
Rapport SGC 027

**DECENTRALISERAD ANVÄNDNING
AV GAS FÖR VÄTSKEVÄRMNING**
Två praktikfall

Rolf Christensen
ÅF-Energikonsult Syd AB

Oktober 1992



Rapport SGC 027

**DECENTRALISERAD ANVÄNDNING
AV GAS FÖR VÄTSKEVÄRMNING**

Två praktikfall

Rolf Christensen

ÅF-Energikonsult Syd AB

Oktober 1992

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 dyl 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, Vattenfall Naturgas AB, Sydgas AB, Vattenfall AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB och M.E.Malmö Energi AB.

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Jörgen Thunell

SAMMANFATTNING

Efter naturgasintroduktionen i Sverige 1985 har intresset för en decentraliserad användning av naturgas varit stort då industrin är den dominerande kundkategorin i Sverige. Det stora intresse som visats decentraliserad vätskevärmning i industriella processer är huvudsakligen baserat på att utländska rapporter gjort gällande att stora energibesparingar kan göras med denna teknik.

Föreliggande projekt har haft till syfte att undersöka de positiva och negativa effekter som kan uppkomma vid en övergång till decentraliserad värmning av vätskor i industrin. Projektet har utförts som ett licentiatarbete och denna rapport är en förkortad version av licentiatavhandlingen.

Projektet har i huvudsak omfattat följande moment:

- Allmän bedömning av energibesparingar vid decentraliserad värmning
- Energikartering vid två industriföretag
- Uppföljning av installerad decentraliserad värmning vid de två industriföretagen, omfattande bl.a mätningar av emissioner samt uppskattning av verkningsgrader och energibesparingar

De två industriföretagen är slakteriet Scan Väst i Varberg och Bryggeri AB Falken i Falkenberg.

På Scan Väst har man gått över till helt decentraliserad processvärmning genom att ersätta en äldre ångcentral med en naturgaseldad vätskevärmare och en "decentraliserad", liksom naturgaseldad varmvattenpanna. Eftersom den ersatta ångpannan normalt alltid kördes på dellast, med relativt stora systemförluster som följd, blev bränslebesparingen så stor som 24 % vid en övergång till decentraliserad värmning.

Vid Bryggeri AB Falken har installerats en gaseldad vätskevärmare på en ny sköljmaskin. Syftet med denna installation var att reducera ångförbrukningen i bryggeriet eftersom det befintliga ångsystemet och panncentralen inte kunde säkerställa ångförsörjningen vid en planerad, utökad produktion av öl och läsk.

En uppföljning av vätskevärmaren vid Falken visade emellertid på motsatt resultat som vid Scan Väst, dvs den totala bränsleåtgången blev högre jämfört med om värmaren varit ansluten till det centrala ångsystemet. Förklaringen ligger huvudsakligen i att vätskevärmarens verkningsgrad visade sig vara lägre än verkningsgraden för pannorna i panncentralen. En del av förklaringen ligger också i att, till skillnad från Scan Väst, det centrala ångsystemet var i drift även efter det att värmaren installerats, varför någon reduktion av systemförlusterna ej kunde åstadkommas.

Vad gäller emissionsbilden uppvisade såväl Scan Väst som Falken förhöjda värden av oförbrända kolväten och kolmonoxid jämfört med ångvärmning.

Den låga verkningsgraden och de höga emissionerna för vätskevärmaren vid Falken medförde efter ett tag att den kompletterades med en ångvärmeslinga i badet. Energikarteringen av hela bryggeriet hade nämligen visat att det fanns goda möjligheter att reducera det totala ånguttaget från det centrala ångsystemet genom olika återvinningsåtgärder. Det visade sig dessutom att aktuella återvinningsåtgärder var mer lönsamma än övergång till decentraliserad värmning.

Erfarenheterna från projektet visar sammanfattningsvis att:

- De energibesparingsmöjligheter som ofta anges i utländsk litteratur är svåra att uppnå, speciellt där det inte finns möjligheter att helt stänga av ett befintligt centralt värmningssystem
- Hög verkningsgrad måste kunna påvisas för att motivera investering i decentraliserad värmning
- Vätskevärmarnas miljöpåverkan måste reduceras
- Vätskevärmarnas utrymmesbehov måste reduceras för att öka antalet applikationsmöjligheter
- Behov finns av fortsatt forskning och utveckling inom området decentraliserad vätskevärmning

SUMMARY

Since 1985, when natural gas was introduced into Sweden, there has been an increasing interest in decentralized heating as industrial utilization is dominating the Swedish gas market.

The aim of this project has been to provide a picture of the beneficial and adverse effects which may arise as a result of conversion to decentralized liquid heating in industry. The project has been performed as a licentiate work and this report is a shortened version in Swedish of the licentiate thesis.

Mainly, the project have included the following topics:

- A general assessment of energy savings when a changeover to decentralized liquid heating is performed
- Energy surveys at two industries
- Follow up of installed decentralized heaters at the two industries, including, for example, measurements of emissions, heater performance and estimations of energy savings

The industries are Scan Väst slaughterhouse in Varberg and Falken brewery in Falkenberg.

At Scan Väst, a conversion to decentralized heating has been made by replacing the entire steam system and the steam boiler by means of a natural gas fired liquid heater and a decentralized natural gas fired hot water boiler.

Fuel savings of 24 % have been confirmed in the follow-up activity where the major part constitute losses from the boiler central and the steam network. The relatively high proportion of steam system losses is mainly due to the fact that the steam boiler was running at low loads.

At Falken brewery a gas fired liquid heater was installed at a new bottle washing machine. The purpose of for the installation was to reduce steam consumption in the brewery as the capacity of the existing steam network and the boiler central unabled a secure supply of steam to the process at a planned increase of the beer and soft drink production .

A follow-up of the liquid heater at Falken brewery showed, however, the opposite result as at Scan Väst namely that the fuel consumption became higher for gas heating compared to steam heating.

This is firstly due to the fact that the steam system was in operation after the installation of the liquid heater, thus unabling the possibilities to reduce steam system losses, and secondly that the liquid heater efficiency was lower than the efficiency of the steam boilers in the boiler central.

In regard to emission levels of unburnt hydrocarbons and carbonmonoxide, the heaters at Scan Väst as well as at Falken brewery showed an increase compared to steam heating.

The low heater efficiency and the high emission levels for the liquid heater at Falken brewery lead to an installation of a steam heated immersion tube in the heating tank at the bottle washing machine.

During the energy survey at the brewery it has been found that it was possible to reduce steam consumption by means of energy conservation measures. These measures also showed to be more profitable than conversion to decentralized liquid heating.

The experience from the projekt can be summarized as follows:

- The possibilities for energy savings frequently stated in literature are difficult to obtain, especially when a complete decommissioning of the existing steam system is impossible.
- High liquid heater efficiencies are necessary to motivate investments in decentralized heating.
- The environmental impact of the liquid heaters must be reduced
- Space requirements of the heaters must be reduced in order to increase the range of suitable applications.
- There are need for further research and development in the area of decentralized gas fired liquid heating.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
1 INLEDNING.....	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Målsättning	2
1.3 Genomförande	2
2 GASELDADE VÄTSKEVÄRMARE	4
2.1 Immersionsrörvärmare	4
2.2 Direktkontaktvärmare.....	6
2.3 Marknad.....	7
3 ENERGIBESPARINGAR VID DECENTRALISERAD VÄRMNING	8
3.1 Olika förluster i ångsystem.....	8
3.2 Teoretisk energibesparingspotential.....	9
4 SCAN VÄST, VARBERG	13
4.1 Anläggning, process och produktion	13
4.2 Kartläggning av energiflöden	14
4.3 Övergång till decentraliserad värmning	16
4.3.1 Skållkar.....	16
4.3.2 Sterilvattenberedare och backdiskmaskin	17
4.4 Resultat.....	18
5 BRYGGERI AB FALKEN, FALKENBERG	20
5.1 Anläggning, process och produktion	20
5.2 Kartläggning av energiflöden	22
5.3 Decentraliserad värmning.....	24
5.3.1 Flasksköljmaskin.....	24
5.3.2 Andra möjliga applikationer.....	24
5.4 Resultat.....	26
6 DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	29
7 REFERENSER.....	32

BILAGOR

Bilaga 1	Nomenklatur
----------	-------------

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Efter att naturgasen introducerats i Sverige under mitten av 80-talet har olika möjligheter för en decentraliserad naturgasanvändning i industriella processer rönt ett stort intresse. Ett av dessa områden inom decentraliserad naturgasanvändning är vätskevärmning. Detta grundar sig på att ett antal utländska rapporter och artiklar gjort gällande att stora energibesparingar, *upp till 50 % !*, kan erhållas vid en övergång från ångvärmning till decentraliserad gaseldad vätskevärmning.

Inom livsmedels-, textil- och verkstadsindustri används stora mängder energi för att värma vätskor i olika processer. Inom livsmedels- och textilindustrin är det huvudsakligen vatten som skall värmas medan det inom verkstadsindustrin är olika bad för ytbehandling av metaller, tex avfettning och fosfatering.

Det är främst inom dessa industrier som decentraliserad gaseldad vätskevärmning har en potential såväl energi- som applikationsmässigt.

1.2 Målsättning

Projektet avsåg att studera apparat- och användningstekniska aspekter, miljöaspekter och ekonomiska konsekvenser då gas används för direkt värmning av vätskor i industriella processer.

Projektets målsättning har varit att ge en så heltäckande bild som möjligt av de positiva och negativa effekter som kan uppkomma vid en övergång till decentraliserad värmning av vätskor i industrin, antingen då enstaka processer konverteras eller då övergång sker till helt decentraliserade system.

Avsikten var att ta fram information som möjliggör att uppskatta vilka konsekvenser en decentraliserad värmning har för en industris energisituation.

1.3 Genomförande

Projektet har i huvudsak omfattat följande moment:

- Allmän bedömning av energibesparingar vid decentraliserad värmning
- Energikartering vid två industriföretag
- Uppföljning av installerad decentraliserad värmning vid de två industriföretagen, omfattande bl.a mätningar av emissioner samt uppskattning av verkningsgrader och energibesparingar

De två industriföretagen är slakteriet Scan Väst i Varberg och Bryggeri AB Falken i Falkenberg.

Projektet har genomförts som ett licentiatarbete vid Lunds Tekniska Högskola med finansiering från Styrelsen för Teknisk Utveckling (numera NUTEK), Swedegas (numera Vattenfall Naturgas AB), Sydkrafts Forskningsstiftelse, Sydgas och AB Ångpanneföreningen. För rapportutgivningen svarar Svenskt Gastekniskt Center AB.

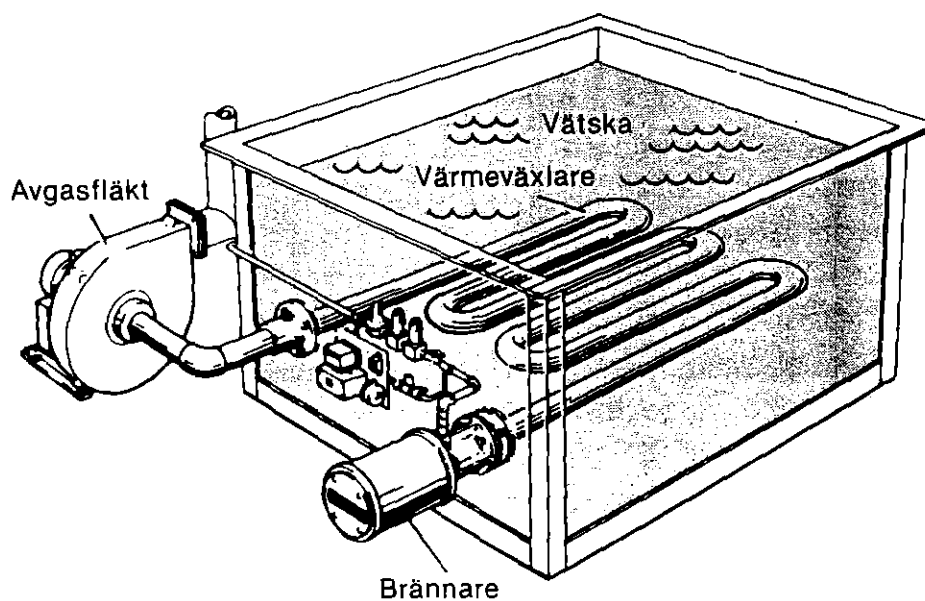
Denna rapport utgör en förkortad version av licentiatavhandlingen (ref.1) vilken mer ingående beskriver apparatteknik, anläggningar, energibalanser, mätningar mm.

2 GASELDADE VÄTSKEVÄRMARE

Det finns en mängd olika sätt att värma vätskor i tankar och kar, t ex med ånga, hetvattenpannor, eldoppvärmare etc. De apparater som beskrivs kortfattat nedan är sådana som endast kan eldas med gasformiga bränslen, t ex naturgas eller gasol, och är speciellt utvecklade för att kunna användas decentraliserat.

