus oberoende av planlösningen. Völdimensionerade  
paket bör enkelt kunna utformas. Åtminstone två paket bör utvecklas: ett  
för ickekondenserande pannor och ett för kondensationspannor.

Gasradiatorer som huvudsaklig värmekälla är en okonventionell systemlös-  
ning i Sverige. Ett system av detta slag bör i första hand installeras i småhus  
med öppen planlösning. Om man med enkla medel kan realisera en regler-  
strategi som minimerar elanvändningen kan detta vara en ekonomiskt mycket  
attraktiv lösning.

En märkbar sänkning av uppvärmningskostnaden kräver att tidsdifferentier-  
ad eltariff kan undvikas efter konverteringen.

Demonstrationsinstallationer bör vara inriktade på följande områden:

- Ekonomisk demonstration av ett traditionellt radiatorsystem  
och väggpanna

- Teknisk demonstration av gasradiatorer kompletterade av befintligt direktelsystem. Reglersystemets inflytande på inomhusklimatet och elanvändningen bör primärt studeras.

Gasdistributörerna bör också arbeta för en enkel konvertering ur småhusägarens synvinkel. Här kan dagens auktorisation för gasinstallatörer utnyttjas. Ett önskvärt mål vore att husägaren endast behöver kontakta gasdistributören eller installatören angående konverteringen. Denne svarar sedan för de nödvändiga kontakterna med berörda myndigheter.

# Litteraturförteckning

- [1] Jonson E.; Nelson, M., *Konvertering av direktelvärmda småhus till naturgasuppvärmning. Teknik-Ekonomi-Potential*, examensarbete, Inst. för värme- och kraftteknik LTH, ISRN LUTMDN/TMVK-5287-SE, april 1997
- [2] *Omställning av energisystemet. Slutbetänkande av Energikommisionen*, SOU 1995:139, december 1995
- [3] *Värme i småhus. Marknadsöversikt*, Konsumentverket, 1995
- [4] Nilsson, P.-E.; Aronsson, S.; Gustén, J., *Learning from experiences with Energy Efficient Retrofitting of Residential Buildings*, CADDET Analyses Series No. 18, 1996, ISBN 90-72647-25-4
- [5] Wanselius, K.; Berggren, B., *Konvertering till naturgasvärme i typområden. Typområde - Sisjön i Göteborg*, Swedegas FUD 1989, oktober 1989
- [6] Berg, N.-E., *Gaskonvertering av ett direktelvärmst småhusområde. Slutrapport*, Stockholm Energi, juli 1992
- [7] Näslund, M., *Uppvärmning med gas i svenska småhus - erfarenheter och framtida teknikval*, SGC rapport 078, oktober 1996
- [8] *Elersättning med naturgas - Slutrapport till SEUs pilotgrupp för rationell elanvändning*, Lunds Energi, mars 1993
- [9] Lokander, S., *Gasolvärme i småhus, pilotprojekt i Tierp*, Vattenfall Uppdrag 2000, juni 1989
- [10] Peterson, F.; Wallin, T., *Energikonvertering av direktelvärmda hus*, Tekniska meddelanden 331, 1989:1 vol. 20, Inst. för uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH, Stockholm 1989

- [11] Göransson, P.; Qvist, B.; Sällborn Werner, C., *Konvertering från direktelvärme till luftvärmesystem i flerbostadshus i Råslätt*, Byggforskningsrådet, Rapport R25:1989
- [12] Bäckberg, H.; Schroeder, K., *Konvertering från direktelvärme till vattenburet system. Utvärdering*, Byggforskningsrådet, Rapport R115:1989
- [13] Johnsson, L., *Värmepump i direktelvärmst småhus – slutrapport om projekt i Höllviken*, Sammanställning Sydkraft, 1990-02-01
- [14] Stensson, B.; Bernestål, A., *Alternativa värmesystem för direkt-elvärmda småhus. Förstudie*, Byggforskningsrådet, Rapport R67:1990
- [15] Kellner, J.; Nilsson, R.; Wikander, G.R., *Konvertering av direktelvärmda småhus till fjärrvärme*, Byggforskningsrådet, Rapport R81:1988
- [16] *Sig farvel til elvarme*, VE-information 74, Informationssekretariatet for vedvarende energi, Danmark, februari 1997
- [17] Banks, D., *Residential House Heating Conversions to Natural Gas: Trends and Prospects*, Gas Energy Review, mars 1996
- [18] Chernick, P.; Espenhorst, E.; Goodman, I., *Analysis of Residential Fuel Switching as an Electric Conversion Option*, Gas Energy review, dec 1990
- [19] Patullo, C., *Making Low Income Housing Affordable: The Northgate Retrofits*, Home Energy, March/April 1993, pp. 13-16
- [20] Kommunikation med Chris Burns, Burlington Electric
- [21] *Innovative Hot water Conversion System Draws Unprecedented Interest*, Butane-Propane News, January 1993
- [22] Kommunikation med William Rich, Titeflex, USA
- [23] *Interior Gas Distribution Technology for Tall Buildings. Phase II. Case Study No. 1 Evaluation of As-Installed versus Enhanced Gas Distribution System. Valley Lo Apartments*, Foster-Miller Inc., GRI 94/0236, augusti 1994

