



STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Konvertering till naturgas Förändring i prestanda och emissioner

Lennart Gustavsson

VÄRMEFORSK - PROJEKT G8-805

KONVERTERING TILL NATURGAS -
FÖRÄNDRINGAR I PRESTANDA OCH
EMISSIONER

LENNART GUSTAVSSON

STATENS PROVNINGSANSTALT

1990

1395H

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

X	FÖRORD	3
XX	SAMMANFATTNING	4
XXX	SUMMARY	5
1	INLEDNING	6
2	GENOMFÖRANDE OCH METODBESKRIVNING	8
3	MÄTUTRUSTNING	13
4	ANLÄGGNINGSBESKRIVNINGAR	17
4.1	Arla, Kallebäck	17
4.2	Monark AB, Varberg	19
4.3	Peder Skrivares Skola, Varberg	21
4.4	Scan-Väst, Varberg	24
4.5	Tröingeberg, Falkenberg	25
5	MÄTRESULTAT	27
5.1	Arla, Kallebäck	27
5.2	Monark AB, Varberg	31
5.3	Peder Skrivares Skola, Varberg	34
5.4	Scan-Väst, Varberg	39
5.5	Tröingeberg, Falkenberg	41
6	DRIFTERFARENHETER	44
7	SLUTSATSER OCH DISKUSSIONER	46

BILAGOR

1	Emissionsmätningar vid BVT Mekaniska, Göteborg
2	Data för naturgas
3	Analysprotokoll, olja
4	Långtidsmätningar, Peder Skrivares Skola

F Ö R O R D

Detta projekt har genomförts på VÄRMEFORSK:s uppdrag av Statens Provningsanstalt (SP) under eldningssäsongerna 1988-89 och 1989-90. Projektet har endast kunnat genomföras tack vare stort intresse och tillmötesgående från anläggningsägare och driftpersonal, till vilka härmed framförs ett stort tack. Arbetet har följts av en referensgrupp bestående av Alf Andersson, Varberg Energi AB, Roland Brodin, Sydkraft AB, Ingemar Gunnarsson och Bertil Lanhed, Västgas AB, Sten-Olof Malmsten, Energiverken i Göteborg och Lars Nilsson, Sydgas AB. Vi tackar gruppen för inspirerande och givande diskussioner under arbetets gång.

SAMMANFATTNING

KONVERTERING TILL NATURGAS - FÖRÄNDRINGAR I PRESTANDA OCH EMISSIONER

En studie av fem oljeeldade pannanläggningar som konverterats till naturgasdrift har genomförts. Pannorna har varit både varmvattenpannor och ångpannor, med nominella effekter i intervallet 0,3-6,0 MW. Intensivmätningar av pannverkningsgrad och emissioner vid olika laster har genomförts före och efter konverteringen. Långtidsmätning av energiekonomin av energiekonomin har gjorts i en anläggning. Förändringen i pannverkningsgrad har i genomsnitt uppmätts till 2-4 procents höjning vid övergång till naturgaseldning. Detta verifieras av långtidsmätningar i detta och annat samordnat projekt. Förbättringen förklaras främst av att gaseldningen är i stort sett sotfri, men även av att gasbrännare kan regleras kontinuerligt över ett stort lastområde. I jämförelse med tjockoljedrift bortfaller även energibehovet för rundpumpning och varmhållning av tjockoljan, vilket medför en höjning i systemverkningsgraden med i storleksordningen 1,5 %.

Svavelemissionen eliminerades i stort sett helt vid gaseldning. Stoftemissionen minskades med 75-85 % vid övergång från tjockolja till naturgas. Kväveoxidemissionen minskade i detta fall också med 75-85 %, medan övergång från tunnolja till naturgas minskade emissionen med 30-50 %.

SUMMARY

CONVERSION OF OIL-FIRED BOILERS TO NATURAL GAS - CHANGES IN EFFICIENCY AND EMISSIONS

A study of five oil-fired boilers which have been converted to natural gas have been carried out. The boilers have been both hot water boilers and steam boilers, with nominal heat outputs in the interval 0,3-6,0 MW. Measurements of boiler efficiency and emissions at different loads have been made before and after the conversion. Long-time measurements of the energy economy have been made in one case. The mean change in boiler efficiency has been recorded to an increase of 2-4 % when converting to natural gas. This is verified by long-time measurements of energy economy in this and a coordinated experiment. The increase is mainly due to the fact that gas firing is almost free from soot formation, but also to that gas burners can be continuously regulated over a wide load interval. When compared with heavy oil firing, there is no energy demand for heating and circulating the oil, which increase the system efficiency with about 1,5 %.

The sulphur emissions was almost totally eliminated when using natural gas. The emissions of particulates were decreased by 75-85 % when converting from heavy fuel oil to natural gas. The emission of nitrogen oxides in this case also decreased by 75-85 %, whilst a change from light fuel oil decreased the emissions by 30-50 %.

1 INLEDNING

Naturgas har internationellt varit en betydande energikälla för uppvärmningsändamål i flera årtionden. I Sverige introducerades naturgas först 1985 i och med Sydgas I-projektet. De svenska erfarenheterna från konvertering av oljeeldade pannanläggningar till naturgasdrift är därför relativt begränsade tidsmässigt sett.

I argumenteringen för övergång till naturgasdrift har emellertid ofta förbättringar i verkningsgrad och emissionsnivåer framhållits.

Öppen dokumentation av inhemska mätningar som stöder dessa påståenden har dock varit relativt sparsam. De mätningar som gjorts har ofta genomförts internt inom gasdistributionsföretagen och inte redovisats offentligt. Mätningarna har också genomförts med mycket varierande strategi och omfattning. En del utländska mätningar finns tillgängliga, men är inte direkt överförbara med hänsyn till pann typer, driftbetingelser m m.

Det har därför bedömts angeläget att genomföra en samlad undersökning av vilka resultat som uppnåtts vid konvertering av ett antal för Sverige typiska pannanläggningar. En sådan kartläggning utgör en exempelsamling på genomförda projekt, och konverteringsresultatet i varje enskilt fall beror av ett stort antal faktorer. Tillsammans ger dock exemplen en möjlighet till bedömning av vad en konvertering till naturgasdrift kan förväntas innebära i förändringar i fråga om energieffektivitet och emissionsnivåer.

I föreliggande rapport redovisas resultatet av en sådan undersökning. Fem olika pannanläggningar har ingått i projektet. De utgör exempel på olika pann typer och pannstorlekar och också på olika konverteringsmodeller. Det har eftersträövats att de valda anläggningarna skall vanligt förekommande pannstorlekar och -typer. Pannorna har därför valts i storleksintervallet 0,3-6 MW, inom vilket ett stort antal av dagens befintliga pannor ligger. Både ångpannor och varmvattenpannor ingår i undersökningen.

Samtliga pannor utom en har genomgått en rak konvertering, d v s oljebrännaren har bytts mot en gasbrännare. I ett fall var pannan redan före övergången till gaseldning försedd med en kombinationsbrännare för gas och olja.

I samband med konverteringarna har i vissa fall smärre anpassningar till dagens effektbehov, ändrade driftstrategier etc genomförts. Sådana förändringar förekommer vid nästan alla konverteringar och har därför inte ansetts medföra att anläggningen faller utanför ramen för undersökningen. Dock har anläggningar där stora ändringar ifråga om pannans plats i energisystemet skett inte tagits med i undersökningen.

Rapporten redovisar således resultatet av ett antal praktiska konverteringsfall där övergång till naturgaseldning skett. För ett detaljstudium av förändringar i fråga om maximal effekt, temperaturfördelning etc vid konvertering av eldrörspannor hänvisas till VÄRMEFORSK-rapport nr 332, "Gasol- och naturgaseldning i eldrörspannor", författad av Sune Andersson och Rolf Christensen.

2 GENOMFÖRANDE

Projektet har innefattat följande anläggningar:

- 1 Arla, Kallebäck
Ångpanna, fabrikat Generator Eckrohr, maxeffekt ca 4 MW
- 2 Monark AB, Varberg
Lågtrycksångpanna, fabrikat Parca, maxeffekt ca 2,3 MW
- 3 Peder Skrivares skola, Varberg
Varmvattenpanna, fabrikat Remeha, maxeffekt ca 1,1 MW
- 4 Scan-Väst, Varberg
Ångpanna, fabrikat Tubox, maxeffekt ca 5 MW
- 5 Bfr Tröingeberg, Falkenberg
Varmvattenpanna, fabrikat Parca, maxeffekt 0,28 MW

Detaljerade beskrivningar av anläggningar samt beskrivningar av åtgärder vid konverteringen återfinns i kapitel 4.

För anläggningarna 1, 2, 3 och 5 har mätningar genomförts både före och efter konverteringen. För anläggning 4 har mätningar endast kunnat göras efter konverteringen. För anläggning 4 finns en omfattande intern energistatistik både före och efter konverteringen. Av detta skäl har anläggningen tagits med i projektet.

Arbetet har genomförts på två parallella vägar. Dels har intensivmätningar genomförts före och efter konverteringarna för att bestämma verkningsgrad och emissionsnivåer vid enskilda lastfall. Dels har i en del fall energiekonomin studerats under längre perioder genom mätning av tillförd och avgiven energi. På detta sätt har verkningsgraden vid de skiftande laster och driftbetingelser som uppstår i praktiken kunnat studeras.

Långtidsuppföljning av energiekonomin har av praktiska skäl gjorts på olika sätt i de olika anläggningarna. I anläggningarna 3 och 5, som är varmvattenpannor, har bränslemängds- och värmemängdsmätare installerats. Mätarna i anläggning 3 har avlästs under ca 1 års tid under SP's överinseende. Anläggning 5 följs upp av Sydkraft AB i ett separat projekt som rapporteras under 1991.

Anläggning 4, som är en ångpanna, har under ca 3 år följts upp av Rolf Christensen, ÅF Energikonsult AB i separat projekt. Företagets synnerligen gedigna interna energistatistik samt egna mätningar har utgjort basen för detta arbete.

För anläggningarna 1 och 2 (ångpannor) är driftförhållandena sådana att en meningsfull långtidsuppföljning bedömdes ogenomförbar inom ramen för detta projekt.

Intensivmätningar

Intensivmätningarnas syfte har varit att bestämma pannverkningsgrad och emissionsnivåer vid maxlast och dellast.