2.1 Immersionsrörvärmare

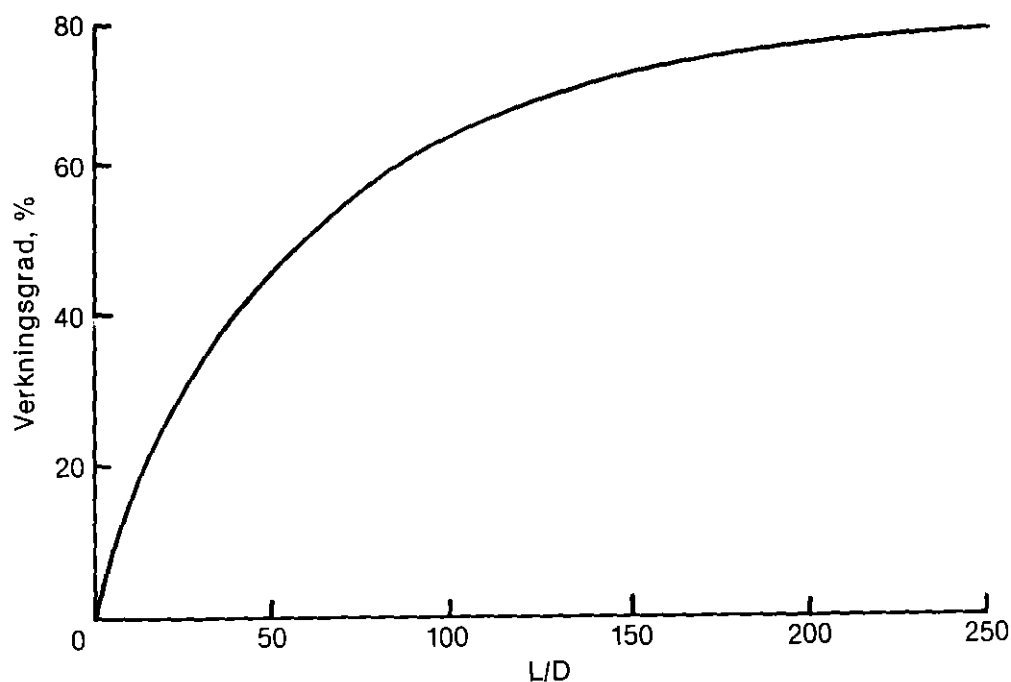
I immersionsrörvärmare sker värmeövergången genom en värmeväxlaryta vilken vanligen består av ett slätt stålrör. Värmeväxlarytan är nedsänkt i vätskan varvid vätskan kyler ner rökgaserna som leds genom röret. Namnet immersionsvärmare kommer från engelskans immersion tube heaters vilket översatt blir nedsänkta tubvärmare eller doppvärmare. En schematisk bild över en immersionsvärmare visas i figur 2.1.



Figur 2.1 Immersionsrörvärmare

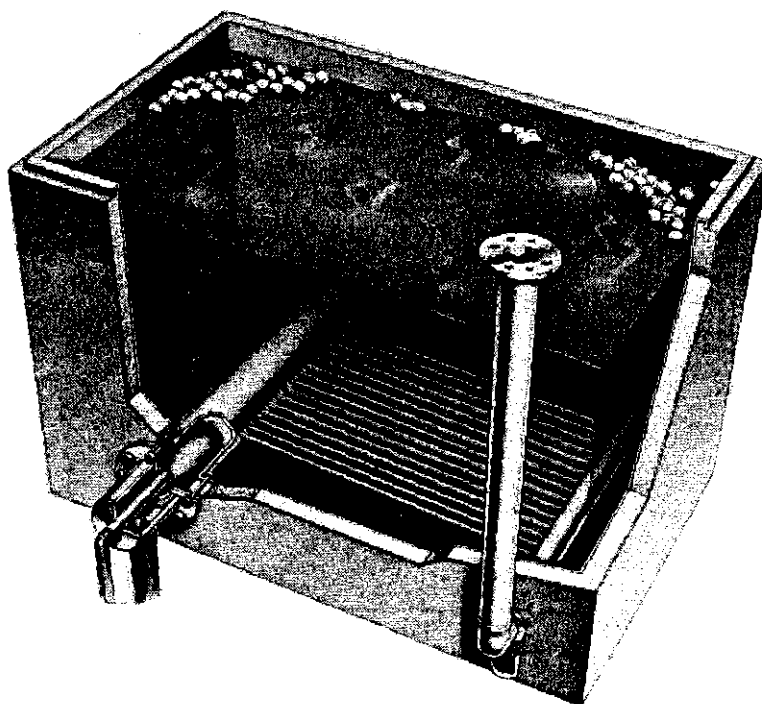
Immersionsvärmarnas verkningsgrad är till största delen beroende på förhållandet mellan rörets längd och diameter, L/D . Ett långt rör ger en stor värmeväxlaryta vilket ger en hög verkningsgrad genom att rökgasernas utgående temperatur blir lägre. Hur verkningsgraden varierar med faktorn L/D visas i figur 2.2.

Praktiskt sett innebär dock långa rör högre investeringskostnader samt stort utrymmesbehov vilket begränsar deras applikationsmöjligheter.



Figur 2.2 Verkningsgrad sfa faktorn L/D för immersionsrörvärmare

Det finns ett stort antal typer av immersionsvärmare som är speciellt anpassade till olika applikationer. Här kan nämnas s.k. multitubevärmare där värmarens värmeväxlardel består av ett antal förgrenade rör med en mindre diameter än röret där förbränningen sker. De mindre rören kan sedan anpassas efter tanken för att uppta så liten plats i tanken som möjligt. Dessa värmare är normalt mycket kompakta och kan leverera stora effekter i små tankar och kärl. Ett exempel på en sådan värmare är en sk Grid Pak från Nordsea Gas Technology Ltd vilken visas i figur 2.3.



Figur 2.3 Nordsea Grid Pak multitubevätskevärmare

En fördel med immersionsvärmare är att verkningsgraden inte nämnvärt påverkas av badtemperatur, så länge vätsketemperaturen ej överstiger 100°C. En annan fördel är att förbränningsprodukterna inte påverkar den värmda vätskan, vilket kan vara fallet vid direkt värmning.

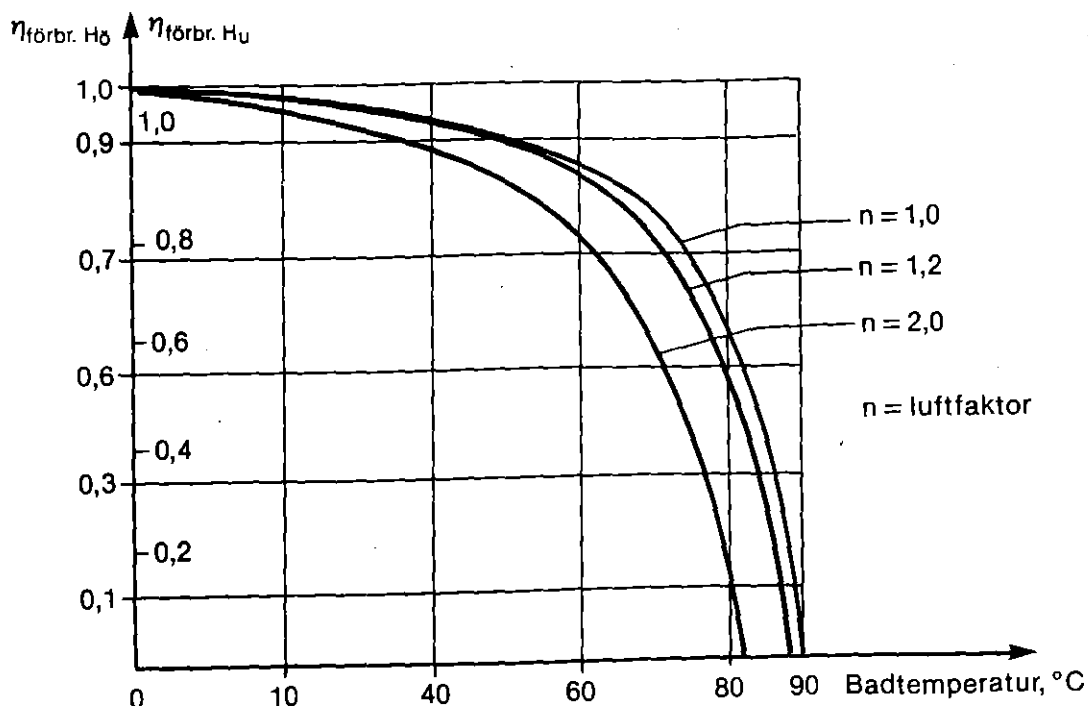
2.2 Direktkontaktvärmare

I direktkontaktvärmare sker värmeövergången mellan förbränningsgaserna och vätskan helt eller delvis genom att, som namnet antyder, avgaserna kommer i direkt kontakt med vätskan som skall värmas.

Direktkontakten kan ske på två olika sätt, antingen genom att rökgaserna trycks genom vätskan för att sedan bubbla upp till ytan eller att vätskan sprayas in i rökgaserna, vanligen motströms för att få en effektiv kylning av rökgaserna.

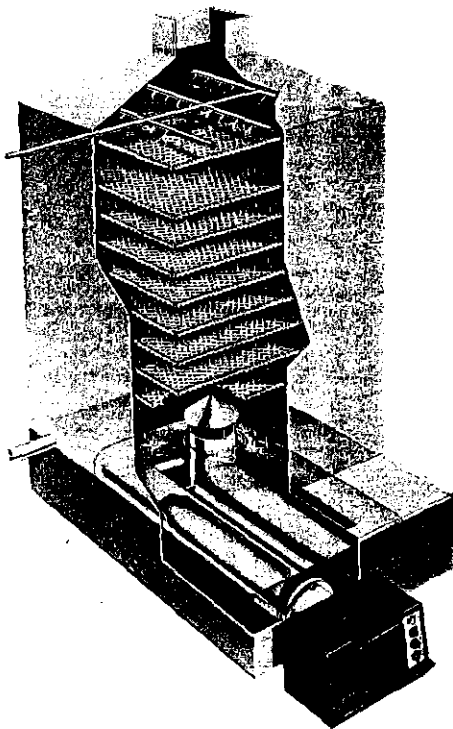
Direktkontakten ger en mycket god värmeövergång och temperaturen på de utgående rökgaserna är endast marginellt högre än vätsketemperaturen. Detta ger vid vätsketemperaturer lägre eller omkring rökgasernas daggpunkt höga verkningsgrader.

Den största begränsningen hos dessa värmare är dock att verkningsgraden sjunker kraftigt vid vätsketemperaturer över rökgasernas daggpunkt, se figur 2.4, samt att de huvudsakligen är ämnade för värmning av vatten.



Figur 2.4 Verkningsgrad som funktion av badtemperatur och luftöverskott för direktkontaktvärmare.

En värmare som utvecklats av British Gas med avsikten att nå höga verkningsgrader samtidigt som höga temperaturer på utgående vatten erhålls är en kombination av direktkontaktvärmare och immersionsvärmare. Denna visas i figur 2.5.



Figur 2.5 British Gas direktkontaktvattenvärmare

I värmarens botten finns en immersionsrörvärmare i vilken förbränningen sker. Efter immersionsröret håller rökgaserna en temperatur på omkring 700°C och leds genom perforerade plattor där inkommande vatten strilar ner motströms. Fördelen med denna värmare är att det endast är inkommande vatten som begränsas till temperaturer omkring rökgasernas daggpunkt eftersom utgående vatten värms indirekt med immersionsrör. En mer detaljerad beskrivning av olika vätskevärmare ges i (1).

2.3 Marknad

Utanför Norden är det främst England, Frankrike, Holland, USA och i viss mån Tyskland (Gamla Västtyskland) som gaseldade vätskevärmare slagit igenom på bred front.

Fram till 1988 hade en leverantör levererat över 1600 vätskevärmare enbart i England enligt uppgift från den svenska representanten.

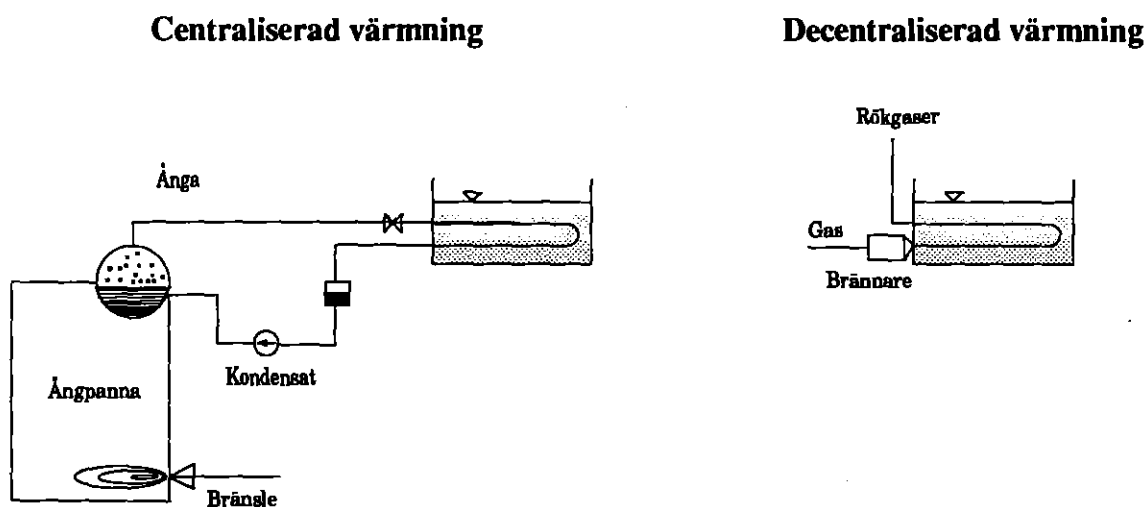
Applikationerna är främst inom livsmedels-, textil- och verkstadsindustrin. Ytterligare applikationsområden finns bland annat inom tvätterier och simhallar.