- [24] *Interior Gas Distribution Technology for Tall Buildings. Phase II. Case Study No. 2 Evaluation of As-Installed versus Enhanced Gas Distribution System. North General Hospital, Foster-Miller Inc., GRI 94/0237, augusti 1994*
- [25] Zaheer-Uddin; Fazio, P., *Zone-adjustable, direct vent gas-fired heating systems*, Energy Convers. Management, **31**, 1991, pp. 481–488
- [26] Norberg, C.; *Styrning och reglering av inomhustemperatur i delkonverterade småhus*, Eleffektiviseringslaboratoriet 6, Vattenfall Utveckling 1990
- [27] Schweitzer, J.; *Annual Efficiency calculation method for domestic boilers*, Dansk Gasteknisk Center, april 1996
- [28] Kristensen, L.; Frederiksen, K.V., *Beregning af varmeanlæg till parcelhuse*, Teknisk Note Nr 1/1995, Dansk Gasteknisk Center, april 1995
- [29] Elmroth, A.; Hjalmarsson, C.; Norlén, U.; Rolén, C., *Effekter av energisparåtgärder i bostadshus*, Byggforskningsrådet Rapport R107:1989
- [30] *Hushållsel i småhus. Mätning av elanvändningen i 66 småhus och av konsekvenserna att byta hushållsapparater*, NUTEK rapport B 1994:11

1998-01-14

**RAPPORTFÖRTECKNING**

| <b>SGC<br/>Nr</b> | <b>Rapportnamn</b>                                                                    | <b>Rapport<br/>datum</b> | <b>Författare</b>                                  | <b>Pris<br/>kr</b> |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------|--------------------|
| 001               | Systemoptimering vad avser ledningstryck                                              | Apr 91                   | Stefan Grudén<br>TUMAB                             | 100                |
| 002               | Mikrokraftvärmeverk för växthus.<br>Utvärdering                                       | Apr 91                   | Roy Ericsson<br>Kjessler & Mannerstråle AB         | 100                |
| 004               | Krav på material vid kringfyllnad av<br>PE-gasledningar                               | Apr 91                   | Jan Molin<br>VBB VIAK                              | 50                 |
| 005               | Teknikstatus och marknadsläge för<br>gasbaserad minikraftvärme                        | Apr 91                   | Per-Arne Persson<br>SGC                            | 150                |
| 006               | Keramisk fiberbrännare - Utvärdering av<br>en demo-anläggning                         | Jan 93                   | R Brodin, P Carlsson<br>Sydkraft Konsult AB        | 100                |
| 007               | Gas-IR teknik inom industrin.<br>Användnings- områden, översiktlig<br>marknadsanalys  | Aug 91                   | Thomas Ehrstedt<br>Sydkraft Konsult AB             | 100                |
| 009               | Läcksökning av gasledningar. Metoder och<br>instrument                                | Dec 91                   | Charlotte Rehn<br>Sydkraft Konsult AB              | 100                |
| 010               | Konvertering av aluminiumsmältugnar.<br>Förstudie                                     | Sep 91                   | Ola Hall, Charlotte Rehn<br>Sydkraft Konsult AB    | 100                |
| 011               | Integrerad naturgasanvändning i tvätterier.<br>Konvertering av torktumlare            | Sep 91                   | Ola Hall<br>Sydkraft Konsult AB                    | 100                |
| 012               | Odöranter och gasolkondensats påverkan<br>på gasrörssystem av polyeten                | Okt 91                   | Stefan Grudén, F. Varmedal<br>TUMAB                | 100                |
| 013               | Spektralfördelning och verkningsgrad för<br>gaseldade IR-strålare                     | Okt 91                   | Michael Johansson<br>Drifttekniska Instit. vid LTH | 150                |
| 014               | Modern gasteknik i galvaniseringsindustri                                             | Nov 91                   | John Danelius<br>Vattenfall Energisystem AB        | 100                |
| 015               | Naturgasdrivna truckar                                                                | Dec 91                   | Åsa Marbe<br>Sydkraft Konsult AB                   | 100                |
| 016               | Mätning av energiförbrukning och<br>emissioner före o efter övergång till<br>naturgas | Mar 92                   | Kjell Wanselius<br>KW Energiprodukter AB           | 50                 |
| 017               | Analys och förslag till handlingsprogram<br>för området industriell vätskevärmning    | Dec 91                   | Rolf Christensen<br>AF-Energikonsult Syd AB        | 100                |
| 018               | Skärning med acetylen och naturgas. En<br>jämförelse.                                 | Apr 92                   | Åsa Marbe<br>Sydkraft Konsult AB                   | 100                |