Pannverkningsgrad

Bestämning av pannverkningsgrad har skett enligt följande schema:

1. Beräkning av tillförd effekt samt avgasförluster.
2. Uppskattning av strålnings- och konvektionsförluster enligt DIN 1942 om detta varit möjligt. I annat fall har strålnings- och konvektionsförluster uppskattats från erfarenhetsvärden. För anläggning 4 har mätningar utförda av Rolf Christensen utnyttjats.
3. Beräkning av pannverkningsgrad. I kapitel 7 kompletteras beräkningarna med en diskussion om systemverkningsgraden.

Som underlag för beräkningen av tillförd effekt och avgasförluster har följande parametrar mätts:

- bränsleflöde
- bränsletemperatur
- förbränningslufttemperatur
- avgastemperatur
- CO₂-halt
- CO-halt

Vid mätningar på oljedrift har oljeprov tagits ut och analyserats på bl a

- effektivt värmevärde
- densitet
- svavelhalt

Vid mätningar på naturgas har värden på effektivt värmevärde och sammansättning enligt Bilaga 2 använts.

I ångpanneanläggningarna har vidare följande parametrar avlästs:

- matarvattentemperatur
- ångtemperatur och/eller ångtryck

I varmvattenpanneanläggningarna har framlednings- och returtemperatur alternativt panntemperatur avlästs.

Egna, kalibrerade givare har använts för tryck- och temperaturmätningar så långt möjligt. I något fall, vilket framgår av resultatredovisningen, har anläggningens givare använts.

Emissionsmätningar

Vid intensivmätningarna har följande komponenter i avgaserna mätts med kontinuerligt registrerande instrument:

- CO₂-halt
- CO-halt
- NO_x-halt
- SO₂-halt
- totalkolvätehalt

Vid samtliga anläggningar utom en har stofthaltsmätningar genomförts. I vissa fall har stofthaltsmätningen genomförts som ett sammanslaget prov över flera lastpunkter.

Långtidsmätningar

Vid två anläggningar, Peder Skrivares skola och Brf Tröingeberg har värmemängdsmätare installerats.

Vid Peder Skrivares skola har avläsning av oljemätare/gasmätare samt värmemängdsmätare skett varje arbetsdag vid samma klockslag. Protokoll har veckovis skickats till Statens provningsanstalt för utvärdering.

Vid Brf Tröingeberg har Sydkraft AB ansvarat för långtidsmätningarna. Även här har olje/gasmätare och värmemängdsmätare installerats och avlästs kontinuerligt. Detta har skett inom ramen för ett separat projekt, och redovisas detaljerat i kommande rapport från Svenskt Gastekniskt Center.

Vid Scan-Väst finns en mycket gedigen intern energistatistik sedan ett antal år tillbaka. I separat projekt har denna bearbetats av Rolf Christensen, ÅF-Energikonsult, Malmö. Genom välvilligt tillmötesgående har vissa nyckelresultat ställts till denna rapports förfogande.

3 MÄTUTRUSTNING

Samtliga intensivmätningar har genomförts med i stort sett identisk mätutrustning. Följande givare och analysinstrument har använts:

Temperatur: Pt 100-motstånd, onoggrannhet $\pm 0,1$ °C

Alternativt har för avgastemperatur använts termoelement typ K, onoggrannhet ± 2 °C

Ångtryck: Anläggningarnas egna givare, som kalibrerats.

CO₂-halt: IR-instrument, typ BINOS $\bar{V}$ alt BINOS 100
Onoggrannhet: $\pm 0,1$ % CO₂

CO-halt: IR-instrument, typ BINOS $\bar{V}$ alt BINOS 100
Onoggrannhet: ± 10 ppm

NO_x-halt: Kemiluminiscensinstrument, typ Beckman 951
Onoggrannhet: ± 1 ppm (0-100 ppm)
 ± 2 ppm (0-250 ppm)

SO₂-halt: UV-instrument typ Binos
Onoggrannhet: ± 5 ppm

Totalkolvätehalt: Flamjonisationsinstrument typ JUM
Onoggrannhet: ± 1 ppm (0-10 ppm)

Stofthalt: Provtagningsutrustning typ Metlab Midi STL.

Data från analysinstrument och termoelement har insamlats med datalogger typ INTAB. Data från Pt 100-givare har insamlats med datalogger typ Acurex. Beräkning av medelvärden etc har gjorts med INTAB's utvärderingsprogram.

Beräkning av avgasförluster och emissionsvärden har gjorts med PC-programmet BURN, utvecklat och marknadsfört av Onsala Energikontroll HB, Onsala.

Använd utrustning för långtidsmätningarna framgår av respektive anläggningsbeskrivning.

Feluppskattningar

Ovan har redovisats mätonoggrannheten hos använda givare och analysinstrument. Noggrannheten i beräknade värden på emissioner och pannverkningsgrader beror dock av flera ytterligare faktorer. De viktigaste är:

- 1) kalibrergasernas noggrannhet
- 2) uttagna gasprovs representativitet (stråkbildning etc)
- 3) noggrannhet i värmevärdesbestämning

Onoggrannheten i bränslemängdsbestämningen påverkar ej beräknade värden för emissioner och pannverkningsgrad, eftersom beräkningarna görs per bränsleenhet. Däremot påverkas bestämningen av tillförd och avgiven effekt direkt.

Ur jämförelsesynpunkt gas/olja har faktor 2) eliminerats så långt möjligt genom att mätning skett på exakt samma punkter vid mätning på både gas- och oljedrift. I anläggning 1 genomfördes dessutom traversering för att eliminera inverkan av strålbildningen. I den fortsatta betraktelsen bortses därför från denna faktor.

De använda kalibrergasernas relativa noggrannhet har av leverantören angivits till:

CO_2 : $\pm 1,7$ %, CO : ± 2 %, CH_x : ± 2 %,
 NO_x : ± 5 %, SO_2 : ± 10 %.

Onoggrannheten i värmevärdesbestämningen kan sättas till $\pm 0,1$ MJ/kg resp $\pm 0,1$ MJ/m³n för olja resp gas. Onoggrannheten hos olje- och gasmätare har satts till ± 1 % i samtliga fall, även om den är bättre i vissa anläggningar, där kalibrering skett.

Värden på strålnings- och konvektionsförluster har måst antagas i samtliga fall utom ett. Eftersom samma antagande gjorts för både gas och olja bortses också från denna felkälla.

Då samtliga felfaktorer vägts samman erhålls följande beräknade onoggrannheter.

Pannverkningsgrad:	$\pm 0,3$	procentenheter
NO_x -emission:	± 6 %	av aktuellt värde
Svavelemission:	± 12 %	"-
Tillförd effekt:	$\pm 1,1$ %	"-
Avgiven effekt:	$\pm 1,2$ %	"-

Onoggrannheten i stoftemissionen kan sättas till ± 2 mg/MJ.

Långtidsmätningar

För mätutrustningen som använts i Peder Skrivares skola gäller följande onoggrannheter:

Värmemängdsmätare: $\pm 2 \%$
Oljemätare: $\pm 0,2 \%$
Gasmätare: $\pm 1 \%$

För pannverkningsgraden erhålls då följande onoggrannheter:

Oljeeldning: ± 2 procentenheter
Gaseldning: $\pm 2,3$ "-

För mätutrustning använd i Scan-Väst's resp Brf Tröingebergs anläggningar, se respektive separata rapport.

4

ANLÄGGNINGSBESKRIVNINGAR

Nedan ges för varje anläggning en översiktlig beskrivning av energiförsörjningens uppbyggnad, samt en beskrivning av mätobjektet (pannan) och genomförda åtgärder vid konverteringen.

4.1

Arla, Kallebäck

Arla, Kallebäck är ett av Europas största konsumtionsmjölkmejerier. Årligen produceras ca 120.000 ton konsumtionsmjölk, samt vissa andra mejeriprodukter.

De huvudsakliga energiförbrukarna i mejeriet är:

- pastörer
- diskmaskiner
- lokaluppvärmning

Dessutom levereras värme till en närbelägen större industrifastighet.

Lokaluppvärmningen bedöms svara för ungefär hälften av energibehovet.

Som värmebärande medium används ånga av maximalt 10 bars tryck. Ångan produceras i tre stycken Generator Eckrohr-pannor med vardera en maximal effekt på ca 4 MW. Dessutom finns en elpanna med effekten 3,8 MW.

Elpannan svarar för ångproduktionen under sommarhalvåret, normalt april-oktober. Under vinterhalvåret eldas en av Eckrohr-pannorna i taget som baslast enligt ett rullande schema.

Pannorna är relativt gamla, runt 30 år. De har försetts med ekonomiser i efterhand.

Panna I, som valdes som mätobjekt, är den som enligt driftpersonalen är i bästa kondition.

Mätobjekt

Panna: Generator Eckrohr
Tillverkningsnr 757
Tillverkningsår 1957
Ångtryck 12 kg/cm^2

Pannan har omisolerats för några år sedan. Pga en gasexplosion då pannan tidigare eldades med sopor misstänks smärre otätheter i pannan.

Ekonomiser: Generator
Tillverkningsnr 1096
Tillverkningsår 1968

Oljebrännare Tyromaster TM 2
Tillverkningsnr 619
Tillverkningsår 1973
Oljemängd 150-700 kg/h (Eo4) SP Nr 189 RA

Pannans maxkapacitet medför att brännaren eldades med maximalt 380 kg olja/h.

Rökgassystem: Rökgaserna leds via en cyklonavskiljare och rökgasfläkt till en samlingskanal, gemensam för de tre pannorna. Skorstenshöjden är ca 63 m.

Åtgärder vid konvertering

Oljebrännaren byttes till en kombinerad olje/gasbrännare. På de två övriga pannorna byttes oljebrännarna mot rena gasbrännare. Förbränningsluftfläktarna placerades i våningen under brännarplanet.

I samband med konverteringen installerades även ett datoriserat övervakningssystem för ångproduktionen.

Brännardata: Typ Hamworthy AWG 15 kombinationsbrännare
 Max effekt 5,4 MW
 Modulerande reglering
 område 1:5 - 1:6 (olja och gas)
 Brännartryck 2-300 mbar, injusterat till 115 mbar

Installerad mätutrustning:

Oljemätare: Aquametro VZO

Gasmätare: Turbinmätare Rombach T2150 G400
 32-650 m³/h
 Kompensationsenhet Rombach REVC ZG 1
 Tryckgivare typ G1151
 Tempgivare typ 2/Q4407

4.2 Monark AB, Varberg

Energibehovet vid Monark AB täcks med 3 st lågtrycksångpannor (max 1 atö) med effekterna 1,4, 1,9 respektive 2,3 MW, samt en hetvattenpanna med effekten 4,2 MW. Lågtrycksångpannorna har tillverkningsåren 1960 (P1), 1972 (P2) respektive 1967 (P3), medan hetvattenpannan är tillverkad 1982.