Det stora intresse som industrin visat gaseldad vätskevärmning beror huvudsakligen på att leverantörerna i prospekt mm och gasbolagen i rapporter, papers etc gjort gällande att stora energibesparingar kan erhållas vid ersättning av ånga.

3 ENERGIBESPARINGAR VID DECENTRALISERAD VÄRMNING

I ett centraliserat ångsystem omvandlas bränsleenergin i en ångpanna och den genererade ångan distribueras ut till användarna via ett ledningssystem. Vid värmeavgivningen i en indirekt värmd process, tex ett vätskebad, bildas kondensat som i de flesta fall leds tillbaka till panncentralen.

Vid decentraliserad värmning sker omvandlingen av bränsleenergin i, eller i direkt anslutning till processen, se figur 3.1.



Figur 3.1 Principer för centraliserad och decentraliserad värmning

3.1 Olika förluster i ångsystem

I ett ångsystem som baseras på en centraliserad pannanläggning uppkommer förluster av olika anledningar. Några av förlusterna är följande:

- Rökgasförluster från pannan
- Strålning- och konvektion från pannkropp, ventiler, manluckor mm
- Bottenblåsning av pannan
- Strålning- och konvektionsförluster från matarvattentanken
- Avgasningsånga från matarvattentanken
- Distributionsförluster som läckage i ledningar, flänsar, ventiler etc, strålning- och konvektion från ång- och kondensatledningar, ventiler mm.
- Kondensatförluster
- Flashånga från kondensattankar när processer lämnar högspänt kondensat i retur eller när kondensatavledare läcker igenom ånga

En övergång till decentraliserad värmning syftar till att minska dessa systemförluster. I de flesta fall där inte en övergång till helt decentraliserad värmning är möjlig är det emellertid endast en del av dessa förluster som kan påverkas. Strålnings- och konvektionsförluster från

panna, matarvattentank, distributionsledningar, ventiler etc påverkas av en övergång till decentraliserad värmning endast i de fall där övergången medför att temperaturen i det aktuella systemet kan sänkas. För ett ångsystem är detta ofta liktydigt med att sänka trycket i systemet.

Förluster som uppkommer genom bottenblåsningen av ångpannan kan påverkas av en konvertering till delvis decentraliserad värmning. Detta gäller främst om kondensatet från den process som konverteras inte återförs till panncentralen. För att besparingar skall erhållas måste bottenblåsningsmängden minskas. För de flesta anläggningar med manuell bottenblåsning innebär detta att blåsningsrutinerna måste ändras.

Förluster som uppkommer i kondensatsystemet påverkas i de flesta fall av en övergång till decentraliserad värmning, dock inte alltid i positiv riktning.

3.2 Teoretisk energibesparingspotential

Med utgångspunkt från ett ångsystem enligt figur 3.1 kan den teoretiska energibesparingen beräknas genom att upprätta energi- och massbalanser för systemen före respektive efter att en process har konverterats till decentraliserad värmning.

I ekvationerna används följande definitioner och indexeringar:

$$\text{Verkningsgrad ångpanna} \quad \eta_p = \frac{M_B \cdot H_u - Q_{rg}}{M_B \cdot H_u}$$

$$\text{Verkningsgrad vätskevärmare} \quad \eta_g = \frac{M_g \cdot H_{gu} - Q_{rg}}{M_g \cdot H_{gu}}$$

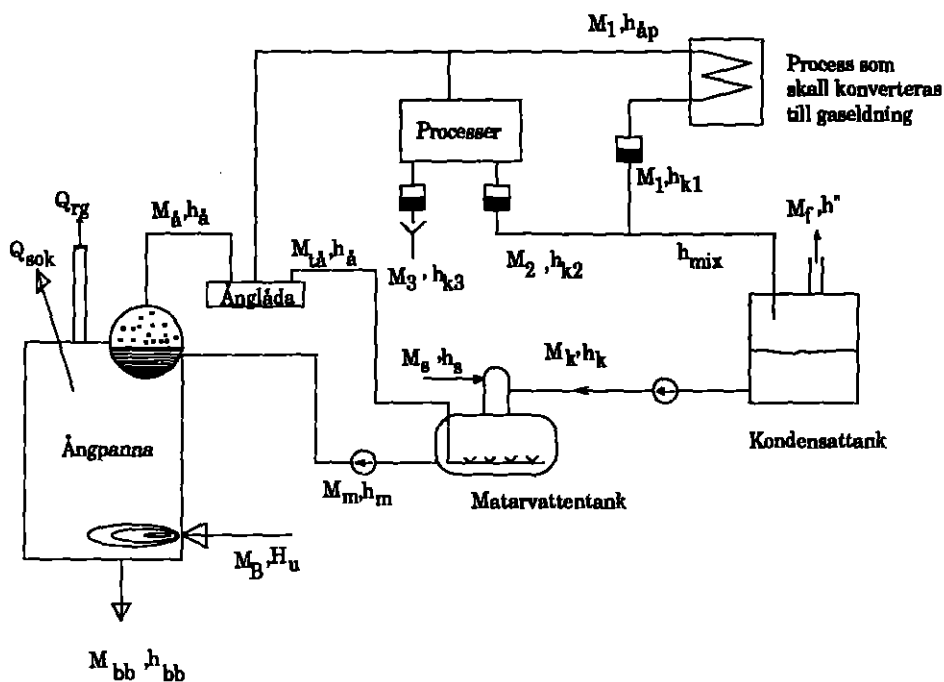
$$\text{Bottenblåsningsfaktor} \quad f_{bd} = \frac{M_{bbf} - M_{bbe}}{M_1}$$

Index a efter konvertering

Index b före konvertering

Övriga beteckningar förklaras i nomenklaturlista samt visas i figur.

ERSÄTTNING AV ÅNGA MED KONDENSATÅTERVINNING



Figur 3.2 Schematisk bild av systemet före konvertering

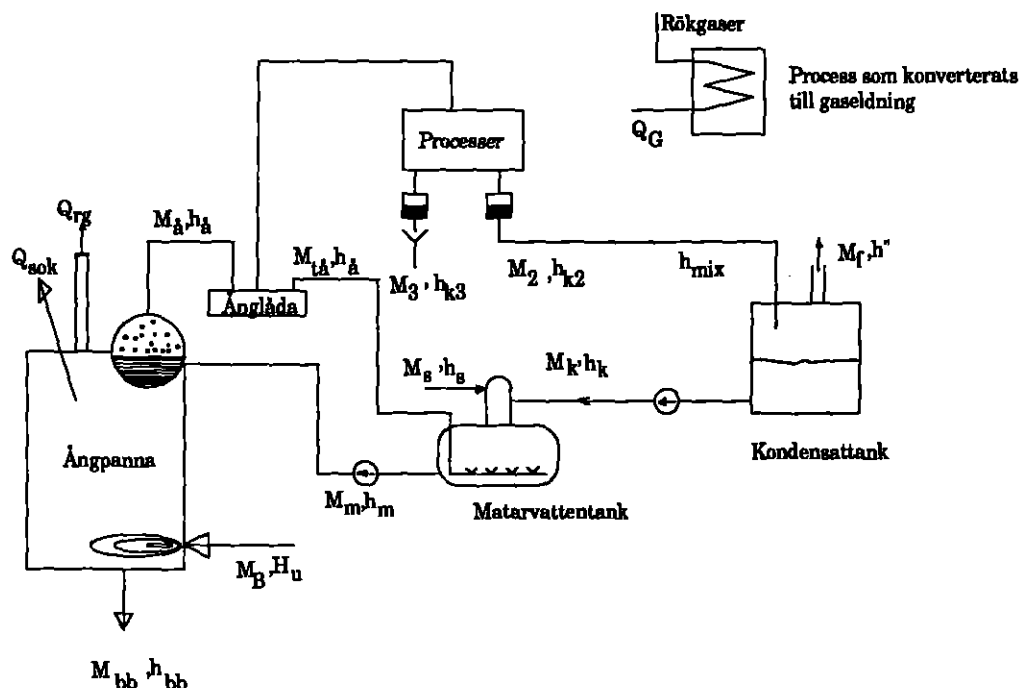
Q_{B1} är den till pannan tillförda bränsleenergi som kan hänföras till uppvärmning av den process som skall konverteras. För systemet ovan fås den som:

$$Q_{B1} = \frac{M_1(h_A - h_{k1}) + M_2(h_{ke} - h_{kf}) + M_{fbb}(h_m - h_s) + M_{ff}(h_{kf} - h_s) - M_{fe}(h_{ke} - h_s)}{\eta_p}$$

Vid konverteringen värms processen med gas istället för ånga. Processens behov av värme ändras inte vid konverteringen och fås som:

$$Q_{proc} = M_1 \cdot (h_{1p} - h_{k1})$$

Efter konverteringen ser systemet ut som i figur 3.3.



Figur 3.3 Schematisk bild av systemet efter konvertering

Tillfört bränsle till processen efter konverteringen blir:

$$Q_G = \frac{M_1 \cdot (h_{ap} - h_{k1})}{\eta_g}$$

Energibesparingen Q_s är $Q_{B1} - Q_G$, och den relativa energibesparingen blir:

$$\frac{Q_s}{Q_{B1}} = 1 - \frac{\eta_p}{\eta_g} \cdot \frac{M_1 \cdot (h_{ap} - h_{k1})}{M_1(h_{ap} - h_{kf}) + M_2(h_{ke} - h_{kf}) + M_1 f_{bb}(h_m - h_s) + M_{kf}(h_{kf} - h_s) - M_{fe}(h_{ke} - h_s)}$$

Ekvationen ovan gäller generellt för det skisserade systemet men kan förenklas för olika fall beroende på hur bottenblåsning och generering av flashånga i kondensattank fungerar före och efter övergången till decentraliserad värmning.

Med hänsyn till att vätsketemperaturen i de processer som ersätts är mindre än 100°C kommer kondensatet från processerna i de flesta fall att vara underkyllt. Detta tillsammans med det faktum att bottenblåsningen i praktiken blir samma före och efter konverteringen gör att ekvationen ovan kan förenklas till:

$$\frac{Q_s}{Q_{B1}} = 1 - \frac{\eta_p}{\eta_g}$$

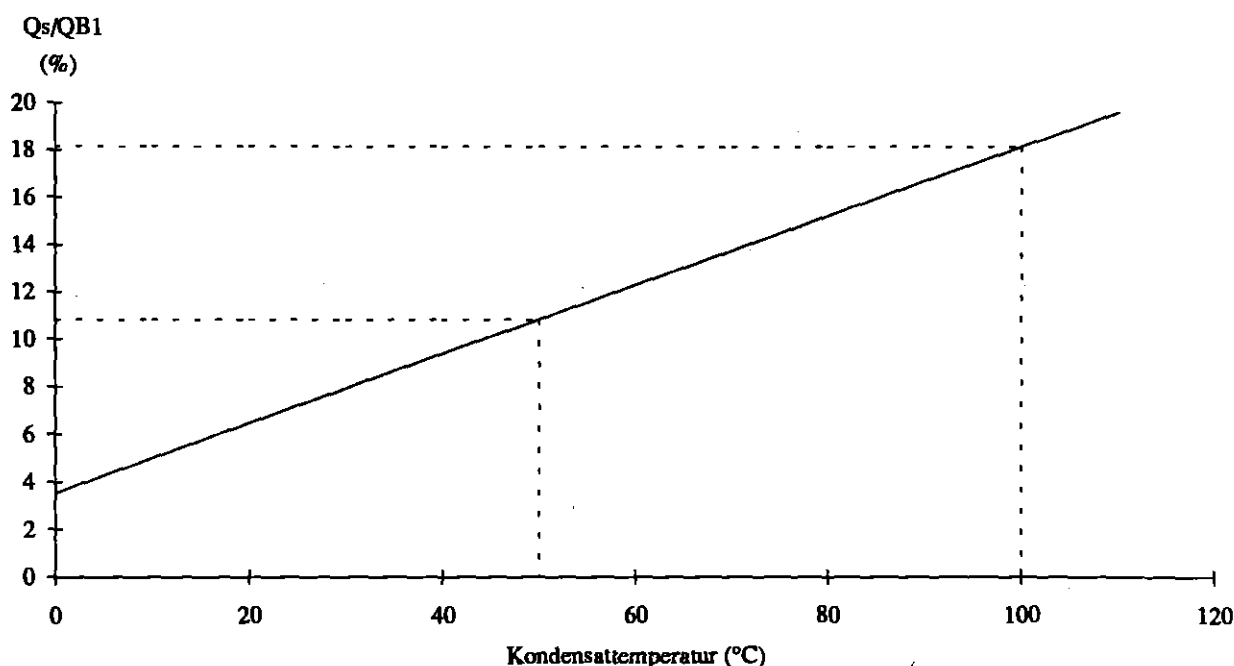
Som ett exempel antas att en ångpannas verkningsgrad är 89 % och en gaseldad vätskevärmare beräknas nå en verkningsgrad på 93 % då ångvärmning ersätts med gasvärmning i en process där kondensatet återföres till panncentralen. Energibesparingen blir i detta fall 4,3 %.