1998-01-14

**RAPPORTFÖRTECKNING**

| <b>SGC<br/>Nr</b> | <b>Rapportnamn</b>                                                               | <b>Rapport<br/>datum</b> | <b>Författare</b>                                     | <b>Pris<br/>kr</b> |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------|
| 019               | Läggning av gasledning med plöjteknik vid Glostorp, Malmö. Uppföljningsprojekt   | Maj 92                   | Fallsvik J, Haglund H m fl<br>SGI och Malmö Energi AB | 100                |
| 020               | Emissionsdestruktion. Analys och förslag till handlingsprogram                   | Jun 92                   | Thomas Ehrstedt<br>Sydkraft Konsult AB                | 150                |
| 021               | Ny läggningsteknik för PE-ledningar. Förstudie                                   | Jun 92                   | Ove Ribberström<br>Ove Ribberström Projekt. AB        | 150                |
| 022               | Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4                         | Aug 92                   | Svenskt Gastekniskt Center                            | 150                |
| 023               | Läggning av gasledning med plöjteknik vid Lillhagen, Göteborg. Uppföljningsproj. | Aug 92                   | Nils Granstrand m fl<br>Göteborg Energi AB            | 150                |
| 024               | Stumsvetsning och elektromuffsvetsning av PE-ledningar. Kostnadsaspekter.        | Aug 92                   | Stefan Grudén<br>TUMAB                                | 150                |
| 025               | Papperstorkning med gas-IR. Sammanfattning av ett antal FUD-projekt              | Sep 92                   | Per-Arne Persson<br>Svenskt Gastekniskt Center        | 100                |
| 026               | Koldioxidgödsling i växthus med hjälp av naturgas. Handbok och tillämpn.exempel  | Aug 92                   | Stig Arne Molén m fl                                  | 150                |
| 027               | Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall            | Okt 92                   | Rolf Christensen<br>ÄF-Energikonsult                  | 150                |
| 028               | Stora gasledningar av PE. Teknisk och ekonomisk studie.                          | Okt 92                   | Lars-Erik Andersson, Åke Carlsson, Sydkraft Konsult   | 150                |
| 029               | Catalogue of Gas Techn Research and Development Projects in Sweden (På engelska) | Sep 92                   | Swedish Gas Technology Center                         | 150                |
| 030               | Pulsationspanna. Utvärdering av en demo-anläggning                               | Nov 92                   | Per Carlsson, Åsa Marbe<br>Sydkraft Konsult AB        | 150                |
| 031               | Detektion av dräneringsrör. Testmätning med magnetisk gradiometri                | Nov 92                   | Carl-Axel Triumf<br>Triumf Geophysics AB              | 100                |
| 032               | Systemverkn.grad efter konvertering av vattenburen elvärme t gasvärme i småhus   | Jan 93                   | Jonas Forsman<br>Vattenfall Energisystem AB           | 150                |
| 033               | Energiuppföljning av gaseldad panncentral i kvarteret Malörten, Trelleborg       | Jan 93                   | Theodor Blom<br>Sydkraft AB                           | 150                |
| 034               | Utvärdering av propanexponerade PEM-rör                                          | Maj 93                   | Hans Leijström<br>Studsvik AB                         | 150                |