Den producerade lågtrycksången distribueras till ett stort antal ångaerotemprar samt ångvärmda varmvattenberedare. Systemet är relativt komplicerat beroende på utbyggnad vid ett flertal tillfällen.

Totalt är den installerade effekten ca 10 MW. Detta är en kraftig överdimensionering eftersom det beräknade effektbehovet är ca 5,0-5,5 MW.

Det komplicerade uppvärmningssystemet och överdimensioneringen gör att en radikal ombyggnad av energisystemet diskuterats i samband med konverteringen till naturgas. För genomförda åtgärder, se nedan.

Mätobjekt

Som mätobjekt valdes lågtrycksångpannan P3, eftersom denna utgjorde första steget i konverteringen.

Panna: Parca 65 FÅ, storlek nr 20
Högsta tillåtna temp. 120 °C
Tillverkningsår 1967

Oljebrännare: Hauck 783 E(U)
Pressluftsbrännare för Eo4
Max oljeflöde 170 kg/h
Oljetemperatur 95 °C

Rökgassystem: Rökgaserna leds via rökgasfläkt till en skorsten, gemensam för de tre lågtrycksångpannorna.
Skorstenen är av tegel, med en invändig diameter av 3,0 m och höjden ca 25 m.

Åtgärder vid konvertering

Första steget i konverteringen utgjordes av brännarbyte i den största lågtryckångpannan (P3) och i varmvattenpannan. Eftersom lågtryckspannan fungerar som baslastpanna valdes denna som mätobjekt. Varmvattenpannan eldades under eldningssäsongen 1988-89 endast några få dagar, varför mätningar ej var genomförbara.

Förutom brännarbyte i P3 installerades även en ny separat skorsten för denna panna. Diametern är 355 mm och höjden ca 17 m.

Brännardata: Typ Weishaupt G8/1-D utf. ZMD
Maximal effekt 2,5 MW
Modulerande reglering i området 0,4-2,5 MW
Ingående gastryck 1-4 bar
Tillv nr 3233883

Installerad mätutrustning

Oljemätare: Aquametro VZ0
Gasmätare: Turbinmätare Rombach MZ 50, 6-100 m³/h

4.3 Peder Skrivares skola, Varberg

Peder Skrivares skola är en gymnasieskola med totalt 24000 m² lokalyta som skall uppvärmas.

Energibehovet täcktes ursprungligen med hjälp av två st oljeeldade varmvattenpannor, en på ca 1,1 MW (P1) och en på ca 2,7 MW (P2). Pannorna var tillverkade 1964 respektive 1969.

Med hänsyn till pannornas ålder och kommande naturgasintroduktion byttes P1 under 1988 ut mot en ny panna i första hand avsedd för gaseldning men försedd med kombinationsbrännare för olja/gas. Pannan eldades fram till konverteringen i januari 1989 med Eol.

Den andra pannan behölls som reserv med oljeeldning. Under hösten 1989 havererade pannan, och byttes då ut mot en ny gaspanna, typ Remeha.

Mätobjekt

Panna: Remeha OD15 A
 Nominell effekt 1080 kW
 Max effekt 1184 kW
 Vattenvolym 660 liter

Pannan är en övertryckseldad trestråkspanna.

Brännare: Elco ELG 4.120 R-P
 Maximal effekt 1400 kW
 Modulerande reglering i området 385-1400 kW [gas]
 Anslutningstryck 20-100 mbar
 Oljemängd 71-118 kg/h (Eol)
 Tillverkningsnr 01492444
 Tillverkningsår 1988

Rökgassystem: Rökgaserna gick via gnistkammare och rökgasfläkt till en skorsten med invändigt mått 600x600 mm och höjden 14 m.

Åtgärder vid konvertering

Brännaren anslöts till naturgasnätet på konventionellt sätt.

Vidare installerades en separat skorsten för den aktuella pannan med invändig diameter 355 mm och höjden 10 m.

Installerad mätutrustning

Oljemätare: Aquametro VZO 15/111
 Tillverkningsnr 2581812
 Kalibrerad av SP till felvisning -0,41 -- -0,86 %
 i området 20-100 l/min

Värmevatten-

mätare: SVMV 1-080-142-2T
 Ansl. 150
 $Q_n = 150 \text{ m}^3/\text{h}$
 250 l/puls

Integrerings-

verk: SVME 93-150-131 T

Temperatur-

givare: SVMT 210-3-721 T

Gasmätare: Turbinmätare Rombach

G 65 TZ 50

$Q_{\min} = 10 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q_{\max} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$

Tillverkningsnr 7100778

4.4 Scan-Väst, Varberg

Scan-Väst, Varberg är ett av Sveriges större slakterier. År 1988 slaktades ca 285 000 djur, vara ca 245 000 slaktsvin.

Slakteriets energibehov tillgodoses via en ångpanna, en hetvattenpanna samt 4 st värmepumpar. Vidare finns en svedugn med avgaspanna. Spillvärme från kylanläggningen återvinns dels i hetgasvärmväxlare, dels av värmepumparna. Ångpannan eldas endast dagtid, och förser då följande förbrukare med energi:

- blodkokare
- skållkar
- backdiskmaskin
- processvarmvattenberedare (90 °C)
- vvx-system för varmvatten
- d.o för värmevatten.

Hetvattenpannan körs nattetid då utemperaturen understiger -1 °C, och då enbart för värmevatten- och varmvattenproduktion.

Scan-Väst konverterade till naturgasdrift i april 1988, d v s innan mätprojektet hade påbörjats. Av denna anledning har mätningar endast kunnat göras vid gasdrift. Mätningarna har gjorts på ångpannan.

De senaste åren har Scan-Väst genomfört en rad åtgärder för att minska energiförbrukningen. Arbetet har fortsatt även efter konverteringen och har fått till följd att ångpannan under 1989 tagits ur drift. För närmare beskrivning av energisystemet samt genomförda och planerade åtgärder hänvisas till rapport av Rolf Christensen.

Mätobjekt

Panna: Generator Tubox TD 160
Drifttryck 11 atö (mättad ånga)
Nominell effekt 5000 kg ånga/h (5,0 MW)
Eldyta 160 m²
Tillverkningsår 1970
Tillverkningsnr 1755

Brännare: Ray B6E6500 (kombinationsbrännare olja/gas)
Effekt (gas) 829-6380 kW
Oljeflöde 80-500 kg/h
Ingående gastryck 50-350 mbar
Tillverkningsår 1970
Tillverkningsnr 1756

Rökgassystem: Ca 25 m hög Cor-Ten-skorsten med 4 st isolerade röckanaler.

Åtgärder vid konvertering

Vid konverteringen installerades kombinationsbrännaren som beskrivits ovan. Maxeffekten begränsades till ca 4,1 MW. I övrigt genomfördes inga ändringar.

Installerad mätutrustning

Gasmätare: Turbinmätare Rombach MZ 100
 $Q_{\min} = 40 \text{ m}^3/\text{h}$
 $Q_{\max} = 650 \text{ m}^3/\text{h}$
Tillverkningsnr 8301994

4.5 Brf Tröingeberg, Falkenberg

Panncentralen i Tröingeberg består av två st identiska varmvattenpannor à 290 kW, som förser bostadsområdet med värme och varmvatten. Mätningar genomfördes på panna 2, som är den panna på vilken Sydkraft AB genomför långtidsmätningar.

Panna: Parca Wirbex S
Effekt 250 Mcal/h
Tillv nr 5001-00379
Tillv år 1972

Brännare: Bentone LDBH-0
Kapacitet 21-50 kg/h
Tvåstegsreglering
Tillv nr 412535
Tillv nr 1972

Rökgas-
system: Gemensam 13 m hög skorsten för båda pannorna
Kanaldiameter 150 mm

Åtgärden vid konvertering

Vid konverteringen installerades gasbrännare i båda pannorna. I övrigt vidtogs inga åtgärder.

Gasbrännare: Elco EG03.380R-2
Effekt 118-380 kW
Injusterad till max 290 kW
Tvåstegsreglering

Installerad mätutrustning

Oljemätare: Kent 86566164, 1-100 l/h

Gasmätare: Bälgmätare Rombach G25 0,25-40 m³/h

5 MÄTRESULTAT

Nedan redovisas för varje anläggning erhållna mätresultat dels från intensivmätningar, dels från långtidsuppföljningar av energiekonomin.

5.1 Arla, Kallebäck

Intensivmätningar

Mätningar på oljedrift (Eo4) före konvertering genomfördes 1989-02-02. Pannan hade p g a det roterande schemat inte eldats på några veckor före provet, men startades upp dagen före, och var enligt driftpersonalen i normal driftkondition.

Vid mätningarna lästes den modulerande brännaren i sitt erfarenhetsmässiga max- resp minläge, och effektbehovet balanserades med hjälp av ångavblåsning respektive drift av ytterligare en panna.

Mätningar på gasdrift efter konvertering genomfördes 1989-11-07.

Mätningarna kunde inte genomföras under konstanta lastförhållanden. I stället genomfördes en ca tre timmar lång mätning där pannans effekt styrdes av processens behov. Gasmätare och ångflöde avlästes manuellt med två minuters mellanrum och i efterhand valdes ett antal tidsperioder med relativt konstant last ut före utvärdering.

Resultat av mätningarna redovisas på följande sidor.