I en process där inte kondensatet återföres till panncentralen utökas besparingen med den energimängd som representeras av kondensatmängden och entalpidifferensen mellan kondensat och spädvatten. Ekvationen blir:

$$\frac{Q_s}{Q_{B1}} = 1 - \frac{\eta_p}{\eta_g} \cdot \frac{h_{\text{åp}} - h_{k1}}{h_{\text{å}} - h_s}$$

Leds kondensatet i exemplet ovan i avlopp vid en temperatur på 80°C istället för att återledas till panncentralen ökar energibesparingen. Antas att ångpannan levererar 13 bar mättad ånga, entalpifallet fram till processen är 20 kJ/kg och att spädvattnets temperatur är 10°C, blir energibesparingen istället 15,2 %.

Den procentuella energibesparingen för exemplet ovan vid andra kondensattemperaturer kan ses i figur 3.4. Vid normala kondensattemperaturer mellan 50 och 100°C blir besparingarna mellan 11 och 18 %, se figur 3.4.



Figur 3.3 Procentuell energibesparing vid olika kondensattemperaturer

För mer ingående beskrivning av de olika förlustfaktorerna och hur de påverkas av en övergång till decentraliserad värmning, ekvationer där hänsyn tas till förändringar i bottenblåsning, flashånga i kondensattankar mm hänvisas till ref (1).

I (1) finns även härlett ekvationer för beräkning av energibesparingar vid ersättning av en process med indirekt värmning utan kondensatretur samt direkt värmning med ånginjektion där hänsyn tas till bräddning i tank.

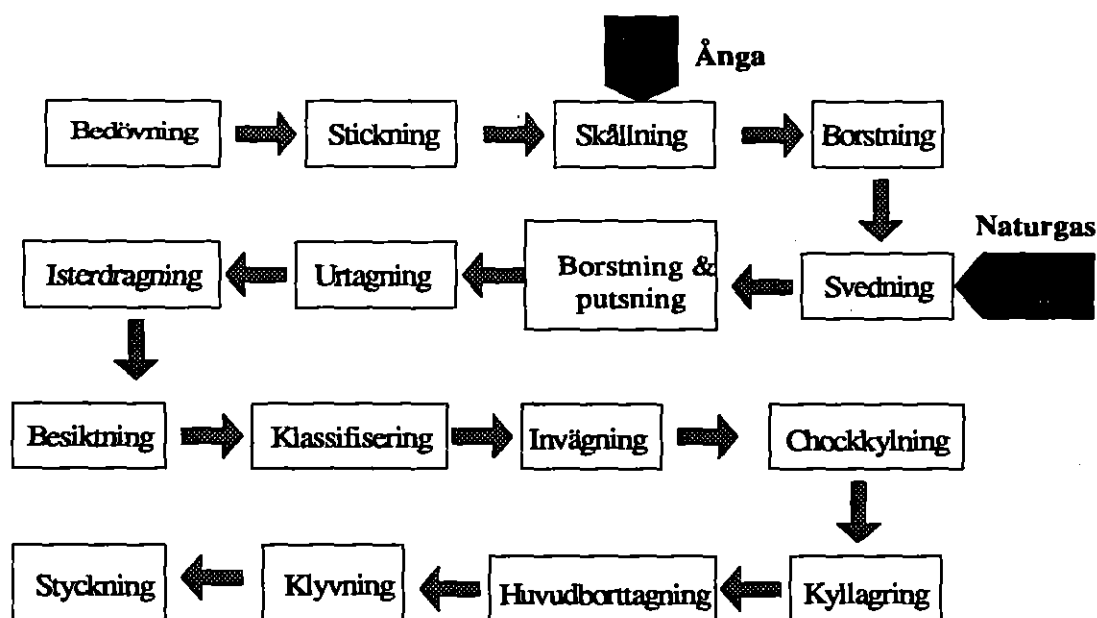
4 SCAN VÄST, VARBERG

4.1 Anläggning, process och produktion

Scan Väst i Varberg är ett slakteri med slakt- och styckningsverksamhet. Under 1988 slaktades cirka 245.000 slaktsvin och 11.900 sugor i svinslaktlinjen. Dessutom slaktades drygt 26.000 andra djur som nötkreatur, får, lamm etc. Totalt sett uppgick produktionen till 26.165 ton.

I styckningsavdelningen producerades drygt 11.000 ton styckade varor.

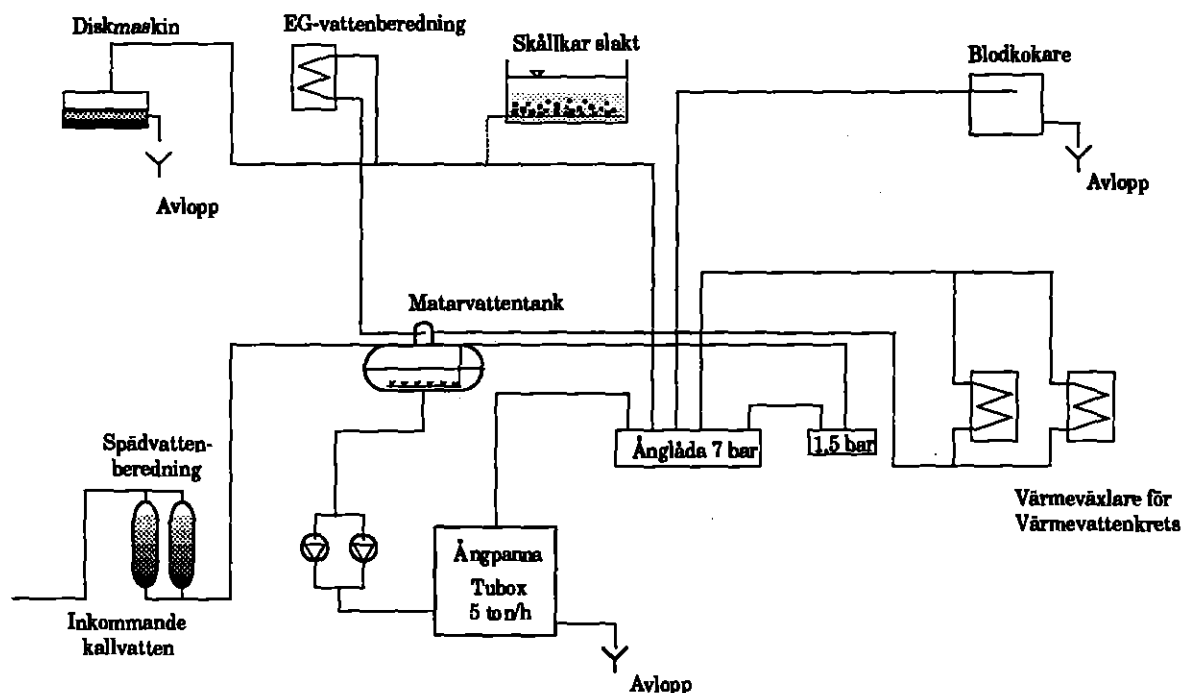
Den del i slakteriet som kräver mest värmeenergi är svinslaktlinjen. De olika stegen i slaktprocessen visas i figur 4.1. I figuren kan också ses var värmeenergi används i form av ånga och i form av naturgas.



Figur 4.1 Slaktprocessen

Förutom ånga och naturgas används stora mängder varmvatten till olika ändamål med varierande temperaturnivåer, 40, 60 och 82°C. Vatten med en temperatur på lägst 82°C används för sterilisering av redskap vid slakten och styckningen. Detta kallas inom slakterierna ofta EG-vatten eller sterilvatten. Varmvatten vid 40 och 60°C används i processen samt för städning, tvätt, rengöring mm. Varmvattnet bereds till största delen av återvunnen energi från kylanläggningen och svedugnens economizer via värmeväxling och värmepump.

I panncentralen finns en ångpanna och en hetvattenpanna. Ångsystemet visas schematiskt i figur 4.2.



Figur 4.2 Ångsystemet före konvertering

Ångpannan dimensionerades från början för att även svara för all varmvattenberedning. Efter som varmvattenproduktionen nu sker huvudsakligen genom återvinning har systemförluster-
nas andel av bränsleförbrukningen i pannan ökat väsentligt vilket lett till att
årsverkningsgraden sjunkit. Detta faktum var redan känt på Scan Väst vilket gjorde att deras
intresse att gå över till decentraliserad värmning var stort.

4.2 Kartläggning av energiflöden

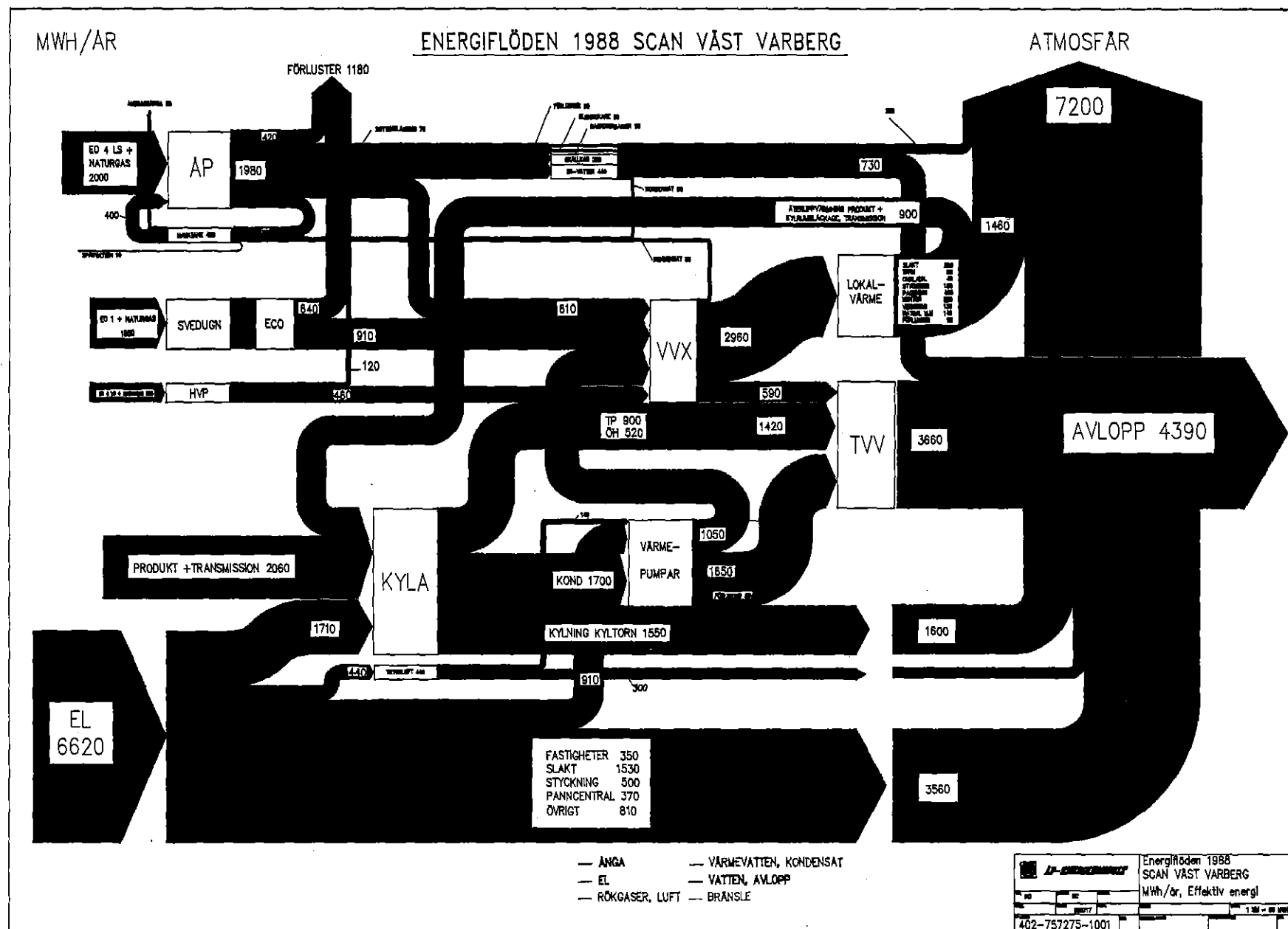
En av huvudpunkterna i projektet har varit att upprätta mass- och energibalanser för anlägg-
ningen med syfte att bestämma vilka besparingar som kan uppnås vid en övergång till decen-
traliserad värmning. Dessutom erfordrades mätningar för att kunna dimensionera vätskevär-
marna på ett korrekt sätt.

De olika mass- och energiflödena har till största delen mätts med det datorbaserade
energiuppföljningssystem som finns i anläggningen. Vid energikarteringen bestod utrust-
ningen av följande: 5 gasmätare, 14 värmemängdsmätare, 45 vattenmätare, 43 elmätare samt
ett mycket stort antal temperaturgivare.