1998-01-14

**RAPPORTFÖRTECKNING**

| <b>SGC Nr</b> | <b>Rapportnamn</b>                                                              | <b>Rapport datum</b> | <b>Författare</b>                           | <b>Pris kr</b> |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|----------------|
| 035           | Hemmatankning av naturgasdriven personbil. Demonstrationsprojekt                | Jun 93               | Tove Ekeborg<br>Vattenfall Energisystem     | 150            |
| 036           | Gaseldade genomströmningsberedare för tappvarmvatten i småhus. Litteraturstudie | Jun 93               | Jonas Forsman<br>Vattenfall Energisystem    | 150            |
| 037           | Verifiering av dimensioneringsmetoder för distributionsledningar. Litt studie.  | Jun 93               | Thomas Ehrstedt<br>Sydkraft Konsult AB      | 150            |
| 038           | NOx-reduktion genom reburning med naturgas. Fullskaleförsök vid SYSAV i Malmö   | Aug 93               | Jan Bergström<br>Miljökonsulterna           | 150            |
| 039           | Pulserande förbränning för torkändamål                                          | Sep 93               | Sten Hermodsson<br>Lunds Tekniska Högskola  | 150            |
| 040           | Organisationer med koppling till gasteknisk utvecklingsverksamhet               | Feb 94               | Jörgen Thunell<br>SGC                       | 150            |
| 041           | Fältsortering av fyllnadsmassor vid läggning av PE-rör med lägningsbox.         | Nov 93               | Göran Lustig<br>Elektro Sandberg Kraft AB   | 150            |
| 042           | Deponigasens påverkan på polyetenrör.                                           | Nov 93               | Thomas Ehrstedt<br>Sydkraft Konsult AB      | 150            |
| 043           | Gasanvändning inom plastindustrin, handlingsplan                                | Nov 93               | Thomas Ehrstedt<br>Sydkraft Konsult AB      | 150            |
| 044           | PA 11 som material ledningar för gasdistribution.                               | Dec 93               | Thomas Ehrstedt<br>Sydkraft Konsult AB      | 150            |
| 045           | Metoder att höja verkningsgraden vid avgaskondensering                          | Dec 93               | Kjell Wanselius<br>KW Energiprodukter AB    | 150            |
| 046           | Gasanvändning i målerier                                                        | Dec 93               | Charlotte Rehn et al<br>Sydkraft Konsult AB | 150            |
| 047           | Rekuperativ aluminiumsmältugn. Utvärdering av degelugn på Värnamo Pressgjuteri. | Okt 93               | Ola Hall<br>Sydkraft Konsult AB             | 150            |
| 048           | Konvertering av dieseldrivna reservkraftverk till gasdrift och kraftvärmeprod   | Jan 94               | Gunnar Sandström<br>Sydkraft Konsult AB     | 150            |
| 049           | Utvecklad teknik för gasinstallationer i småhus                                 | Feb 94               | P Kastensson, S Ivarsson<br>Sydgas AB       | 150            |
| 050           | Korrosion i flexibla rostfria insatsrör (Finns även i engelsk upplaga)          | Dec 93               | Ulf Nilsson m fl<br>LTH                     | 150            |