ARLA, KALLEBÄCK
Resultat av intensivmätningar

Provperiod nr	Olja, maxlast	Olja, låglast	Gas 1	Gas 2	Gas 3	Gas 4	Gas 5	Gas 6
Provtid, min	78	72	8	11	24	15	9	16
Oljemängd, kg	504,6	212,1	0	0	0	0	0	0
Eff. värmevärde, MJ/kg	40,57	40,57	0	0	0	0	0	0
Gasmängd, m3n	0	0	46,1	62,8	115,5	66,5	31,7	22,9
Eff.värmevärde, MJ/m3n	0	0	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1
Tillförd effekt, MW	4,37	1,99	3,76	3,72	3,14	2,89	2,30	0,93
CO2-halt, %	11,10	4,70	9,30	9,10	9,10	9,10	9,00	4,90
CO-halt, ppm	15	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Rökgas-temp efter eko, gr C	194	162	152	157	148	144	138	124
SO2-halt, ppm	407	129	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Svavelemission, mg S/MJ	232	197	<5	<5	<5	<5	<5	<5
NOx-halt, ppm	220	120	47	45	46	47	48	42
NOx-emission, mg NO2/MJ	180	263	31	30	31	31	33	51
Totalkolvätehalt, ppm	5	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Stofthalt, mg/MJ	110		4					
Rökgasförlust, %	10,00	18,00	7,10	8,00	7,80	7,80	8,10	14,1
Pannverkningsgrad, %	89,1	80,6	91,9	91,5	91,9	92	91,8	85,5

Avgiven effekt, MW	3,89	1,60	3,46	3,39	2,89	2,66	2,11	0,80
Ångflöde, ton/h	6	2,6	4,9	x	3,1	2,9	2,3	x
Mavtemp före eko, gr C	109	108,2	109	109	109	109	109	109
Mavtemp efter eko, gr C	171,6	174,6	149	149	153	x	141	130

Pannverkningsgrad och avgiven effekt är beräknad med en antagen strålnings- och konvektionsförlust på 0,8 % av nominell effekt.

Ångflödet är baserat på manuella avläsningar av signalen från anläggningens egen transmitter och utgör endast approximativa värden.

Kommentarer

Gasanalys kunde endast genomföras i en punkt vid mätning på oljedrift. Eftersom stråkbildning misstänktes förbereddes anläggningen senare för traversering vid mätning på gasdrift. Angivna värden på gaskoncentrationer är korrigerade med hänsyn till denna senare traversering (se nedan). Angivna värden på rökgasstemperatur är medelvärden av två st givare (före eko) respektive tre givare (efter eko) placerade tvärs kanalen.

Diskussion

Anläggningen uppvisade vid mätningen på olja relativt stora luftöverskott, speciellt på låglast. Detta kan i första hand hänföras till visst läckage i pannan, som gjorde injustering av brännaren till optimala värden svår. Dragregleringen var vid mättillfället inte heller optimalt injusterad.

Dessa förhållanden avspeglar sig bl a i höga NO_x -emissioner, 180-263 mg/MJ. Ett högt luftöverskott bidrar till en större bildning av termiskt NO_x . Även bildning av bränsle- NO_x är trolig i detta fall, eftersom analysen av tjockoljan visade en kvävehalt på 0,4 %.

NO_x -emissionen vid gasdrift uppmättes till ca 30 mg/MJ, utom vid låglast då det högre luftöverskottet medförde en högre halt, ca 50 mg/MJ. Övergången till naturgas har alltså medfört en radikal sänkning av NO_x -emissionen.

I samband med konverteringen gjordes vissa tätningsåtgärder, och dragregleringen justerades in. Det är inte möjligt ur genomförda mätningar kvantifiera hur mycket verkningsgraden påverkats av dessa åtgärder i sig. En rimlig bedömning är dock en procentenhet vid högre laster och två-tre procentenheter vid lägre laster.

Med hänsyn till ovan sagda kan förbättringen i pannverkningsgrad som kan hänföras till bränslebytet uppskattas till 2-6 procentenheter, den högre siffran vid lägre laster.

5.2 Monark AB, Varberg

Intensivmätningar

Mätningar på oljedrift före konvertering genomfördes 1989-02-15. Brännaren justerades med jämna mellanrum av personalen, och var enligt uppgift i normal driftkondition.

Under proven låstes den modulerande brännaren i sitt erfarenhetsmässiga max- respektive minläge. Effektbehovet vid minlastprovet balanserades genom manuell justering av ångtrycket.

Mätningar på gasdrift efter konvertering genomfördes 1989-11-08. Konverteringen hade skett i april 1989. Mätningar genomfördes på fyra konstanta laster varav en maxlast.

Resultat av mätningarna redovisas på följande sidor.

MONARK AB, VARBERG

Resultat av intensivmätningar

Provperiod	Olja, maxlast	Olja, låglast	Gas 1	Gas 2	Gas 3	Gas 4
Provtid, min	95	26	26	30	21	13
Oljemängd, kg	282	51	0	0	0	0
Eff. värmevärde, MJ/kg	41,9	41,9	0	0	0	0
Gasmängd, m3n	0	0	83,4	69,2	37,8	7,69
Eff. värmevärde, MJ/m3n	0	0	39,1	39,1	39,1	39,1
Tillförd effekt, MW	2,07	1,37	2,09	1,50	1,17	0,39
CO2-halt, %	13,3	10,5	10,5	10,5	10,6	8,5
CO-halt, ppm	69	38	11	14	14	23
Rökgastemperatur, gr C	203	182	188	172	150	115
SO2-halt, ppm	398	305	<5	<5	<5	<5
Svavelemission, mg S/MJ	167	160	<5	<5	<5	<5
NOx-halt, ppm	199	191	58	650	56	44
NOx-emission, mg NO2/MJ	120	144	33	35	32	31
Totalkolvätehalt, ppm	10	2	<2	<2	<2	<2
Stofthalt, mg/MJ	19		3			
Rökgasförlust, %	7,8	9,4	8,5	7,9	7,5	9,8
Pannverkningsgrad, %	91,2	90,4	91,6	92,1	92,8	90,6

Avgiven effekt , MW	1,89	1,24	1,91	1,38	1,08	0,35
Ångtryck, MPa	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,14

Pannverkningsgrad och avgiven effekt är beräknade med en antagen strålnings- och konvektionsförkust på 0,8 % av den nominella effekten

Kommentarer

Under en mellanliggande period vid gasdrift sjönk vattentemperaturen i pannans botten från ca 110 till ca 100 °C p g a variationer i ånguttag. Vid denna temperatursänkning konstaterades en sänkning i NO_x -halt på ca 10 ppm.

Diskussion

Mätningarna på oljedrift visar en anläggning i gott trim. Luftöverskottet var relativt lågt utan att höga CO- eller stofthalter konstaterades. NO_x -emissionen uppmättes till 120-144 mg/MJ. Även i detta fall kan en viss bildning av bränsle- NO_x förutsättas, eftersom tjockolja innehåller en del kväve. Vid gasdrift uppmättes NO_x -emissioner i intervallet 30-35 mg/MJ, vilket alltså motsvarar en reduktion på ca 75 % jämfört med oljeeldning.

Förändringen i pannverkningsgrad vid gaskonverteringen är relativt liten, under 2 %. Delvis kan detta förklaras med att anläggningen var väl intrimmad vid oljedrift. Vid mätningarna på gas konstaterades relativt stora snabba tryckvariationer i rök-gassystemet. Det bedömdes dock att dessa variationer inte påverkade pannverkningsgrad eller emissionsbild väsentligt. En injustering av dragregleringen, som gjordes senare, kan dock ha påverkat pannverkningsgraden marginellt uppåt.

5.3 Peder Skrivares skola, Varberg

Intensivmätningar

Mätningar på oljedrift före konvertering genomfördes 1988-11-14. Brännaren injusteras med jämna mellanrum av servicefirma.

Senaste injusteringen hade skett 1988-10-13. Maxlastprovet fick i brist på belastning genomföras i tre perioder där panntemperaturen tilläts stiga från ca 60 °C till ca 90 °C. Redovisade mätvärden utgör medelvärden för dessa perioder. Under minlastprovet sjönk panntemperaturen från 85 °C till 81 °C under provets första två timmar och därefter till 70 °C. Redovisade mätvärden utgör medelvärden för denna mätperiod.

Mätningar på gasdrift efter konvertering genomfördes 1989-02-14. Anläggningen hade då eldats med gas i ca två veckor. Brännaren låstes i max. respektive minläge. På rådande lastförhållanden kunde ej konstant pannvattentemperatur erhållas. Under låglastprovet varierade panntemperaturen mellan 55 och 65 °C, och under höglastprovet var panntemperaturen ca 75 °C.

Då brännaren låstes i höglastläge konstaterades oroväckande höga CO-halter, ca 1200-1400 ppm. I samråd med servicefirma justerades därför gasflödet ned så att CO-halter under 100 ppm erhöles.

Resultat av mätningarna redovisas på följande sida.

PEDER SKRIVARES SKOLA, VARBERG

Resultat av intensivmätningar

Provperiod	Olja, maxlast	Olja, låglast	Gas, maxlast	Gas, låglast
Provtid, min	79	156	23	72
Oljemängd, kg	120,7	154	0	0
Eff.värmevärde, MJ/kg	42,78	42,78	0	0
Gasmängd, m ³ n	0	0	34,5	18,3
Eff. värmevärde, MJ/m ³ n	0	0	39,1	39,1
Tillförd effekt, MW	2.09	0,704	0,979	0,165
CO ₂ -halt, %	12,9	12,5	10,6	8,8
CO-halt, ppm	11	6	93	53
Rökgasttemperatur, gr C	281	220	218	89
SO ₂ -halt, ppm	63	65	<5	<5
Svavelemission, mg S/MJ	27	29	<5	<5
NO _x -halt, ppm	96	96	45	42
NO _x -emission, mg NO ₂ /MJ	54	60	19	22
Totalkvätehalt, ppm	4	5	15	13
Stofthalt, mg/MJ	5 —————		5 —————	
Rökgastförlust, %	12,9	10,1	9,4	3,9
Pannverkningsgrad, %	86,7	89,2	90	92,8
Avgiven effekt, MW	0,944	0,628	0,881	0,153

Pannverkningsgrad och avgiven effekt är beräknade med en antagen strålnings och konvektionsförlust på 0,5 % av nominella effekten

Diskussion

Vid mätningar på olja konstaterades onormalt hög rökgas-temperatur ca 280 °C vid maxlast. Detta hade tidigare konstaterats av anläggningsägaren. Efter mätningarna, men före konverteringen till gas, monterades ytterligare retardrar i rökgestuberna. Mätningarna på gas är således genomförda med dessa "extra" retardrar. En del av sänkningen i rökgas-temperatur mellan mätningarna på olja resp gas kan hänföras till denna åtgärd.

Vid mätning på låglast med gas konstaterades extremt låg rökgas-temperatur, 89 °C. En så låg rökgas-temperatur kan normalt inte accepteras i befintliga rökkanaler med hänsyn till kondensrisken.

NO_x-emissionen vid gaseldning uppmättes till ca 20 mg/MJ, vilket är anmärkningsvärt låga värden. Motsvarande nivåer har för den aktuella brännartypen verifierats muntligt från annat håll.