Förutom dessa befintliga mätare har ångmätare och vattenmätare installerats för mätning av
kondensat från värmeväxlarna till värmevattenkretsen, sterilvattenberedningen och diskma-
skin, matervatten till ångpanna, spädvatten till matervattentank (befintlig) samt ånga till skäll-
kar och blodkokare.

Mätningarna pågick under en period av två veckor då även tillfälliga mätningar och bedöm-
ningar av avgasningsflöde, bottenblåsning, ångentalpier, kondensatförluster från ånglådor,
ledningar mm genomfördes. Förutom dessa mätningar har rökgasanalyser genomförts vid ett
flertal tillfällen.

Energibalansen visas i form av Sankey-diagram i figur 4.3.



Figur 4.3 Energiöden 1988 Scan Väst Varberg

Ånganvändningen för de olika processerna och övriga användare kan delas upp enligt följande:

Avdelning	Tillförd energi MWh/år	Andel %
Sterilvattenberedning	440	22,2
Skållning	320	16,2
Backdiskmaskin	90	4,5
Blodkokare	50	2,5
Lokalvärme/varmvatten	610	30,8
Tillsatsånga matarvattentank	310	15,7
Förluster (inkl. bottenblåsning)	160	8,1

Tabell 5.1 Ånganvändning vid Scan Väst Varberg 1988

Lokalvärme och varmvattenberedning står för en betydande del av ånganvändningen. I Sankey-diagrammet kan dock ses att det totala värmebehovet för varmvattenberedning och lokalvärme huvudsakligen tillgodoses med återvunnen energi från kylanläggning och värmepumpar.

4.3 Övergång till decentraliserad värmning

De ånganvändare som skulle ersättas med decentraliserad värmning var skållkar, diskmaskin, sterilvattenberedare och blodkokare. För de tre förstnämnda fanns inga direkta tekniska hinder att gå över till en decentraliserad värmning. Däremot var blodkokaren svår att på ett enkelt sätt ersätta med vätskevärmare pga att det koagulerade blodet har en stor benägenhet att bränna fast på varma ytor. Detta problem löstes genom att Scan Väst hade en mindre elektrisk ångpanna, cirka 120 kW, vilken passade väl för ändamålet att försörja blodkokaren.

Från början var avsikten att försörja de olika processerna med var sin värmare. Detta visade sig dock inte vara någon god lösning, varken tekniskt eller ekonomiskt.

Orsakerna till detta är flera, bla kan nämnas att volymen på ackumuleringsstanken till sterilvattnet inte var tillräckligt stor för att kunna rymma en vätskevärmareffekt som kunde möta planerade produktionsökningar. Dessutom skulle en installation av en separat värmare i backdiskmaskinen bli mycket dyr och onödigt komplicerad jämfört med den föreslagna lösningen.

Den valda lösningen, vilken visas i figur 4.4, består av en immersionsrörvärmare till skållkaret samt en decentraliserad varmvattenpanna som värmer sterilvattnet och backdiskmaskinen indirekt via ett varmvattensystem. Lösningen har inneburit att såväl ångpanna som ångsystem kunnat stängas av i sin helhet, med undantag av ledningen till blodkokaren.

4.3.1 SKÅLLKAR

Immersionsrörvärmaren till skållkaret har en brännareffekt på 345 kW och är av fabrikat Lanemark. Värmeväxlarslingan är en 18 meter lång rostfri ståltub med en diameter på 100

mm. Slingan ligger i 4-pass och är omsluten av ett cylindriskt skal med en diameter på 600 mm.

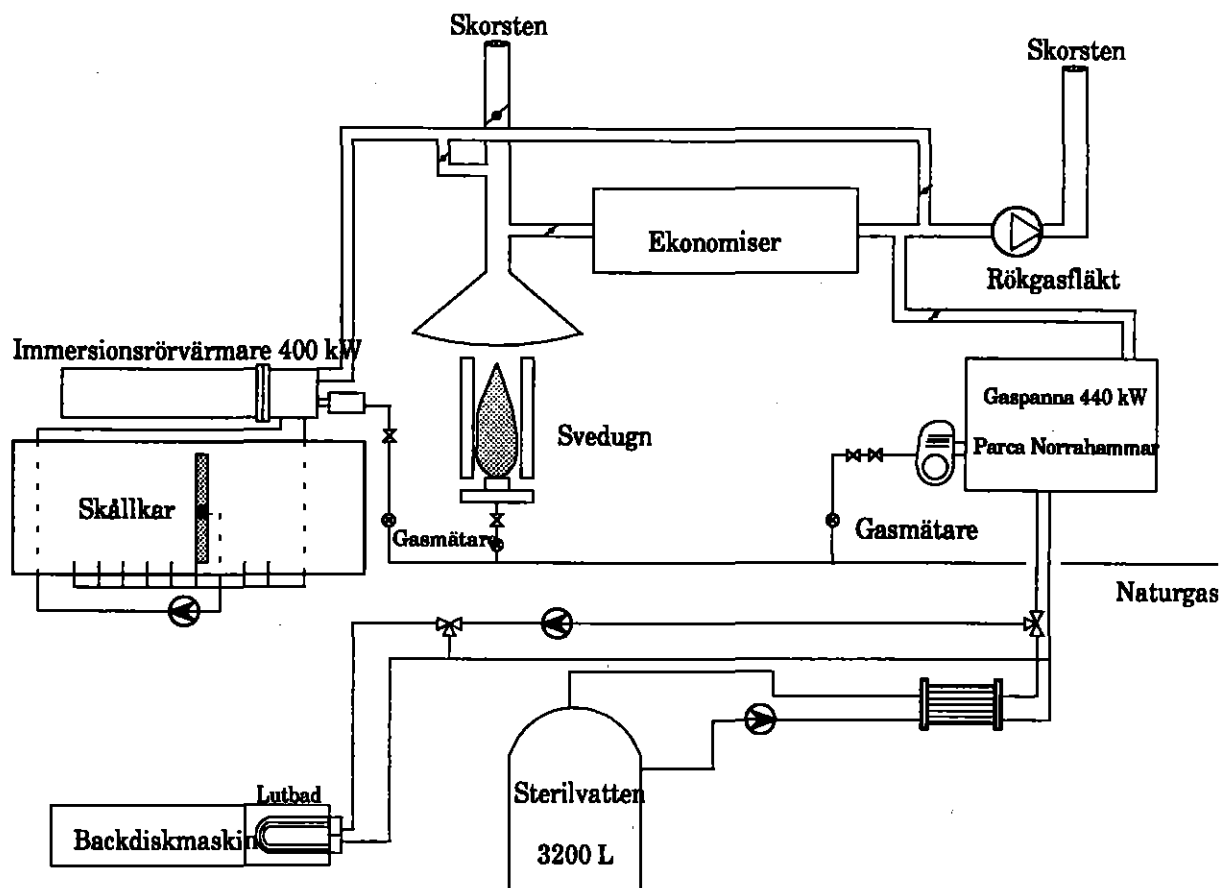
Värmaren är placerad i skållkarets cirkulationsloop för att uppnå bästa tänkbara reglering av skållningstemperaturen samt att förenkla anpassningen till framtida skållningsutrustning. Brännaren är försedd med modulerande PI-reglering vilket gör att temperaturen i badet kan regleras med en noggrannhet på 0,2 °C.

Rökgaserna från brännaren leds till en economiser för värmeåtervinning till värmebärarnätet.

4.3.2 STERILVATTENBEREDARE OCH BACKDISKMASKIN

En varmvattenpanna av fabrikat Parca Norrahammar på 440 kW installerades i samma rum som svedugnens economiser vilket är klassat som pannrum och beläget i närheten av sterilvattenberedaren.

Pannan kan enkelt byggas ut till cirka 600 kW för framtida behov genom tillägg av ytterligare pannsektioner. Rökgaserna leds till svedugnens economiser.



Figur 4.4 Decentraliserad värmning vid Scan Väst Varberg

4.4 Resultat

Efter installationen genomfördes en uppföljning där vätskevärmarnas emissioner, verkningsgrader, ångpannans systemförluster, vatten- och gasförbrukning etc. mättes.

För immersionsrörvärmaren i skållkaret och ångpannan redovisas i tabell 4.2 resultaten av rökgasanalyser och energibalanser.

Last		SKÅLLKARSVÄRMARE			ÅNGPANNA (minlast)
		100	90	22(minlast)	
Bränsle	%				
Undre värmevärde naturgas	MJ/Nm ³	39.0	39.0	39.0	39.0
Gastemperatur	°C	20	20	20	14
Gasflöde	Nm ³ /s	0.0073	0.0066	0.0016	0.02813
Förbränningsluft					
Temperatur	°C	20	20	20	25
Absolut fuktighet	g/kg	14	14	14	8
Flöde, torr luft	Nm ³ /s	0.0876	0.0861	0.0869	0.35293
Flöde, fuktig luft	Nm ³ /s	0.0895	0.0878	0.0888	0.35732
Rökgaser					
Temperatur	°C	198	168	119	168
O ₂ -halt	vol-%	3.2	4.7	17.3	4.0
CO ₂ -halt	vol-%	10.1	9.3	2.1	9.7
CO-halt	ppm	>1000	247	160	22
NO _x -halt	ppm	83	78	14	54
NO _x -halt	mg/MJ	48	49	39	33
C _x H _y -halt (metan-ekvivalent)	ppm	309	0	39	5
Flöde, torra gaser	Nm ³ /s	0.0800	0.0792	0.0852	0.32334
Flöde, fuktiga gaser	Nm ³ /s	0.0968	0.0945	0.0904	0.38503
Effektbalans (Referens temperatur 0°C)					
Energi ut:					
Nyttiggjort	kW (%)	259 (90.2)	238 (91.4)	50 (77.6)	1019 (91.9)
Rökgaser	kW (%)	26 (9.3)	22 (8.5)	14 (22.0)	90 (8.1)
Oförbränt i rökgaser	kW (%)	2 (0.5)	0 (0.1)	0 (0.4)	0 (0.0)
Summa	kW (%)	287 (100)	260 (100)	65 (100)	1109 (100)
Energi in:					
Bränsle	kW (%)	285 (99.2)	258 (99.1)	62 (96.4)	1098 (98.9)
Förbränningsluft	kW (%)	2 (0.8)	2 (0.9)	2 (3.6)	12 (1.1)
Summa	kW (%)	287 (100)	260 (100)	65 (100)	1109 (100)

Tabell 4.2 Prestanda och emissioner för vätskevärmare i skållkar och ångpanna

Verkningsgraden för värmaren är god vid höga och medelhöga laster, omkring 90 % räknat på undre värmevärdet. Vid minlast och låga laster är dock verkningsgraden mycket låg, vid minlast 77,6 %, beroende på att förbränningsluftsflödet i stort sett är konstant. Detta kraftiga luftöverskott ger upphov till en relativt hög CO-bildning men även till relativt höga emissioner av oförbrända kolväten.

Vid maxlast är emissionerna av CO och C_xH_y också höga. Orsaken i detta fall är att brännaren är snålt justerad. Enligt leverantören skall O_2 -halten vid maxlast ligga mellan 5 och 6 %. Detta kan ses i mätningen vid 90 % last där en O_2 -halt på 4,7 % inte ger några mätbara C_xH_y -emissioner. Dock är CO-halten relativt hög som ett medelvärde beroende på att det är vid denna last som CO-bildningen börjar att öka. Vid lägre laster, där normal drift förekommer, varierar CO-halten mellan 50 och 100 ppm.

Vid uppföljningen av ångpannans systemförluster kördes pannan från maj till den 10:e juli 1990, då den elektriska ångpannan togs i drift, med blodkokaren som enda förbrukare. Av ångpannans gasanvändning under perioden var cirka 8 % att hänföra till värmeförsörjningen till blodkokaren. Resterande förbrukning motsvarar ångsystemets förluster såsom bottenblåsning, strålning och konvektion från panna, matarvattentank, ledningar, ventiler mm, avgasningsånga samt vädrings- och dragförluster.

Uppföljningen visar att övergången till decentraliserad värmning resulterat i en reducerad gasförbrukning i intervallet 590 till 640 MWh/år. Detta motsvarar cirka 24 % av den totala gasanvändningen i ång- och hetvattenpanna. Denna energibesparing motsvarar ungefär ångpannans systemförluster om man förutsätter att den indirekta verkningsgraden för panna och vätskevärmare inte skiljer sig nämnvärt åt.

Genom övergången till decentraliserad värmning med gas har även avdunstningen av vatten från skållkaret och backdiskmaskinen minskat markant vilket förbättrat arbetsmiljön i lokalerna. Den kanske viktigaste faktorn för skållkaret är att regleringen av skålltemperaturen förbättrats vilket kan resultera i förbättrad produktkvalitet. Dessutom finns möjligheter att automatiskt starta uppvärmningen av skållkaret på morgonen vilket kan reducera personalkostnaderna i framtiden.

Investeringskostnaden för hela installationen uppgick till cirka 640.000 kr i 1990 års prisläge. Baseras energibesparingen på 600 MWh gas/år erhålls följande årliga energirelaterade besparingar:

	SEK
Naturgas	120,000
Pannbesiktning	15,000
Vattenbehandling	8,000
El	3,000
El till elångpanna	-18,000
Summa årliga besparingar	128,000

Om enbart hänsyn till energibesparingar tas blir återbetalningstiden för installationen cirka 5,0 år. Därtill kommer att någon särskild pannskötare ej behövdes, vilket gav en inbesparing av ytterligare cirka 120.000 kr/år.