1998-01-14

**RAPPORTFÖRTECKNING**

| <b>SGC<br/>Nr</b> | <b>Rapportnamn</b>                                                               | <b>Rapport<br/>datum</b> | <b>Författare</b>                               | <b>Pris<br/>kr</b> |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 051               | Nordiska Degelugnsprojektet. Pilot- och fältförsök med gasanvändning.            | Nov 93                   | Eva-Maria Svensson<br>Glafo                     | 150                |
| 052               | Nordic Gas Technology R&D Workshop. April 20, 1994. Proceedings.(På engelska)    | Jun 94                   | Jörgen Thunell, Editor<br>Swedish Gas Center    | 150                |
| 053               | Tryckhöjande utrustning för gas vid metallbearbetning -- En förstudie av GT-PAK  | Apr 94                   | Mårten Wärnö<br>MGT Teknik AB                   | 150                |
| 054               | NOx-reduktion genom injicering av naturgas i kombination med ureainsprutning     | Sep 94                   | Bent Karll, DGC<br>P Å Gustafsson, Miljökons.   | 100                |
| 055               | Trevägs-katalysatorer för stationära gasmotorer.                                 | Okt 94                   | Torbjörn Karlelid m fl<br>Sydkraft Konsult AB   | 150                |
| 056               | Utvärdering av en industriell gaseldad IR-strålare                               | Nov 94                   | Johansson, M m fl<br>Lunds Tekniska Högskola    | 150                |
| 057               | Läckagedetekteringssystem i storskaliga gasinstallationer                        | Dec 94                   | Fredrik A Silversand                            | 150                |
| 058               | Demonstration av låg-NOx-brännare i växthus                                      | Feb 95                   | B Karll, B T Nielsen<br>Dansk Gasteknisk Center | 150                |
| 059               | Marknadspotential naturgaseldade industriella IR-strålare                        | Apr 95                   | Rolf Christensen<br>Enerkon RC                  | 150                |
| 060               | Rekommendationer vid val av flexibla insatsrör av rostfritt i villaskorstenar    | Maj 95                   | L Hedeén, G Björklund<br>Sydgas AB              | 50                 |
| 061               | Polyamidrör för distribution av gasol i gasfas. Kunskapssammanställning          | Jul 95                   | Tomas Tränkner<br>Studsvik Material AB          | 150                |
| 062               | PE-rörs tålighet mot yttre påverkan. Sammanställning av utförda praktiska försök | Aug 95                   | Tomas Tränkner<br>Studsvik Material AB          | 150                |
| 063               | Naturgas på hjul. Förutsättningar för en storskalig satsning på NGV i Sverige    | Aug 95                   | Naturgasbolagens<br>NGV- grupp                  | 150                |
| 064               | Energieffektivisering av större gaseldade pannanläggningar. Handbok              | Aug 95                   | Lars Frederiksen<br>Dansk Gasteknisk Center     | 200                |
| 065               | Förbättra miljön med gasdrivna fordon                                            | Aug 95                   | Göteborg Energi m fl                            | 150                |
| 066               | Konvertering av oljeeldade panncentraler till naturgas. Handbok.                 | Nov 95                   | Bo Cederholm<br>Sydkraft Konsult AB             | 150                |

1998-01-14

**RAPPORTFÖRTECKNING**

| <b>SGC<br/>Nr</b> | <b>Rapportnamn</b>                                                               | <b>Rapport<br/>datum</b> | <b>Författare</b>                                   | <b>Pris<br/>kr</b> |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------|
| 067               | Naturgasmodellen. Manual för SMHI:s program för beräkn av skorstenshöjder        | Dec 95                   | Tingnert B, SKKB<br>Thunell J, SGC                  | 150                |
| 068               | Energigas och oxyfuelteknik                                                      | Dec 95                   | Ingemar Gunnarsson<br>Energi-Analys AB              | 150                |
| 069               | CO2-gödsling med avgaser från gasmotor med katalysator                           | Dec 95                   | Bent Karll<br>Dansk Gasteknisk Center               | 150                |
| 070               | Utvärdering av naturgasförbränning i porösa bäddar                               | Mar 96                   | Henric Larsson<br>Lunds Tekniska Högskola           | 150                |
| 071               | Utvärdering av naturgasdrivna IR-boostar i ugn för pulverlackering               | Nov 95                   | Ole H Madsen<br>Asger N Myken                       | 150                |
| 072               | Sammanställning av emissionsdata från naturgas-, biogas- o motorgasdrivna fordon | Jun 96                   | Hans-Ake Maltesson<br>Svenskt Gastekniskt Center AB | 150                |
| 073               | Livslängdsbestämning för PE-rör för gasdistribution (EVOPE-projektet)            | Jul 96                   | Tomas Tränkner<br>Studsvik Material AB              | 100                |
| 074               | Gasblandningar för fordonsdrift. Idéstudie.                                      | Aug 96                   | Ola Hall<br>Sydkraft Konsult AB                     | 150                |
| 075               | Gasbranschens miljöhandbok                                                       | Sep 96                   | Jörgen Thunell<br>Svenskt Gastekniskt Center        | 500                |
| 076               | Låg-NOx-teknik för gasdrivna processer - dagsläge                                | Okt 96                   | Mikael Näslund, LTH                                 | 150                |
| 077               | Karakterisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB 50-projektet | Dec 96                   | K-E Egeback<br>Roger Westerholm                     | 150                |
| 078               | Uppvärmning med gas i svenska småhus - erfarenheter och framtida teknikval       | Nov 96                   | Mikael Näslund, LTH                                 | 150                |
| 079               | Handledn. för inst av gaseldade IR-värmare. Rådgivning, analys och genomförande  | Apr 97                   | Pär Dalin, DITAB                                    | 150                |
| 080               | Mikrokraftvärmeverk med Stirlingmotor                                            | Jan 97                   | Tomas Nilsson<br>Lunds Tekniska Högskola            | 150                |
| 081               | Naturgasbaserad småskalig kraftvärme inom uppvärmningssektorn                    | Feb 97                   | Mats Nilsson<br>LTH/MALMO                           | 150                |
| 082               | Kylning och klimatisering av byggnader och lokaler med hjälp av naturgas         | Apr 97                   | Anders Lindkvist<br>Vattenfall Energisystem         | 150                |