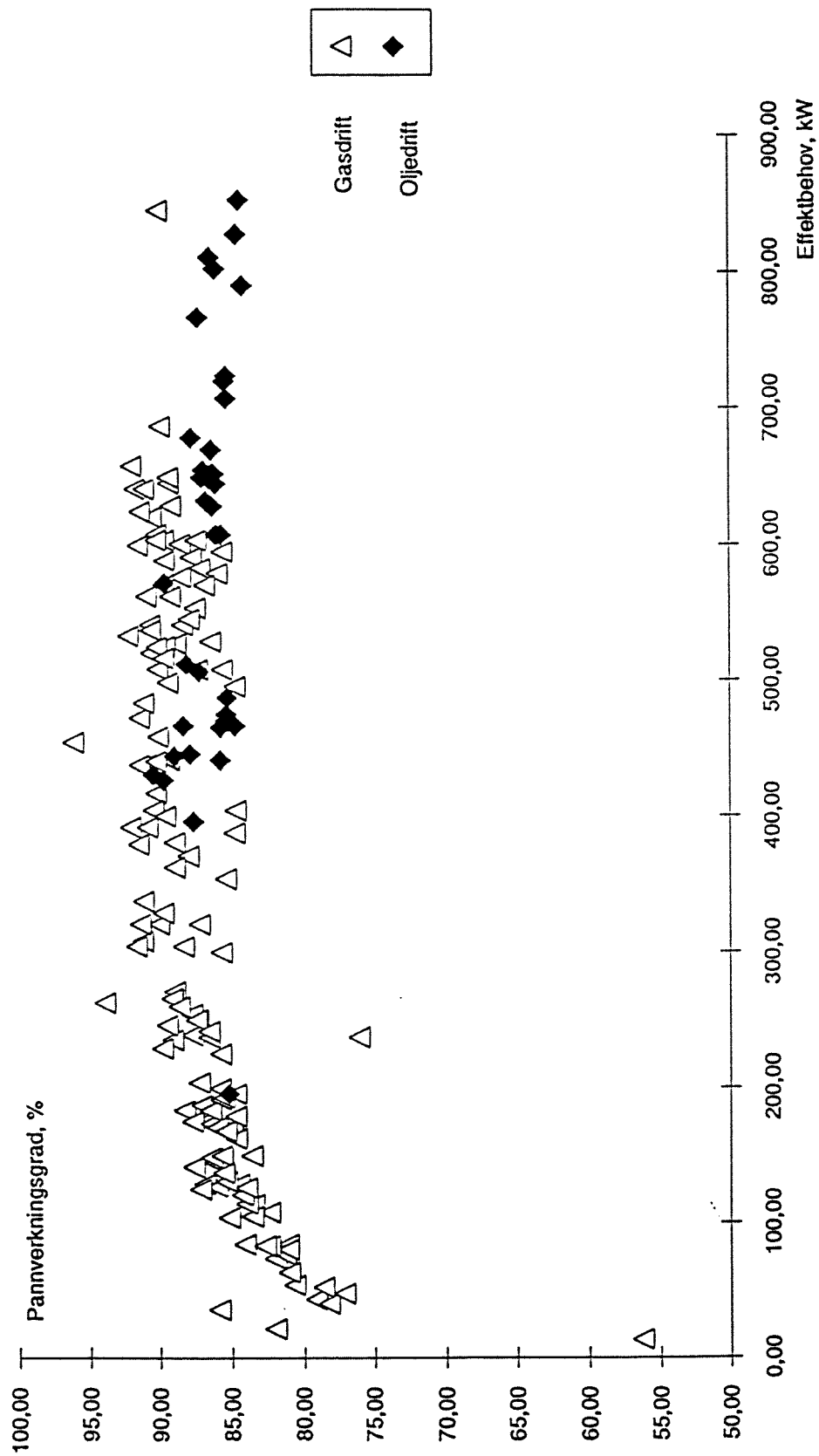
Långtidsmätningar

Mätningar av tillförd och avgiven energi genomfördes för olje-drift under perioden 881114-890113, samt för gasdrift under perioden 890131 - 891013.

Primäravlästa värden samt beräknade värden för tillförd och avgiven effekt samt pannverkningsgrad redovisas i tabellform i Bilaga 4.

Beräknade värden för pannverkningsgrad som funktion av belastningen vid olje- respektive gasdrift åskådliggörs i diagramform på följande sida.

PEDER SKRIVARES SKOLA, LÅNGTIDSMÄTNINGAR



Som framgår kan jämförelse mellan olja- och gasdrift göras vid de högre effekterna, över ca 400 kW belastning. För lägre belastningar har inga mätvärden erhållits på oljedrift på grund av mätperiodens förläggning under vintern.

Mätperioden för olja kan lämpligen jämföras med gasdrift under februari månad. Följande erhålls då:

Olja: Medelbelastning: 594 kW
 Pannverkningsgrad: 86,5 %

Gas, feb: Medelbelastning: 595 kW
 Pannverkningsgrad: 90,3 %

För samma medelbelastning har alltså erhållits en 3,8 % högre pannverkningsgrad med gas än med olja.

För lägre belastningar på gas är som framgår diagrammet pannverkningsgraden något lägre.

Effekt-verkningsgradskurvan är dock relativt flack. vilket bl a avspeglar gasbrännarens större reglerområde.

5.4 Scan-Väst, Varberg

Intensivmätningar

Scan-Väst konverterades före detta projekts start. Mätningar på oljedrift har därför ej kunnat genomföras. Mätningar på gasdrift efter konvertering genomfördes 1988-11-16 (låglast) respektive 1989-02-16 (maxlast). Den modulerande brännaren låstes i sitt driftmässiga min- resp maxläge.

Resultat från mätningarna redovisas på följande sida.

SCAN-VÄST, VARBERG
Resultat av intensivmätningar

Provperiod	Gas, maxlast	Gas, låglast
Provtid, min	68	97
Gasmängd, m ³ n	385	163,7
Eff.värmevärde, MJ/m ³ n	39,1	39,1
Tillförd effekt, MW	3,72	1,10
CO ₂ -halt, %	10,4	9,7
CO-halt, ppm	22	22
Rökgastemperatur, gr C	197	168
SO ₂ -halt, ppm	<5	<5
Svavelemission, mg S/MJ	<5	<5
NO _x -halt, ppm	82	54
NO _x -emission, mg NO ₂ /MJ	35	25
Totalkolvätehalt, ppm	4	5
Stofthalt, mg/MJ	<1 _____	
Rökgastförlust, %	8,1	7,3
Pannverkningsgrad, %	90,8	89,1
Avgiven effekt, MW	3,38	0,98

Pannverkningsgrad och avgiven effekt är beräknade med en strålnings- och konvektionsförlust på 70 kW, bestämd genom värmebalans av Rolf Christensen

Långtidsuppföljning

Energisystemet vid Scan-Väst har som nämnts ovan varit föremål för en grundlig utvärdering av Rolf Christensen. Detta redovisas i separat rapport från Svenskt Gastekniskt Centrum. Inom detta projekt har bl a årsmedelverkningsgraden för den aktuella pannan kartlagts för åren 1987, 1988 och 1989. 1987 eldades pannan enbart med olja, 1988 med delvis olja och delvis gas och 1989 eldades den med enbart gas.

Följande värden har erhållits:

η 1987 = 77,9 % (olja)

η korr, 1989 = 79,6 % (gas)

Korrigeringen för 1989 innebär att årsmedelverkningsgraden korrigerats till samma lastförhållanden som för 1987. En förbättring på knappt två procentenheter vid övergång till gaseldning från oljeeldning har alltså konstaterats. För närmare detaljer hänvisas till ovan nämnda rapport.

5.5 Brf Tröingeberg, Falkenberg

Invensivmätningar

Mätningar på oljedrift före konvertering genomfördes 1989-11-24. Mätningar genomfördes under konstanta förhållanden på de båda effektstegen samt under termostatdrift för att registrera eventuella variationer i emissionsnivåer.

Mätningar på gasdrift efter konvertering genomfördes 1990-02-01. Mätningen genomfördes under samma driftmässiga förhållanden som vid oljedrift.

TRÖINGEBERG, FALKENBERG

Resultat av intensivmätningar

Provperiod	Olja, maxlast	Olja, dellast	Gas,maxlast	Gas,dellast
Provtid, min	53	32	15	56
Oljemängd, kg	18,2	7,6	0	0
Eff. värmevärde, MJ/kg	42,7	42,7	0	0
Gasmängd, m3n	0	0	6,35	12,2
Eff. värmevärde, MJ/m3n	0	0	39,1	39,1
Tillförd effekt, MW	0,242	0,172	0,276	0,144
CO2-halt, %	11,2	11,6	9,8	9,3
CO-halt, ppm	<10	<10	<10	<10
Rökgastemperatur, gr C	367	285	276	144
SO2-halt, ppm	45	45	<5	<5
Svavelemission, mg S/MJ	22	21	<5	<5
NOx-halt, ppm	91	83	73	66
NOx-emission, mg NO2/MJ	63	55	45	43
Totalkolvätehalt, ppm	<2	<2	<2	<2
Stofthalt, mg/MJ	—	—	—	—
Rökgasförlust %	19,5	14,1	13,3	9,2
Pannverkningsgrad, %	79,3	84,2	85,7	89
Avgiven effekt, MW	0,192	0,145	0,237	0,128

Pannverkningsgrad och avgiven effekt är beräknade med en antagen strålnings- och konvektionsförlust på 1,0 % av nominell effekt

Termostatdrift

Vid termostatdrift på olja konstaterades spikar i CO-halten vid brännarstopp på 200-400 ppm. Likaledes konstaterades spikar i totalcolvätehalten på 50-150 ppm. Inga förändringar i emissionsnivåer i övrigt (t ex NO_x -halter) konstaterades jämfört med drift vid konstant last. Vid termostatdrift på gas konstaterades inga väsentliga spikar i CO- eller totalcolvätehalt.

Diskussion

Denna anläggning uppvisar mycket höga rökgastemperaturer, särskilt vid oljeeldning. Detta kan hänföras till att sotning vid oljedrift skett med mycket långa intervaller. I samband med konverteringen rengjordes pannan vilket förklarar den kraftiga sänkningen i rökgastemperatur. Även efter konvertering måste dock rökgastemperaturerna betraktas som relativt höga.

NO_x -emissionen minskade vid övergång från olja till gas från ca 60 mg/MJ till 45 mg/MJ. Förändringen är mindre än i övriga anläggningar.