Under 1991, då svinslaktlinjen moderniserats, installerades ytterligare en vätskevärmare i en kombinerad skållnings- och avhårningsmaskin medan den befintliga värmaren byggdes om för att passa till den nya skållningstunneln. Båda värmarna har försetts med reglering av förbränningsluften samt kompakta värmeväxlare för kondensering av rökgasernas vatteninnehåll. Återvinningen sker till varmvattenberedningen. Med dessa åtgärder kan årsverkningsgrader över 100 % räknat på undre värmevärdet erhållas. Någon uppföljning av värmarnas prestanda efter ombyggnaden har inte genomförts inom ramen för detta projekt.

5 BRYGGERI AB FALKEN, FALKENBERG

5.1 Anläggning, process och produktion

Bryggeri AB Falken är ett bryggeri som producerar såväl malt- som läskedrycker. Produktionen 1989 var 754.900 hl maldrycker och 228.700 hl läsk. Den totala produktionen uppgick till 983.600 hl.

Energianvändningen inom bryggeriet är till största delen beroende av produktionen av maldrycker, främst beroende på att bryggningen är energikrävande.

Ett principflödesschema över processen visas i figur 5.1.

I brygghuset blandas krossad malt och vatten och leds till en mäskpanna där blandningen värms från 54°C till 75°C. En del av mäskan leds till en annan mäskpanna där den värms till 100°C och får koka cirka 20 minuter. Efter kokningen blandas den med resterande mäsk var- efter mäskan får vila cirka en timme för att bryta ner stärkelse till jäsbara sockerarter. Efter vilan silas mäskan i ett silkar och leds till en vörtpanna. I vörtpannan kokas vörten under cirka 1,5 timmar så att rätt vörtstyrka nås. Under kokningen drivs 8 - 10 % av vörtmängden av.

Varmvörten leds genom en whirlpool där fina partiklar och humle skiljs av till en kylare. Vörten kyls från 98° till 11°C innan den pumpas till jästankar. Efter jäsningen separeras jästen från grönölet varvid det leds till lagertankar där det får mogna. När ölet är färdigt filtreras det och lagras i trycktankar i väntan på tappning.

I tappningen pastörisera ölet och tappas på burkar, flaskor och fat. De största energianvändarna i tapphallen är sköljmaskiner och pastörer.

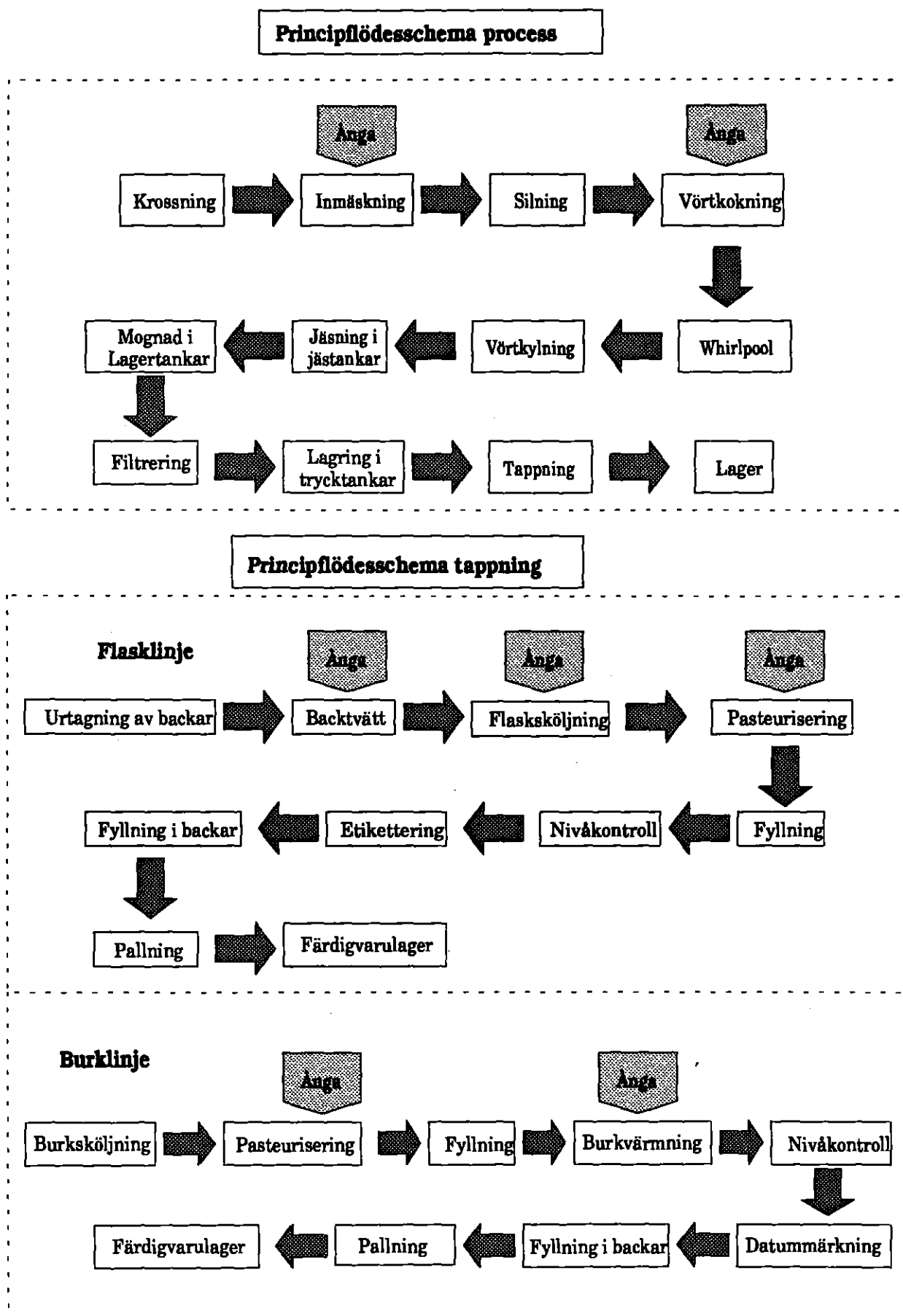
Förutom ånga används stora mängder varmvatten till olika ändamål, där processen står för den största användningen till stöpnig, inmäskning och pålakning. Övrigt varmvatten används huvudsakligen för sterilisering och rengöring i tapphall och lagerkällare.

Nästan allt varmvatten produceras i brygghuset genom återvinning från vörtkylare, flashkondensor på kondensattank samt imkondensor.

Ånga produceras i en panncentral antingen i en 8 MW avkopplingsbar elångpanna eller en naturgaseldad Eckrohrpanna med kapaciteten 13 ton/h. Som standbypanna finns även en mindre naturgaseldad tuboxpanna på 5 ton/h.

Kylanläggningen i bryggeriet omfattar 7 olika kylmaskiner med en sammanlagd kyleffekt på 2600 kW. Huvuddelen av kylan används i jäs- och lagerkällare samt i tapphallen.

Vattenförsörjningen sker huvudsakligen från egen källa men även från det kommunala systemet. Källvattnet används till bryggningen medan det kommunala vattnet används som kylvatten i sköljmaskiner, spädvatten i panncentral etc.



Figur 5.1 Principflödesschema för process och tappning

5.2 Kartläggning av energiflöden

En energikartering av hela bryggeriet har genomförts som en del av projektet. Under karteringen har ett stort antal mätningar gjorts vilka huvudsakligen har berört ånga, kondensat, vatten och naturgas. Information från ett datorbaserat insamlingssystem har används för el-användning, produktionsstatistik etc.

Ångmätningarna har genomförts med dataloggning av ångflöden till bryggghus, tapphall och lagerkällare under 1 vecka. Dessa mätningar har sedan kompletterats med kondensat-mätningar med löptider på upp till 7 månader.

Erhållna resultat i form av ångmängder etc. har sedan relaterats till relevanta storheter som tex producerad eller tappad volym.

Baserat på dessa mätningar, tillgänglig statistik mm har energibalanser för bryggghus, tapphall, lagerkällare samt hela bryggeriet kunnat upprättats. Ett förenklat schema över energiflödena för hela bryggeriet visas i figur 5.2.

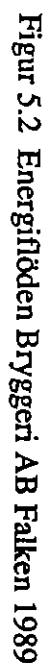
Ånganvändningen för de olika avdelningarna och övriga användare kan delas upp enligt följande:

Avdelning	Tillförd energi	Andel
	MWh/år	%
Bryggghus	18260	55,2
Tapphall	6870	20,7
Lagerkällare	1550	4,7
Lokalvärme	4100	12,4
Tillsatsånga matarvattentank	2300	7,0

Tabell 5.1 Ånganvändning vid Bryggeri AB Falken 1989

I tabellen kan ses att drygt 80 % av ånganvändningen är produktionsberoende. Till detta kommer energin till sköljmaskinen vilken värmdes med gas under större delen av 1989. Av hela förbrukningen står mäske- och vörtpannorna för cirka 46 %.

I bryggghuset produceras allt bryggeriets varmvatten genom återvinning. Varmvatten ackumuleras vid en temperatur på 85°C. Möjligheter finns att ytterligare öka produktionen med återvinning om avsättning finns.



5.3 Decentraliserad värmning

5.3.1 FLASKSKÖLJMASKIN

Under våren 1989 ersattes en äldre ångvärmd sköljmaskin i tapphallen av en ny med större kapacitet vilket var ett led i en planerad produktionsökning på cirka 50%. Eftersom ånguttaget från panncentralen tidvis översteg kapaciteten på de båda gaseldade pannorna samt att delar av ångsystemet ej var dimensionerat för den planerade produktionen, beslöt man att försörja den nya sköljmaskinen med värme från en gaseldad vätskevärmare. Vid ångmätningarna, vilka genomfördes under sommaren, kunde det konstateras att ånguttaget närmade sig gaspannornas kapacitet trots att sköljmaskinen värmades med gas. Detta inträffade när under vörtkokningen då vört- och mäskepanna var i drift samtidigt. Vätskevärmaren var även avsedd att försörja en diskmaskin för backar men denna kopplades aldrig in beroende på att värmaren inte fungerade tillfredsställande.

Värmaren, se figur 5.3, består av en förbränningskammare med en diameter på 250 mm med 8 stycken förgreningar vinkelrätt mot förbränningskammaren med en diameter på 75 mm. Förgreningarna är böjda 180° och anslutna till ett 250 mm:s samlingsrör för rökgaserna. Allt tubmaterial är av rostfritt stål. Brännaren är en mediumhastighetsbrännare från Flaméco-Eclipse med en kapacitet på 885 kW, baserat på övre värmevärdet, vid 100 mbar gstryck.

Brännaren är fullt modulerande och försedd med PI-reglering för att undvika okontrollerade stopp pga övertemperaturer i tanken då sköljmaskinen står stilla. Brännaren stoppar automatiskt vid 95°C och återstartar vid 90°C i tanken.

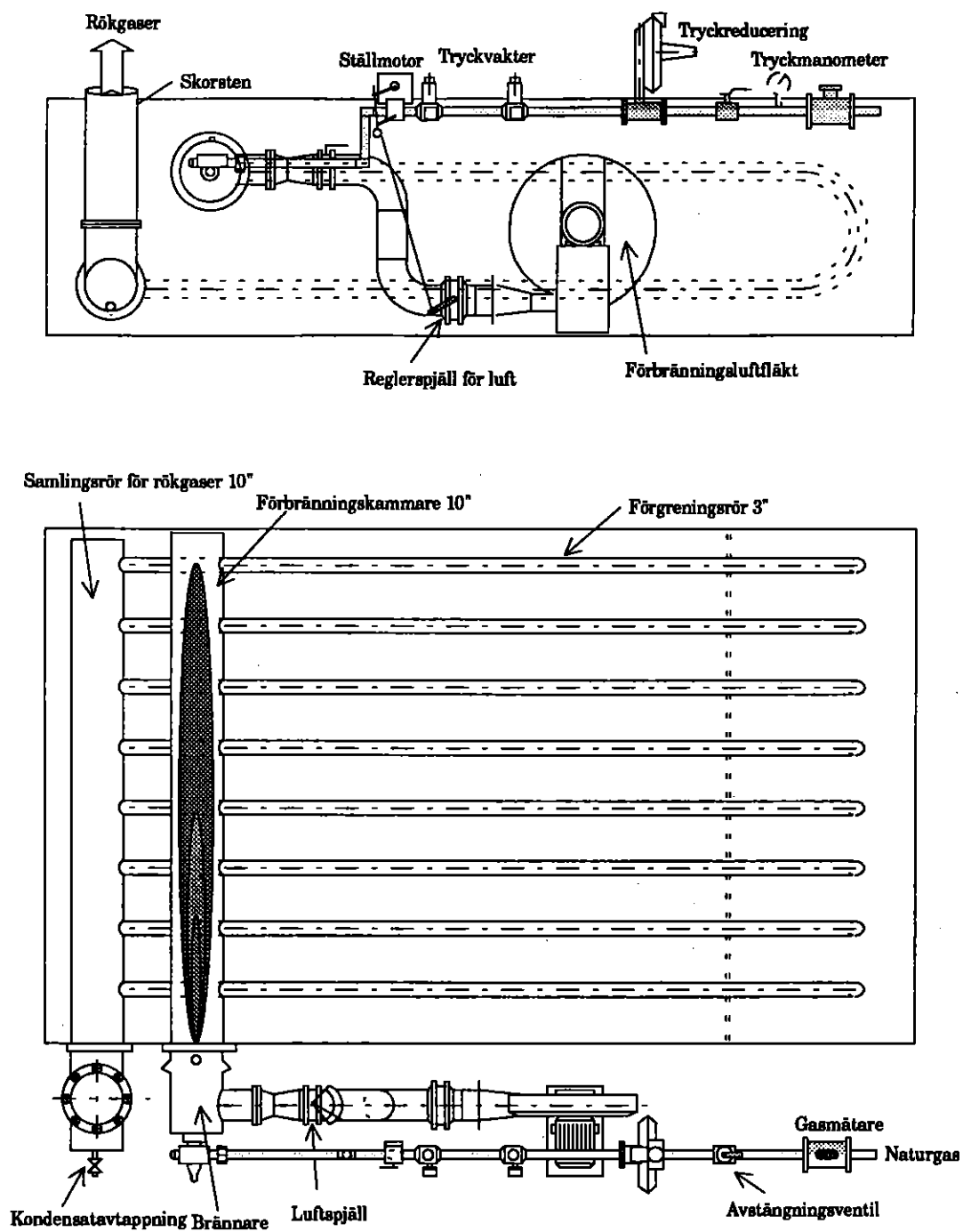
Värmaren värmer vatten i en tank till 92°C som cirkuleras genom tre värmeväxlare för att värma tre olika lutbad till 80, 72 och 65°C i sköljmaskinen.