1998-01-14

**RAPPORTFÖRTECKNING**

| <b>SGC<br/>Nr</b> | <b>Rapportnamn</b>                                                               | <b>Rapport<br/>datum</b> | <b>Författare</b>                                           | <b>Pris<br/>kr</b> |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|
| 083               | Naturgassystemet i Sverige - en teknisk beskrivning                              | Jun 97                   | Ronny Nilsson, KM                                           | 150                |
| 084               | Livscykelanalyser - Är det något för gasbranschen                                | Sep 97                   | Jörgen Thunell                                              | 150                |
| 085               | Konvertering av direktelvärmda småhus till naturgasuppvärmning                   | Dec 97                   | Mikael Näslund                                              | 150                |
| 086               | Uppgradering av biogas . Fas 2, Praktiska försök med kondenseringsmetoder.       | Jun 97                   | Ola Lloyd / BioMil AB<br>Johan Nilsson / LTH                | 150                |
| 087               | Utveckling av kataltalytisk rening av avgaser från befintlig panna               | Dec 97                   |                                                             | 150                |
| A01               | Fordonstankstation Naturgas.<br>Parallellkoppling av 4 st Fuel Makers            | Feb 95                   | Per Carlsson<br>Göteborg Energi                             | 50                 |
| A02               | Uppföljning av gaseldade luftvärmare vid Arlövs Sockerraffinaderi                | Jul 95                   | Rolf Christensen<br>Enercon RC                              | 50                 |
| A03               | Gasanvändning för färjedrift. Förstudie (Endast för internt bruk)                | Jul 95                   | Gunnar Sandström<br>Sydkraft Konsult                        | 0                  |
| A04               | Bussbuller. Förslag till mätprogram                                              | Jun 95                   | Ingemar Carlsson<br>Ecotrans Teknik AB                      | 50                 |
| A05               | Värmning av vätskor med naturgas -<br>Bakgrund till faktablad                    | Okt 95                   | Rolf Christensen<br>Enerkon RC                              | 50                 |
| A06               | Isbildning i naturgasbussar och CNG-system (Endast för internt bruk)             | Nov 95                   | Volvo Aero Turbines<br>Sydgas, SGC                          | 0                  |
| A07               | Större keramisk fiberbrännare. Förstudie                                         | Jan 96                   | Per Carlsson<br>Sydkraft Konsult                            | 50                 |
| A08               | Reduktion av dioxin, furan- och klorfenoler vid avfallsförbränning               | Maj 96                   | H Palmén, M Lampinen et al<br>Helsingfors Tekniska Högskola | 50                 |
| A09               | Naturgas/mikrovågsteknik för sintring av keramer                                 | Maj 96                   | Anders Röstin, KTH                                          | 50                 |
| A10               | NOx-reduktion genom naturgasinjektion o reburning. Demoprojekt på Knudmoseverket | Apr 96                   | Jan Flensted Poulsen<br>Völund R & D Center                 | 50                 |
| A11               | Direktorkning av socker med naturgas (Endast för internt bruk)                   | Jul 96                   | Rolf Christensen<br>Enerkon RC                              | 0                  |

1998-01-14

**RAPPORTFÖRTECKNING**

| <b>SGC<br/>Nr</b> | <b>Rapportnamn</b>                                                               | <b>Rapport<br/>datum</b> | <b>Författare</b>                     | <b>Pris<br/>kr</b> |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| A12               | Uppföljning, installation av gaspanna med avgaskondensor, kv Hornblåsaren 6, Råå | Sep 96                   | Bo Cederholm<br>Sydkraft Konsult AB   | 50                 |
| A13               | Klassningsplaner för gasinstallationer                                           | Jun 97                   | Carl-Axel Stenberg<br>Greger Arnesson | 50                 |
| A14               | Uppf av drift med natugaseldad kondenserande gaspanna i Rinnebäcksskolan         | 971015                   | Bo Cederholm                          | 50                 |



**Svenskt Gastekniskt Center AB**

---

---

S-205 09 MALMÖ  
Telefon: 040-24 43 10  
Telefax: 040-24 43 14

KFS AB, LUND