6 DRIFTERFARENHETER

Samtliga anläggningsägare uppger sig vara mycket nöjda med övergången till naturgas. Detta intryck förstärks av samtal med driftpersonalen.

Genomgående anges följande faktorer som positiva för gaseldningen:

- förbättrad arbetsmiljö
- mindre underhåll
- bättre driftsäkerhet
- mindre emissioner

De tre första punkterna hänger delvis ihop. Speciellt vid tjockoljeeldning föreligger ett större underhållsbehov än vid gaseldning. Oljespill i samband med reparationer och underhåll är vanligt, och upplevs som besvärande. Vid gaseldning bortfaller detta, och gasen upplevs överhuvudtaget som renare arbetsmiljömässigt. Personal från flera anläggningar har uppgett att arbetstillfredsställelsen har ökat sedan övergången till gaseldning.

Ingen anläggning har råkat ut för någon allvarligare driftstörning under gasdrift. Igensättningar i oljefilter och liknande har däremot enligt uppgift ibland förorsakat driftstopp vid oljeeldning. I vissa fall har man haft mindre injusteringsproblem med bl a tryckvakter och dragreglering efter konverteringen. Dessa har dock avhjälppts efter hand, och några kvarstående problem har inte redovisats.

Mindre emissioner anges som en positiv faktor, även om detta inte direkt har med drifterfarenheterna att göra. Den ökade miljömedvetenheten avspeglar sig dock i att detta nämns som positivt för arbetstillfredsställelsen.

7. SLUTSATSER OCH DISKUSSION

Ovan har redovisats detaljerade mätresultat från de olika anläggningarna. En sammanställning av de väsentligaste resultaten från intensivmätningarna kan göras enligt följande:

	Stoft	NO _x	Svavel	Rökgas- temp	Pannverkn grad
	mg/MJ	mg/MJ	mg/MJ	°C	%
Anl 1, Eo4	110	180-263	197-232	162-194	81-89
gas	4	30-51	<5	124-157	85-92
Anl 2, Eo4	19	120-144	160-167	182-203	90-91
gas	3	31-35	<5	115-188	91-93
Anl 3, Eol	5	54-60	27-29	220-281	87-89
gas	5	19-22	<5	89-218	90-93
Anl 4, gas	<1	25-35	<5	168-197	89-91
Anl 5, Eol	-	55-63	21-23	285-367	79-84
gas	-	43-45	<5	199-285	86-89

Emissioner

Som framgår av sammanställningen ovan uppnås de största skillnaderna mellan gas- och oljeeldning i fråga om emissioner.

Den största skillnaden uppstår som väntat i fråga om svavel-emission. SO₂ har ej kunnat detekteras i någon anläggning vid gaseldning. Vid tjockoljeeldning har däremot emissioner mellan 160 och 230 mg S/MJ uppmätts. Vid Eol-eldning har emissioner i intervallet 20-30 mg S/MJ uppmätts. Framför allt vid tjockoljeeldning, men även vid Eol-eldning innebär en övergång till naturgas därför betydande miljövinster i fråga om svavelutsläpp.

Resultaten beträffande stoftemissioner är inte helt entydiga. Vid gaseldning har stofthalter mellan 1 och 5 mg/MJ mätts upp. Detta är oväntat höga värden, och en viss osäkerhet om detta i något fall kan bero på medryckning av tidigare avsättningsråder. I två av anläggningarna är emellertid rökkanalerna nyinstallerade, varför denna förklaring är mindre trolig. De erhållna resultaten indikerar att ytterligare mätningar på flera anläggningar bör göras.

Den höga stofthalten vid tjockoljedrift i anläggning 1, 110 mg/MJ, kan troligen hänföras till driftstörningar i avskiljningsutrustningen. Tidigare emissionsmätningar visar på halter i storleksordningen 25 mg/MJ. Tillsammans med mätvärden från anläggning 2, indikerar detta att en övergång från tjockoljeeldning till gaseldning kan minska stoftemissionen med i storleksordningen 75-85 %. Reduktionen jämfört med Eol-eldning är svår att kvantifiera eftersom endast en anläggning mätts vid både olje- och gasdrift och denna visade samma stoftemission i båda fallen.

Kväveoxidemissioner framstår som den enda miljöpåverkande faktorn av betydelse vid naturgaseldning. I samtliga anläggningar har vid gaseldning halter i intervallet 20-45 mg/MJ uppmätts, med ett undantag vid extrem låg last i anläggning 1. Dessa halter är delvis relativt låga jämfört med förväntade värden. Vid tjockoljeeldning har värden i intervallet 120-263 mg/MJ uppmätts. De högsta värdena uppmättes på anläggning 1, där ett högt luftöverskott förelåg. Om värdena för anläggning 2 tas som utgångspunkt för en jämförelse indikerar resultaten en reduktion i NO_x-emission vid övergång från tjockolja till naturgas på 75-85 %.

Vid tunnoljeeldning har NO_x -emissioner i intervallet 55-65 mg/MJ uppnåtts. Detta indikerar en reduktion på 30-50 % i NO_x -emission vid övergång från tunnolja till naturgas. Även i detta avseende innebär alltså en konvertering till naturgas en markant minskning i miljöbelastningen.

Prestanda

Intensivmätningarna har skett vid ett antal olika konstanta laster. Det har inte alltid varit möjligt att genomföra prov vid exakt samma last på olja respektive gas. Trots detta kan några generella slutsatser dras.

Intensivmätningarna visar att pannverkningsgraden i genomsnitt ökar med 2-4 % vid övergång från olja till gas. Även om smärre ändringar av pannan skett i anläggningarna 1 och 3 vid konverteringen torde denna slutsats vara motiverad.

Förklaringen till ökningarna är främst att gaseldning är i stort sett sotfri, vilket medför att inga eller små beläggningar bildar på de värmeupptagande ytorna. I genomsnitt kommer därför pannverkningsgraden över tiden att bli högre vid gaseldning än vid oljeeldning.

Gasbrännare har dessutom ett större reglerområde (25-100 % eller större) jämfört med oljebrännare (60-100 %). Således kan kontinuerlig drift erhållas vid betydligt lägre last vid gaseldning än vid oljeeldning. Detta avspeglas i intensivmätningarna, där i stort sett bibehållna pannverkningsgrader konstaterats vid mycket låga dellaster på gasbrännarna.

Långtidsmätningarna på anläggningarna 3 och 4 bekräftar förändringen i pannverkningsgrad enligt ovan. Vid Peder Skrivares skola konstaterades pannverkningsgraden 86,5 % vid oljedrift med medeleffektbehovet 593 kW. Vid gasdrift konstaterades pannverkningsgraden 90,3 % under perioden 890131 tom 890228 med medeleffektbehovet 595 kW. Skillnaden mellan olje- och gasdrift var alltså 3,8 % till gasens fördel. I detta inbegrips dock monteringen av ytterligare turbulatorer. Vid Scan-Väst, där inga förändringar utöver brännarbyte skett, konstaterade Rolf Christensen en höjning av pannverkningsgraden med 1,7 %.

Vid tjockoljeeldning tillkommer dessutom ytterligare förlustposter som ej inkluderas i pannverkningsgraden. Detta inkluderar rundpumpning och varmhållning av olja. Hur stora dessa förluster är varierar från anläggning till anläggning, men som ett riktvärde kan 1,5 % av tillförd energi användas. Vid en jämförelse av systemverkningsgraden skall detta läggas till skillnaden i pannverkningsgrad mellan tjockolje- och gaseldning.

EMISSIONSMÄTNINGAR VID GAS- RESP VEDELNING

Allmänt

Vid BVT Mekaniska, Göteborg har installerats en Remeha atmosfärisk gaspanna med märkeffekten 60 kW. Gaspannan är seriekopplad med en äldre gjuten sektionspanna av fabrikat Norrahammar. I denna panna eldas tidvis torr spillved som komplement till gaseldningen.

En jämförelse mellan emissionerna och från vedeldning har genomförts i denna anläggning.

Genomförande

Pannorna eldades separat enligt normalt brukningsmönster. Detta innebar on/off-drift för gaspannan och braseldning för vedpannan. Avsikten var att jämföra emissionerna per nyttiggjord energienhet. Detta förutsätter en mätning av vattenflöde genom pannan samt mätning av framlednings- och returtemperaturen. Flödesmätning kunde dock av anläggningstekniska skäl ej genomföras. Mätning av temperaturer genomfördes och ett försök till korrelering av temperaturdifferenser under antagande av konstant vattenflöde gjordes. Detta gav dock orimliga resultat, varför resultaten nedan redovisas på basis av uppskattade verkningsgrader för de båda pannorna.

Mätresultat

	<u>Gaspanna</u>	<u>Vedpanna</u>
Provtid, min	48	96
Bränslemängd, m ³ n kg	1.59	-
Effektivt värmevärde, MJ/m ³ n	39.1	-
"- MJ/kg	-	16
Tillförd energi, MJ	62	368
CO ₂ -halt, %	8.0	7.6
CO-halt, ppm	<10	3000
NO _x -halt, ppm	76	28
CH _x -halt, ppm metan??	<5	119
Rökgastemperatur, °C	250 **/	169

*/CO-halten översteg tidvis instrumentets mätområde (3000 ppm), varför detta värde anges som medelvärde

Anm. Samtliga gashalter och rökgastemperaturen anges som medelvärden. För gaspannan anges värden före dragavbrottet.

Emissioner per MJ tillfört bränsle:

	<u>Gaspanna</u>	<u>Vedpanna</u>
CO ₂ , g/MJ	70	99
CO, mg/MJ	<5	2500
NO _x , mg/MJ	74	39
CH _x , mg metan/MJ	<2	74

Emissioner per MJ nyttiggjord energi:

Som ovan nämnts kunde en relevant jämförande mätning av den av-
givna energin ej genomföras. På basis av övriga mätta parametrar
samt erfarenheter från andra projekt antas därför följande pann-
verkningsgrader:

η gaspanna = 75 %

η vedpanna = 50 %

Under dessa förutsättningar fås följande emissioner per MJ nyttig-
gjord energi:

	<u>Gaspanna</u>	<u>Vedpanna</u>
CO ₂ , g/MJ	93	198
CO, mg/MJ	<7	5000
NO _x , mg/MJ	99	78
CH _x , mg metan/MJ	<3	148

KOMMENTARER

De resultat som redovisats ovan bör användas med viss försiktighet
av bl a följande orsaker:

- pannverkningsgraden har antagits
- vedeldning är en process med vissa slumpartade inslag
- vedpannan i anläggningen var gammal och med en outvecklad
förbränningsteknik

Om vedeldning sker i en nyare vedpanna med utvecklad förbrännings-
teknik är emissionerna av CO och kolväten storleksordningar
mindre, vilket bör hållas i minnet. Moderna vedpannor har också
pannverkningsgrader i storleksordningen 65-75 %, vilket påverkar
jämförelsen.