5.3.2 ANDRA MÖJLIGA APPLIKATIONER

På bryggeriet finns många processer där gaseldade vätskevärmare skulle kunna installeras. Några exempel är varmvattentankar, lut- och syra- och hetvattentankar i diskanläggningar, platt- och tunnelpastörer, flasksköljmaskiner, backdiskmaskin, fattvättmaskin och burkvärmare.

Alla diskanläggningar är försörjda med varmvatten från brygghuset vilket gör att deras energibehov endast hänför sig till varmhållning. Ett litet energibehov har även backdiskmaskin och fattvättmaskinen. Relativt höga effekter behövs vid uppstart av dessa maskiner eftersom vattenpåfyllningen sker med kallvatten. Högt effektbehov med låg energiförbrukning påverkar lönsamhet och anpassningsmöjligheter negativt eftersom storlek och investering ökar med ökande effekt samtidigt som en låg energiförbrukning minskar besparingarna. Burkvärmaren har ett stort energibehov samt en låg badtemperatur, 40°C, vilket gör att den lämpar sig för tex en direktkontaktvärmare. Ur lönsamhetssynpunkt kan denna lösning inte emellertid konkurrera med återvinning från brygghuset.

De största möjligheterna för en ekonomiskt framgångsrik lösning med decentraliserad vätskevärmning finns på sköljmaskiner och tunnelpastör där temperaturnivån är så hög att återvinningsåtgärder blir svåra att genomföra med god lönsamhet.



Figur 5.3 Vätskevärmare på sköljmaskin

5.4 Resultat

Under projektet har en uppföljning av den gaseldade vätskevärmarens prestanda avseende emissioner och verkningsgrader gjorts. Till hjälp för utvärderingen installerades en värmemängdsmätare för att mäta den tillförda värmemängden till sköljmaskinen. Den tillförda energin till brännaren mäts med en gasmätare. Dessa mätare har utnyttjats för att bestämma verkningsgraden över en längre tid.

Utöver dessa mätningar genomfördes även rökgasanalyser, främst för att kontrollera värmarens emissioner av CO, C_xH_y, CO₂ och NO_x. Resultaten av mätningarna visas i tabell 5.2.

Last		VÄTSKEVÄRMARE SKÖLJMASKIN			ÅNGPANNA
		85 (Maxlast)	64	45 (Minlast)	20
Bränsle	%				
Undre värmevärde naturgas	MJ/Nm ³	39.0	39.0	39.0	39.0
Gas temperatur	°C	31	31	31	20
Gas flöde	Nm ³ /s	0.0173	0.0131	0.0092	0.0433
Förbränningsluft					
Temperatur	°C	30	30	30	20
Absolut fuktighet	g/kg	14	14	14	8
Flöde, torr luft	Nm ³ /s	0.3096	0.2602	0.1845	0.61063
Flöde, fuktig luft	Nm ³ /s	0.3163	0.2658	0.1885	0.61821
Rökgaser					
Temperatur	°C	285	246	212	170
O ₂ -halt	vol-%	9.4	10.6	10.7	6.0
CO ₂ -halt	vol-%	6.57	5.89	5.84	8.54
CO-halt	ppm	521	365	265	14
NO _x -halt	ppm	51	46	49	109
NO _x -halt	mg/MJ	45	46	49	75
C _x H _y -halt (metan-ekvivalent) ppm		124	75	57	-
Flöde, torra gaser	Nm ³ /s	0.2916	0.2465	0.1749	0.56507
Flöde, fuktiga gaser	Nm ³ /s	0.3335	0.3247	0.2304	0.66087
Effektbalans (Referens temperatur 0°C)					
Energi ut:					
Nyttiggjort	kW (%)	554 (80.5)	426 (81.7)	309 (84.2)	1551 (90.9)
Rökgaser	kW (%)	131 (19.1)	94 (18.0)	57 (15.6)	155 (9.1)
Oförbränt i rökgaser	kW (%)	3 (0.4)	2 (0.3)	1 (0.2)	0 (0.0)
Summa	kW (%)	688 (100)	522 (100)	367 (100)	1706 (100)
Energi in:					
Bränsle	kW (%)	676 (98.2)	512 (98.0)	359 (98.0)	1690 (99.1)
Förbränningsluft	kW (%)	12 (1.8)	10 (2.0)	7 (2.0)	16 (0.9)
Summa	kW (%)	688 (100)	522 (100)	367 (100)	1706 (100)

Tabell 5.2 Prestanda och emissioner för vätskevärmare på sköljmaskin och ångpanna

Som kan ses i tabellen är rök Gastemperaturer, O_2 -halter och emissioner av främst CO men även C_xH_y höga. Vätskevärmarens verkningsgrad var vid mätningarna som högst 84,2 %, räknat på undre värmevärdet. Verkningsgraden under en längre tidsperiod är dock högre enligt värmemängd- och gasmätaren, cirka 86 % räknat på undre värmevärdet. Orsaken till detta är främst att man under uppstartperioden arbetar med lägre vätsketemperaturer vilket förbättrar verkningsgraden genom lägre temperatur på rökgaserna.

Då övergången till decentraliserad värmning av sköljmaskinen inte innebär att ångsystemet kan stängas av samt att kondensat från tapphallen leds direkt till matarvattentanken kan den förenklade ekvationen med kondensatåtervinning användas för att beräkna hur energianvändningen förändras vid gaseldning i sköljmaskinen. Eftersom verkningsgraderna för gaspanna, 90,9 %, och elångpanna, cirka 98 %, båda är högre än vätskevärmarens kommer energianvändningen att öka vid gaseldning jämfört med om sköljmaskinen värms med ånga. Vid de förutsättningar som rådde 1989, då elpannan stod för drygt 70 % av ångproduktionen, ökade energianvändningen för sköljmaskinen med cirka 11,7 % vid drift av vätskevärmaren jämfört med ångvärmning.

Drift med vätskevärmaren innebär att emissionsnivån för samtliga komponenter ökar även jämfört med det fall då enbart gaspannan är i drift. För CO_2 och NO_x är orsaken främst ökad energianvändning medan ökningen av CO och C_xH_y främst beror på försämrad förbränning. Baserat på de driftsförhållanden som rådde 1989, då sköljmaskinen värmdes med gas under större delen av året, ökar de totala emissionerna från bryggeriet med drygt 6 % för NO_x och 7,7 % för CO_2 jämfört med om sköljmaskinen värmts med ånga. Emissionerna av CO och C_xH_y beräknas bli 8 - 10 gånger fallet med ångvärmning. Detta är givetvis oacceptabelt.

Anledningen till att emissionerna av CO och C_xH_y ökar så dramatiskt är att vätskevärmarens förbränningskammare blivit för kort vid dimensioneringen. Enligt tillverkaren beror detta på svårigheter att anpassa värmaren till sköljmaskinen. Problemen skall dock avhjälpas genom att modifiera förbränningskammaren genom installation av ett insatsrör som medför att förbränningsgaserna passerar hela förbränningskammarens längd innan de fördelas ut till förgreningsrören.

Detta gör att värmaren inte kan anses som representativ avseende emissioner från gaseldade vätskevärmare.

Ur energibesparingssynpunkt visar installationen emellertid tydligt svårigheten att uppnå stora energibesparingar vid ersättning av processer med kondensatåterföring.

Främst på grund av de ökade emissionerna men även av verkningsgradsskäl har Falken installerat en ångslinga i samma tank som vätskevärmaren är placerad i, så att sköljmaskinen kan värmas med både ånga och gas. För närvarande värms således sköljmaskinen med ånga och detta avser man fortsätta med till dess att den gaseldade vätskevärmaren fungerar tillfredsställande såväl från emissionssynpunkt som verkningsgradssynpunkt. Ångvärmning är idag möjligt trots ökad produktion eftersom man reducerat övrig ånganvändning genom installation av en termisk ångkompressor i bryggarhuset till vörtpannan. Denna har reducerat energianvändningen i vörtpannan med cirka 50 %. Av större betydelse är kanske att vörtpannan var den förbrukare som hade det största momentana ånguttaget. Detta har nu reducerats med omkring 65 % eller cirka 4-5 ton/h.

Investeringen för vätskevärmaren uppgick till cirka 400.000 kr vid 1989 års prisnivå. Denna skall ställas mot att man undvikit att investera i panncentral och ångsystem, uppskattningsvis några millioner kr, för att möta den ökade produktionen. Detta kapital har istället kunnat investeras i en termisk ångkompressor med en återbetalning på cirka 3 år.

Sett ur detta perspektiv har investeringen i vätskevärmaren tjänat sitt syfte mer än väl.

Installationen av ångkompressorn till vörtpannan i bryggerhuset är ett av de förslag till åtgärder för att reducera ånganvändningen som föreslogs vid den energikartering som genomfördes under projektet. Andra möjligheter att reducera ånganvändningen är att utnyttja överskottet av varmvatten för värmning av lokaler och processer.

Konsekvensen av detta är att en decentraliserad värmning av vätskor med gaseldad utrustning har svårt att konkurrera med energihushållningsåtgärder, såväl ekonomiskt som miljömässigt, i Bryggeri AB Falkens anläggning. Troligen förhåller det sig så även på andra bryggerier.

6 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

En övergång till decentraliserad värmning genomfördes på Scan Väst i Varberg under våren 1990. Ångpannan, som tidigare gick på låg last, ersattes med en gaseldad immersionsrörmare till skållkaret och en decentraliserad varmvattenpanna till en backdiskmaskin och sterilvattenberedningen.

De energibesparingar som nåddes motsvarar 15 % av det totala tillförda bränslet eller 24 % av bränsle tillfört panncentralen.

Huvuddelen av besparingarna hänför sig till ångpannans systemförluster och förluster från distributionssystemet.

Emissionerna av CO_2 och NO_x minskade med 23 respektive 18 %, beroende på den reducerade energianvändningen, medan emissionerna av CO och C_xH_y ökade något.

Redan vid projektstarten hade Bryggeri AB Falken beslutat att öka sin produktion och samtidigt installera en vätskevärmare på en ny sköljmaskin. Motivet för denna investering var att reducera ånganvändningen i anläggningen eftersom panncentral och delar av ledningsnätet inte kunde säkerställa ångförsörjningen vid en ökad produktion.

Uppföljningen av vätskevärmarinstallationen hos Falken visade att energianvändningen ökade jämfört med ångvärmning, främst beroende på att den aktuella vätskevärmarens verkningsgrad var lägre än verkningsgraden för pannorna i panncentralen. Vid de driftsförhållanden som rådde 1989 uppgick den ökade energianvändningen för sköljmaskinen till cirka 11,7 % medan ökningen blir cirka 5,7 % vid drift med enbart gaseldad ångpanna.

Dessutom ökade emissionerna av CO, CO_2 , C_xH_y och NO_x i synnerhet CO och C_xH_y vilka visade avsevärda ökningar. Främst på grund av de ökade emissionerna men även av verkningsgradsskäl har Falken installerat en ångslinga i samma tank som vätskevärmaren är placerad i, så att sköljmaskinen kan värmas med både ånga och gas. För närvarande värms således sköljmaskinen med ånga till dess att den gaseldade vätskevärmaren fungerar tillfredsställande.

Anledningen till att emissionerna av CO och C_xH_y ökar så dramatiskt vid Falken är att vätskevärmarens förbränningskammare blivit feldimensionerad. Detta gör att värmaren inte kan anses som representativ avseende emissioner från gaseldade vätskevärmare.