För en stor del av dagens pannbestånd är dock mätningarna representativa och följande kvalitativa slutsatser dras:

- CO₂-emissionen per nyttiggjord energienhet är ca dubbelt så stor vid vedeldning som vid gaseldning.
- CO-emissionen per nyttiggjord energienhet är två till tre storleksordningar större vid vedeldning än vid gaseldning.
- NO_x-emissionen per nyttiggjord energienhet är av samma storleksordning vid gas- och vedeldning.
- Kolväteemissionen per nyttiggjord energienhet är en till två storleksordningar större vid vedeldning än vid gaseldning, räknat som metanekvivalenter.

Det kan tilläggas att kolväteemissionerna vid vedeldning till stor del består av tyngre kolväten av typ tjärar.

DATA FÖR NATURGAS

Följande data för "svensk naturgas har använts vid beräkningar inom detta projekt:

Sammansättning:

Metan	91,1 vol-%
Etan	4,7 vol-%
Propan	1,7 vol-%
N-butan	1,4 vol-%
Kväve	0,6 vol-%
Koldioxid	0,5 vol-%

Effektivt värmevärde: 39,1 MJ/kg

Densitet: 0,807 kg/m³



STATENS
PROVNINGSANSTALT
Swedish National Testing Institute

Kemisk analys

Jan Winblad, sr/9594F

PROTOKOLL

Datum/Date
1989-02-24

Ert datum/Your date

1 (3)
Bilaga 3

Beteckning/Reference
88K1 3018

Er referens/Your reference

ETf (Lennart Gustafsson)

Analys av eldningsoja, Arla

Föremål 1 prov eldningsolja.
Uppdrag Bestämning av värmevärde, densitet samt viskositet.
Specifikation Provmängd: ca 1 l
Förpackning: Plastburk
Resultat På prov i inlämningstillstånd

Metod

Vattenhalt	0,6 %	SS 15 51 50
Svavelhalt, S	0,92 %	ASTM D 4239 C
Densitet 80 °C	0,9392 g/cm ³	ISO 3838
Viskositet 80 °C	49,2 mm ² /s	SS 02 35 10
Kol, C	87,3 %	Elementaranalysator
Väte, H	10,7 %	"
Kväve, N	0,4 %	"
Värmvärde, MJ/kg		ASTM D 240
-kalorimetriskt vid		
konstant volym	42,84 MJ/kg	
-effektivt vid		
konstant tryck	40,57 MJ/kg	

STATENS PROVNINGSANSTALT
Kemisk analys

Karin Berglund
Karin Berglund

Jan Winblad
Jan Winblad



STATENS
PROVNINGSANSTALT

Swedish National Testing Institute

Kemisk analys

Jan Winblad, ih/9191F

PROTOKOLL

Datum/Date
1988-12-21

Ert datum/Your date

2

Bilaga 3

Beteckning/Reference
87E1 6007

Er referens / Your reference

ETf (P-A Wallin)

Analys av eldningsolja, PS-skolan

Föremål 1 prov eldningsolja

Uppdrag Bestämning av effektivt värmevärde, vatten-, svavelhalt samt elementaranalys

Specifikation Beteckning: Per-Anders Varberg
Provmängd: ca 2 l
Förpackning. plastflaska

Resultat På prov i inlämningstillstånd

Metod

Vattenhalt	0,05 %	SS 15 51 50
Svavelhalt, S	0,17 %	ASTM D 4239 C
Kol, C	86,5 %	Elementaranalysator
Väte, H	13,3 %	" -
Kväve, N	< 0,1 %	" -
Värmevärde		ASTM D 240
- kalorimetriskt		
vid konstant volym	45,60 MJ/kg	
- effektivt vid		
konstant tryck	42,78 MJ/kg	

STATENS PROVNINGSANSTALT
Kemisk analys

Karin Berglund
Karin Berglund

Jan Winblad
Jan Winblad

SP 302

Postadress
Box 857
501 15 BORÅS

Postal address
P.O. Box 857
S-501 15 BORÅS, Sweden

Besöksadress
Brinellgatan 4
BORÅS

Office
Brinellgatan 4
BORÅS

Telefon
033-16 50 00

Telephone
+ 46 33-16 50 00

Telex
36252
testing S

Telex
36252
testing S

Telefax
033-13 55 02

Telefax
+ 46 33-13 55 02

Bankgiro
715-1053

Postgiro
156 82-8

Postal account
156 82-8



STATENS
PROVNINGSANSTALT
Swedish National Testing Institute

Kemisk analys
Jan Winblad, nl/1170F

PROTOKOLL

Datum/Date
1990-01-12

Ert datum/Your date

3
Bilaga 3

Beteckning/Reference
87E16007:4

Er referens/Your reference

ETf (Lennart Gustavsson)

Analys av eldningsolja "Tröingeberg"

Föremål 1 prov eldningsolja.
Uppdrag Densitet, kol, väte, kväve, svavel och värmevärde.
Beteckning "Oljeanalys. "Tröingeberg 87E1 6007:3

Resultat På prov i inlämningstillstånd

Densitet vid 20 °C	0,8446 g/cm ³	Method
Svavel, S.	0,11 %	SS-ISO 3838
Kol, C	86,3 %	ASTM D 4239 C
Väte, H	13,8 %	Elementaranalysator
Kväve, N	<0,1 %	"
Kalorimetriskt värme- värde vid konstant volym	45,61 MJ/kg	ASTM D 240
Effektivt värmevärde vid konstant tryck	42,68 MJ/kg	"

STATENS PROVNINGSANSTALT
Kemisk analys

Karin Berglund
Karin Berglund

Jan Winblad
Jan Winblad

PEDER SKRIVARES SKOLA,, OLJEDRIFT
MÄTPERIOD 881114-890113

DATUM	KL	MÄTPER MIN	OLJEMÄT DM3	VÄRMEMÄTARE MWH	M3	TILLF EFF KW	AVG EFF KW	VERKN GRAD %
881114	16,30	0	4308	48,1	2308	0	0	0
881115	16,35	1445	6413	66,6	3112	880,33	768,17	87,26
881116	16,30	1435	7542	76,8	3590	475,45	426,48	89,70
881117	16,25	1435	8673	87,1	4078	476,29	430,66	90,42
881118	16,30	1445	9868	97,8	4575	499,76	444,29	88,90
881122	7,00	5190	16373	154,3	7280	757,43	653,18	86,24
881123	7,00	1440	17633	165,5	7800	528,77	466,67	88,25
881124	7,00	1440	18843	176,2	8307	507,79	445,83	87,80
881125	7,00	1440	19920	185,7	8832	451,97	395,83	87,58
881128	7,00	4320	25338	232,7	11570	757,91	652,78	86,13
881129	7,00	1440	26725	245	12118	582,07	512,50	88,05
881130	7,00	1440	28965	264,5	13522	940,04	812,50	86,43
881201	7,00	1440	30755	280,1	14522	751,19	650,00	86,53
881202	7,00	1440	32496	295,3	15684	730,63	633,33	86,68
880205	7,00	4320	36654	331,8	18304	581,65	506,94	87,16
881206	7,00	1440	38499	348,1	19131	774,27	679,17	87,72
881207	7,00	1440	40726	367,4	20111	934,58	804,17	86,05
881208	7,00	1440	42737	384,7	21050	843,94	720,83	85,41
881209	7,00	1440	44518	400,3	21889	747,41	650,00	86,97
881212	7,00	4320	49913	447,5	24419	754,69	655,56	86,86
881213	7,00	1440	52249	467,4	25506	980,33	829,17	84,58
881214	7,00	1440	54101	483,5	26388	777,21	670,83	86,31
881215	7,00	1440	56343	502,5	27450	940,88	791,67	84,14
881216	7,00	1440	58368	519,9	28531	849,81	725,00	85,31
881219	7,00	4320	63427	563,7	31097	707,69	608,33	85,96
881220	7,00	1440	65839	584,2	32303	1012,22	854,17	84,39
881221	7,00	1440	67818	601,2	33344	830,51	708,33	85,29
881222	7,00	1440	69556	616,3	34193	729,37	629,17	86,26
881223	7,00	1440	71345	631,8	35043	750,77	645,83	86,02
881230	7,00	10080	80537	710,8	39525	551,07	470,24	85,33
890102	7,00	4320	85104	752	41763	638,86	572,22	89,57
890104	7,00	2880	88490	781,2	43227	710,48	608,33	85,62
890105	7,00	1440	89817	792,6	43794	556,89	475,00	85,30
890109	7,00	5760	94998	837,3	46022	543,56	465,62	85,66
890110	7,00	1440	96226	847,9	46568	515,34	441,67	85,70
890111	7,00	1440	97589	859,6	47139	572,00	487,50	85,23
890112	7,00	1440	98902	870,8	47701	551,01	466,67	84,69
890113	7,00	1440	99450	875,5	47920	229,97	195,83	85,15
						687.1	593.4	86.5