Förklaringen till de väsentligt skilda resultaten i förändrad energianvändning vid Bryggeri AB Falken och Scan Väst i Varberg ligger till största delen i att Scan Väst övergick till en helt decentraliserad värmning medan Bryggeri AB Falken har sitt ångsystem intakt.

Vid Scan Väst undviks då förluster i ångsystemet medan systemförlusterna vid Falkens bryggeri är oförändrade.

Erfarenheterna från projektet har visat att de energibesparingar som angetts i utländsk litteratur är svåra att uppnå, speciellt i de fall där det inte finns möjligheter att gå över till en helt decentraliserad användning, dvs att ångpannan kan stängas av. Främst beror detta på att de flesta av ångpannans och distributionssystemets förluster förblir opåverkade när enstaka processer ersätts.

Enligt ekvationerna i kapitel 3 kan man vid normala förhållanden mellan pannans och vätskevärmarens verkningsgrader nå besparingar på 10 -20 % när en process utan kondensatåtervinning ersätts. Eventuellt kan något högre besparingar erhållas om en direktkontaktvärmare installeras.

Om en process med kondensatåtervinning ersätts blir besparingspotentialen främst beroende av förhållandet mellan den gaseldade vätskevärmarens verkningsgrad och ångpannans verkningsgrad då endast hänsyn tas till rökgasförluster.

För immersionsrörvärmare blir besparingarna i de flesta fall några få procent, medan en direktkontaktvärmare kan ge ytterligare 5 - 10 % vid kondenserande drift.

I de fall en helt decentraliserad värmning inte kan åstadkommas, dvs ett existerande ångsystem ej helt kan ersättas, finns de största förutsättningarna för att nå lönsamhet med gaseldade vätskevärmare vid ersättning av:

- * Processer utan kondensatåterföring
- * Processer med höga kondensattemperaturer som orsakar flashånga i atmosfäriska kondensattankar
- * Processer som är belägna långt från huvudångledningen och som kan stängas efter konverteringen
- * Processer som arbetar under perioder då det totala ånguttaget från det centrala systemet är lågt och där en ersättning innebär att man tidvis kan stänga betydande delar av ångsystemet eller reducera trycket i hela ångsystemet, tex under helger
- * Processer som arbetar med höga ångtryck där en ersättning innebär att trycket i panna och ångsystem kan sänkas
- * Processer med låga badtemperaturer och som lämpar sig för direktkontaktvärmare

De mätningar som genomförts på vätskevärmarna har visat att problem kan uppstå beträffande emissioner av CO och C_xH_y , beroende på en ofullständig förbränning. I vissa fall har mycket höga värden uppmätts, främst vid höga laster.

Emissioner av såväl CO_2 som NO_x tenderar att följa förändringen i energianvändningen när gaseldad vätskevärmning ersätter ånga genererad i en gaseldad ångpanna.

De problemområden som reducerar den gaseldade vätskevärmningens konkurrenskraft är huvudsakligen de som nämnts ovan avseende miljö och att höga verkningsgrader måste nås för att erhålla energibesparingar som kan motivera investeringen, samt att vätskevärmarnas utrymmesbehov bör reduceras för att öka antalet applikationsmöjligheter.

För att överbrygga dessa problem, eller minska deras betydelse, krävs forskning- och utvecklingsverksamhet som syftar till högre verkningsgrader och reducerade emissioner.

Trots dessa problemområden kan en hel del positiva effekter nås vid en helt eller delvis övergång till decentraliserad värmning. Förutsättningen för ett lyckat resultat är emellertid att hela energisystemet analyseras i erforderlig omfattning före konverteringen.

Några exempel på positiva effekter som kan uppkomma är följande:

- * Reducerade emissioner, främst NO_x och CO₂
- * Minskad energianvändning
- * Reducerade investeringskostnader vid nyinstallationer eller ersättning av gammal utrustning
- * Undvikande av stora investeringar i panncentral eller ångsystem vid kapacitetsbrist
- * Möjligheter till förbättrad temperaturreglering i processer
- * Minskad elförbrukning
- * Förbättrad arbetsmiljö i produktionslokaler
- * Minskade kostnader för vattenbehandling

Det bör observeras att motsatt effekt kan nås om inte systemen analyseras tillräckligt.

7 REFERENSER

1. Christensen R., Aspects on Decentralized Natural Gas Fired Liquid Heating, Kemisk Apparatteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, LUTKDH/(TKKA-1001)/1-88/(1991), maj 1991.
2. Page M.W , Direct Heating of Liquids, Midlands Research Station MRS E 454 December 1985
3. Page M.W , Advanced Application of Natural Gas in Low Temperature Heating Processes , Midlands Research Station, MRS E 512, December 1987
4. Jones D.A , Efficient Gas Firing- an Alternative to Steam , Midlands Research Station, MRS E 543, December 1988
5. Baker M.J ,The British Gas High Temperature Direct Contact Water Heater Midlands Research Station, MRS E 501, November 1987
6. Cox R.W, Pugh R.R , Steam Replacement by Gas Firing Techniques for Liquid Heating and Rubber Curing , Midlands Research Station, MRS E 414 , December 1983
7. Francis W.E , Advantages of Natural Gas for Industry , Midlands Research Station, MRS E 415 , February 1984
8. Masters J. , Gas Utilisation and Innovation for the Industrial and Commercial Markets, Midlands Research Station, MRS E 472 , June 1986
9. Fricker N. , New Developments in Gas Utilisation Technology for Industry and Commerce , Midlands Research Station, MRS E 435 , January 1985
10. Clathworthy E., Masters J. , Displacement of Steam by Direct Firing in Industry and Commerce , International Gas Union, IGU/F1-88 , Paris, France 1988.
11. Masters J., Industrial Gas Utilisation: Recent Developments and Implementation, Midlands Research Station, MRS E 517, February 1988.
12. Long live Steam , Database DB8/4, Spirax Sarco Ltd, Cheltenham.
13. Steam for Heating , Database DB8/12, Spriax Sarco Ltd, Cheltenham.
14. Boiler blowdown , Database DB5/1, Spirax Sarco Ltd, Cheltenham.
15. The Case for Steam , Database DB8/3, Spirax Sarco Ltd, Cheltenham.
16. The Case for Centralised Steam Generation , Database DB8/14,Spirax Sarco Ltd, Cheltenham.
17. Using Steam , Database DB8/6,Spirax Sarco Ltd, Cheltenham.

18. Energy Efficiency and Enigma , Database DB11/2, Spirax Sarco Ltd, Cheltenham.
19. Atkins H.D et. al., Promoting Technical Innovation in Industry, Midlands Research Station, MRS E 416 , March 1984
20. Franco-Swedish symposium on Natural Gas , Swedish Gas Association, Gaz de France, Gothenburg, April, 1986.
21. Hoggarth M.L Thurley J. , High temperature Direct Contact Water Heaters International Gas Union, IGU/F52-85, Paris, France 1985.
22. Lanemark Liquid Heaters, ITH 1 Data Sheet Rev. 2, Lanemark Thermal Systems, Nuneaton, England.
23. Brewery Handbook , Alfa-Laval AB, Separation Division, Brewing and fermentation, Tumba, Sweden.
24. Gustavsson L. , Konvertering till naturgas - Förändring i prestanda och emissioner , Värmeforsk, Stockholm November 1990, VF 381.
25. Dahlén G., Jacobsson Bo, Åkesson H., Avgasning av matarvatten vid termisk jämvikt , Värmeforsk, Stockholm Augusti 1985, VF 196.
26. de Gram F.J., Rietveld F.A.J. , Decentrale warmteopwekking met aardgas , VEG - Gasinstituut, Apeldoorn maart 1990, Holland.
27. Flaméco-Eclipse Immerso-Jet Burner, Bulletin H-91-E Rev. 2/88, Flaméco-Eclipse.
28. Liquid Heating Equipment, Nordsea Gas Technology Ltd, Dukinfield England.
29. Lanemark Thermimax TX Series Liquid Heaters, Installation & Operating Instructions, Lanemark Thermal Systems, Nuneaton England 1988.

NOMENKLATUR

		Enhet
f_{bb}	Bottenblåsningsfaktor	-
h''	Entalpi flashånga	kJ/kg
h'	Entalpi avspänt kondensat	kJ/kg
h_{bb}	Entalpi bottenblåsningsvatten	kJ/kg
h_k	Kondensatentalpi	kJ/kg
h_{k1}	Kondensatentalpi för den process som skall konverteras	kJ/kg
h_{k2}	Kondensatentalpi för processer med kondensatåtervinning	kJ/kg
h_{k3}	Kondensatentalpi för processer utan kondensatåtervinning	kJ/kg
h_m	Matarvattenentalpi	kJ/kg
h_{mix}	Kondensatentalpi för blandat kondensat	kJ/kg
h_s	Spädvattenentalpi	kJ/kg
h_a	Ångentalpi	kJ/kg
h_{ap}	Ångentalpi vid processen som skall konverteras	kJ/kg
h_{vin}	Entalpi spädvatten process	kJ/kg
H_u	Bränslets undre värmevärde	kJ/kg
H_{gu}	Gasens undre värmevärde	kJ/kg
M_1	Ångmängd till processen som skall konverteras	kg
M_2	Ångmängd till processer med kondensatåtervinning	kg
M_3	Ångmängd till processer utan kondensatåtervinning	kg
$M_{tå}$	Tillsatsånga till matarvattentank	kg
M_{bb}	Bottenblåsningsmängd	kg
M_B	Bränslemängd	kg
M_g	Gasmängd till vätskevärmare	kg
M_k	Kondensatmängd	kg
M_f	Flashånga från kondensattank	kg
M_m	Matarvattenmängd	kg
M_{of}	Overflow från process som skall konverteras	kg
M_a	Ångmängd från ångpanna	kg
Q_{B1}	Bränsleenergi till panna för värmning av process som skall konverteras	kJ
Q_{rg}	Rökgasförluster	kJ
Q_G	Tillförd bränsleenergi till gaseldad vätskevärmare efter konvertering	kJ
Q_{sok}	Strålning och konvektionsförluster från panna	kJ
x_{of}	Overflowfaktor för process som skall konverteras	kJ
η_p	Verkningsgrad panna	
η_g	Verkningsgrad gaseldad vätskevärmare	

Index

f	före konvertering
e	efter konvertering

92-10-08

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
001	Systemoptimering vad avser ledningstryck	Apr 91	Stefan Grudén TUMAB	100
002	Mikrokraftvärmeverk för växthus. Utvärdering	Apr 91	Roy Ericsson Kjessler & Mannerstråle AB	100
003	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 3	Apr 91	Svenskt Gastekniskt Center AB	100
004	Krav på material vid kringfyllnad av PE-gasledningar	Apr 91	Jan Molin VBB VIAK	50
005	Teknikstatus och marknadsläge för gasbaserad minikraftvärme	Apr 91	Per-Arne Persson SGC	150
006	Keramisk fiberbrännare - Utvärdering av en demo-anläggning	Sep 92	R Brodin, P Carlsson Sydkraft Konsult AB920212	100
007	Gas-IR teknik inom industrin. Användnings- områden, översiktlig marknadsanalys	Aug 91	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	100
008	Catalogue of gas technology RD&D projects in Sweden (På engelska)	Jul 91	Swedish Gas Technology Center	100
009	Läcksökning av gasledningar. Metoder och instrument	Dec 91	Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
010	Konvertering av aluminiumsmältugnar. Förstudie	Sep 91	Ola Hall, Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
011	Integrerad naturgasanvändning i tvätterier. Konvertering av torktumlare	Sep 91	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	100
012	Odöranter och gasolkondensats påverkan på gasrörssystem av polyeten	Okt 91	Stefan Grudén, F. Varmedal TUMAB	100
013	Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare	Okt 91	Michael Johansson Drifttekniska Instit. vid LTH	150
014	Modern gasteknik i galvaniseringsindustri	Nov 91	John Danelius Vattenfall Energisystem AB	100
015	Naturgasdrivna truckar	Dec 91	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
016	Mätning av energiförbrukning och emissioner före o efter övergång till naturgas	Mar 92	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	50

92-10-08

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
019	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Glostorp, Malmö. Uppföljningsprojekt	Maj 92	Fallsvik J, Haglund H m fl SGI och Malmö Energi AB	100
020	Emissionsdestruktion. Analys och förslag till handlingsprogram	Jun 92	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	0
021	Ny läggningsteknik för PE-ledningar. Förstudie	Jun 92	Ove Ribberström Ove Ribberström Projektering AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center AB	150
023	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Lillhagen, Göteborg. Uppföljningsproj.	Aug 92	Nils Granstrand m fl Göteborg Energi AB	150
024	Stumsvetsning och elektromuffsvetsning av PE-ledningar. Kostnadsaspekter.	Aug 92	Stefan Grudén TUMAB	150
025	Papperstorkning med gas-IR. Sammanfattning av ett antal FUD-projekt	Sep 92	Per-Arne Persson 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 ÅF-Energikonsult	150
028	Stora gasledningar av PE. Teknisk och ekonomisk studie.	Okt 92	Lars-Erik Andersson, Åke Carlsson	0



Svenskt Gastekniskt Center AB

Box 50525, 202 50 MALMÖ

Telefon: 040-700 40

Telefax: 040-30 50 82