PEDER SKRIVARES SKOLA, GASDRIFT
MÄTPERIOD 890130-891013

DATUM	KL	MÄTPER MIN	GASMÄT M3	VÄRMEMÄTARE MWH	M3	TILLF EFF KW	AVG EFF KW	VERKN GRAD %
890131	7,00	0	8731	967,1	51730	0,00	0,00	0,00
890201	7,00	1440	9618	976,5	52118	425,45	391,67	92,06
890202	7,00	1440	11077	991,9	52733	699,81	641,67	91,69
890203	7,00	1440	12569	1007,7	53347	715,64	658,33	91,99
890206	7,00	4320	16788	1051,5	55105	674,55	608,33	90,18
890207	7,00	1440	18034	1064,5	55661	597,64	541,67	90,63
890208	7,00	1440	19324	1078	56227	618,75	562,50	90,91
890209	7,00	1440	20523	1090,5	56642	575,10	520,83	90,56
890210	7,00	1440	21729	1103,3	57194	578,46	533,33	92,20
890213	7,00	4320	25830	1146,5	58949	655,68	600,00	91,51
890214	7,00	1440	27235	1161	59549	673,91	604,17	89,65
890215	7,00	1440	28706	1176,1	60160	705,57	629,17	89,17
890216	7,00	1440	30214	1191,6	60745	723,31	645,83	89,29
890217	7,00	1440	32172	1211,9	61485	939,16	845,83	90,06
890220	7,00	4320	34764	1239,2	62856	414,42	379,17	91,49
890221	7,00	1440	36194	1254,1	63417	685,90	620,83	90,51
890222	7,00	1440	37663	1269,5	63987	704,61	641,67	91,07
890223	7,00	1440	39089	1284,5	64546	683,98	625,00	91,38
890224	7,00	1440	40606	1300,1	65126	727,63	650,00	89,33
890227	7,00	4320	44857	1343,4	66782	679,66	601,39	88,48
890228	7,00	1440	46308	1357,7	67348	695,97	595,83	85,61
890301	7,00	1440	47187	1366,6	67853	421,61	370,83	87,96
890302	7,00	1440	48464	1379,3	68487	612,51	529,17	86,39
890303	7,00	1440	49870	1393,5	69194	674,39	591,67	87,73
890306	7,00	4320	53945	1435	71344	651,53	576,39	88,47
890307	7,00	1440	55121	1447,2	72022	564,07	508,33	90,12
890308	7,00	1440	56152	1457,8	72686	494,52	441,67	89,31
890309	7,00	1440	57593	1472,3	73460	691,18	604,17	87,41
890310	7,00	1440	58871	1485,3	74169	612,99	541,67	88,36
890313	7,00	4320	62588	1523,3	76360	594,29	527,78	88,81
890314	7,00	1440	63984	1537,3	77129	669,59	583,33	87,12
890315	7,00	1440	65305	1550,6	77884	633,62	554,17	87,46
890316	7,00	1440	66710	1564,5	78644	673,91	579,17	85,94
890317	7,00	1440	68081	1578,2	79409	657,60	570,83	86,81
890320	7,00	4320	71570	1614,1	81571	557,83	498,61	89,38
890321	7,00	1440	72865	1627,2	82310	621,15	545,83	87,88
890322	7,00	1440	74079	1639,4	83043	582,30	508,33	87,30
890323	7,00	1440	74512	1643,8	83375	207,69	183,33	88,27
890328	7,00	7200	80631	1706,9	86976	587,00	525,83	89,58
890329	7,00	1440	81634	1717,4	87654	481,09	437,50	90,94
890330	7,00	1440	82597	1727,4	88307	461,90	416,67	90,21
890331	7,00	1440	83834	1740,3	89029	593,33	537,50	90,59
890403	7,00	4320	87944	1782,7	91303	657,12	588,89	89,62
890404	7,00	1440	89340	1797,2	92064	669,59	604,17	90,23
890405	7,00	1440	90934	1813,7	92859	764,56	687,50	89,92
890406	7,00	1440	92261	1827,4	93601	636,50	570,83	89,68
890407	7,00	1440	93576	1840,9	94301	630,74	562,50	89,18
890410	7,00	4320	96807	1874,9	96323	516,58	472,22	91,41

890411	7.00	1440	97739	1884,6	96942	447,03	404,17	90,41
890412	7.00	1440	98589	1893,3	97611	407,70	362,50	88,91
890413	7.00	1440	99011	1897,5	98043	202,41	175,00	86,46
890414	7.00	1440	99430	1901,6	98519	200,97	170,83	85,00
890417	7.00	4320	101134	1918,8	100119	272,44	238,89	87,68
890418	7.00	1440	102119	1929,7	100821	472,46	454,17	96,13
890419	7.00	1440	103357	1941,9	101544	593,81	508,33	85,61
890420	7.00	1440	104418	1952,9	102240	508,91	458,33	90,06
890421	7.00	1440	105416	1963,4	102911	478,69	437,50	91,40
890424	7.00	4320	108468	1995,1	104945	487,96	440,28	90,23
890425	7.00	1440	109574	2006,7	105657	530,49	483,33	91,11
890426	7.00	1440	110505	2016,3	106301	446,55	400,00	89,57
890427	7.00	1440	111719	2028,9	107025	582,30	525,00	90,16
890428	7.00	1440	112920	2041,3	107742	576,06	516,67	89,69
890502	7.00	5760	116009	2073,7	110181	370,41	337,50	91,12
890503	7.00	1440	116714	2081,1	110774	338,15	308,33	91,18
890505	7.00	2880	117816	2092,4	111883	264,29	235,42	89,08
890508	7.00	4320	119564	2111,3	113581	279,48	262,50	93,93
890509	7.00	1440	120215	2117	114135	312,25	237,50	76,06
890510	7.00	1440	120958	2124,7	114724	356,38	320,83	90,03
890511	7.00	1440	121676	2132	115315	344,39	304,17	88,32
890512	7.00	1440	122311	2138,5	115882	304,58	270,83	88,92
890516	7.00	5760	124797	2164	118134	298,10	265,63	89,11
890517	7.00	1440	125285	2168,9	118639	234,07	204,17	87,22
890518	7.00	1440	125817	2174,4	119162	255,17	229,17	89,81
890519	7.00	1440	126237	2178,6	119654	201,45	175,00	86,87
890522	7.00	4320	127301	2189,2	121015	170,12	147,22	86,54
890523	7.00	1440	127717	2193,4	121559	199,53	175,00	87,70
890524	7.00	1440	128054	2196,8	122052	161,64	141,67	87,64
890525	7.00	1440	128328	2199,4	122509	131,42	108,33	82,43
890526	7.00	1440	128583	2201,9	122953	122,31	104,17	85,17
890529	7.00	4320	129436	2210,1	124231	136,38	113,89	83,51
890530	7.00	1440	129885	2214,6	124770	215,36	187,50	87,06
890531	7.00	1440	130432	2220	125335	262,37	225,00	85,76
890601	7.00	1440	131036	2226,1	125914	289,71	254,17	87,73
890602	7.00	1440	131609	2232	126390	274,84	245,83	89,45
890605	7.00	4320	132866	2244,5	127975	200,97	173,61	86,39
890606	7.00	1440	133280	2248,6	128480	198,58	170,83	86,03
890607	7.00	1440	133877	2254,6	129058	286,35	250,00	87,31
890608	7.00	1440	134319	2259	129598	212,01	183,33	86,48
890609	7.00	1440	134719	2262,9	130103	191,86	162,50	84,70
890612	7.00	4320	135795	2273,6	131589	172,03	148,61	86,38
890615	7.00	4320	136448	2279,7	133126	104,40	84,72	81,15
890619	7.00	5760	136909	2283,9	134302	55,28	43,75	79,14
890626	7.00	10080	137301	2287,6	137270	26,86	22,02	81,99
890707	7.00	15840	137872	2291,3	142233	24,90	14,02	56,29
890717	7.00	14400	138949	2301	146726	51,66	40,42	78,24
890721	7.00	5760	139701	2308,1	148328	90,17	73,96	82,02
890724	7.00	4320	140121	2312	149535	67,15	54,17	80,66
890728	7.00	5760	140639	2316,6	151135	62,11	47,92	77,14
890731	7.00	4320	141059	2320,4	152314	67,15	52,78	78,60
890804	7	5760	142109	2330,5	154068	125,91	105,21	83,56
890807	7	4320	142739	2336,6	155289	100,73	84,72	84,11
890809	7	2880	143134	2340,3	156141	94,73	77,08	81,37
890811	7	2880	143703	2345,8	157179	136,46	114,58	83,97
890814	7	4320	144324	2351,6	158471	99,29	80,56	81,13

890817	7	4320	144817	2356,2	159604	78,82	63,89	81,05
890821	7	5760	145660	2364,2	161390	101,09	83,33	82,44
890825	7	5760	146500	2372,2	163311	100,73	83,33	82,73
890828	7	4320	147430	2381,5	164867	148,69	129,17	86,87
890829	7	1440	147896	2386,1	165449	223,52	191,67	85,75
890831	7	2880	148512	2392,2	166515	147,73	127,08	86,02
890901	7	1440	148811	2395,1	167041	143,42	120,83	84,25
890904	7	4320	150042	2407,2	168640	196,82	168,06	85,39
890906	7	2880	150679	2413,4	169679	152,77	129,17	84,55
890908	7	2880	151320	2419,7	170729	153,73	131,25	85,38
890911	7	4320	151583	2422,3	175099	42,05	36,11	85,88
890912	7	1440	152313	2429,5	175733	350,14	300,00	85,68
890913	7	1440	152909	2435,5	176335	285,87	250,00	87,45
890914	7	1440	153395	2440,3	176910	233,11	200,00	85,80
890915	7	1440	153836	2444,6	177485	211,53	179,17	84,70
890918	7	4320	155248	2458,5	179159	225,76	193,06	85,52
890919	7	1440	155730	2463,2	179716	231,19	195,83	84,71
890920	7	1440	156095	2466,8	180252	175,07	150,00	85,68
890921	7	1440	156430	2470,1	180770	160,68	137,50	85,57
890922	7	1440	156729	2473,1	181283	143,42	125,00	87,16
890925	7	4320	157670	2482,2	182794	150,45	126,39	84,01
890926	7	1440	158044	2485,8	183317	179,39	150,00	83,62
890927	7	1440	158616	2491,5	183897	274,36	237,50	86,57
890928	7	1440	159198	2497,3	184477	279,16	241,67	86,57
890929	7	1440	159965	2505	185106	367,89	320,83	87,21
891002	7	4320	161798	2523,7	186884	293,07	259,72	88,62
891003	7	1440	162490	2531	187385	331,92	304,17	91,64
891004	7	1440	163389	2540,4	188053	431,21	391,67	90,83
891005	7	1440	164121	2548,1	188663	351,10	320,83	91,38
891006	7	1440	164886	2556	189277	366,93	329,17	89,71
891009	7	4320	167563	2583,4	191206	428,01	380,56	88,91
891010	7	1440	168516	2592,7	191862	457,11	387,50	84,77
891011	7	1440	169511	2602,4	192518	477,25	404,17	84,69
891012	7	1440	170731	2614,3	193253	585,17	495,83	84,73
891013	7	1440	171596	2622,8	193879	414,90	354,17	85,36

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk Forskning och utveckling. Stiftelsens forskningsprogram är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem. Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Värmeverksföreningen
- Övrig industri

Värmeforsk samarbetar med Närings- och teknikutvecklingsverket (NUTEK).

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Box 1765 · 111 87 Stockholm
Tek: 08-7900600 · Fax 08-796 00 37