



STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare

Michael Johansson

Lunds Universitet LTH/Malmö
Driftekniska Institutionen

**STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6405 • 113 82 STOCKHOLM • TEL. 08/34 09 80**

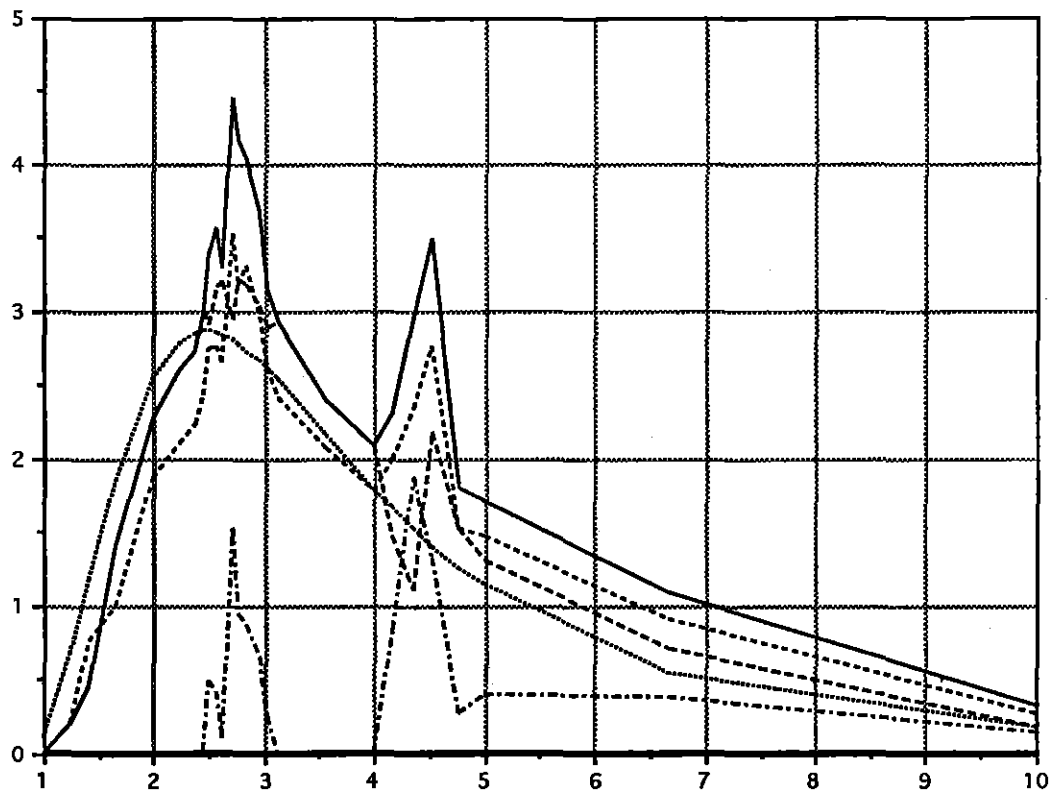
Maj 1992

ISSN 0282-3772



LUNDS UNIVERSITET
LTH/Malmö
Drifttekniska Institutionen

SPEKTRALFÖRDELNING OCH **VERKNINGSGRAD FÖR** **GASELDADE IR-STRÅLARE**



Malmö oktober 1991
Michael Johansson

Innehåll

	Sammanfattning	1
	Inledning	3
1	Mätmetod, spektralfördelning	
1.1	FTIR, infrarödspektrometer, grundprincip	3
1.1.1	Michelson interferometer	3
1.1.2	Registrering av interferogrammet	8
1.1.3	Fouriertransform av interferogrammet	8
1.1.4	Upplösning i spektrat	9
1.2	Ombyggnad	10
1.3	Mätobjekt	11
1.4	Kalibrering	13
1.5	Mätnoggrannhet	14
1.6	Beteckningar använda i kapitel 1	15
2	Mätmetod, strålningsverkningsgrad	16
3	Mätmetod, emissions- och temperaturmätningar	17
4	Mätresultat, Marsden-strålaren	19
4.1	Beskrivning av Marsden-strålaren	19
4.2	Mätresultat, spektralfördelningen	21
4.3	Mätresultat, strålningsverkningsgrad	29
4.4	Mätresultat, syrehalt, temperatur och emissioner	30
5	Mätresultat Gogas.strålaren	35
5.1	Beskrivning Gogas-strålaren	35
5.2	Mätresultat, strålningsverkningsgrad och emissioner	36
6	Jämförelser med andra mätningar av strålningsverkningsgrad	39
7	Slutsatser	41
8	Referenser	43

Sammanfattning

Målsättningen för projektet var att

- införskaffa ett instrument som möjliggör kartläggning av spektralfördelningen av IR-strålningen från gaseldade och elektriska IR-strålare.
- kartlägga spektralfördelningen för två gaseldade och en elektrisk IR-strålare
- med utgångspunkt från spektralmätningarna beräkna strålarnas strålningsverkningsgrad.

Anskaffat mätinstrument är en infrarödspektrometer (FTIR, Fourier Transform Infra Red), typ Perkin Elmer, model 1760. Instrumentet fick byggas om något för att passa för här avsett ändamål. Strålningsområdet som täcks in är 1-25 μ m.

Undersökta strålare är

- Marsden, MIG 24" x 24", 74 kW (gas)
- Gogas, 24 kW (gas)
- IRT (el)

IRT-strålarens spektrum visade sig till stor del ligga under 1 μ m, dvs utanför mätområdet, varför dess verkningsgrad ej kunnat beräknas. Mätresultaten redovisas därför ej i denna rapport.

De gaseldade strålarnas emissionsspektra redovisas i diagramform i rapporten. Genomgående sammanfaller spektran ganska väl med motsvarande spekt-

ra från en idealisk svartkroppsstrålare med undantag av "toppar" vid 2,5-3 μm och 4,2-4,8 μm . Dessa toppar härrör från strålning från rökgasernas innehåll av vattenånga och koldioxid och bidrar till strålarens egen strålning med ca 20%.

Strålningsverkningsgraden, definierad som förhållandet mellan totalt avgiven strålningsenergi och tillförd gas- och elenergi har beräknats till 60% för Marsdenstrålaren och 55% för Gogasstrålaren vid märkeffekt.

Framräknade verkningsgrader har jämförts med andra i litteraturen publicerade värden. Det visade sig svårt att dra entydiga slutsatser på grund av ofullständig redovisning av mätmetoder och beräkningsmetoder samt om gasstrålningen inkluderats eller ej. Som exempel kan nämnas att forskningsinstitutet VTT i Finland kommer fram till verkningsgrader mellan 36 och 42% genom mätningar på relativt små strålare och utan hänsynstagande till gasstrålningen. I referens 15 dras slutsatsen att verkningsgraden för kommersiella storlekar bör vara minst 46%. Detta samt hänsynstagande till gasstrålningen ger då verkningsgrader i nivå med i detta projekt framräknade.

Inom projektets ram har även gjorts mätningar av ytemperaturer samt halter av CO och NO_x strax intill strålaren. Resultaten framgår av tabellen nedan

Strålare	Märkeffekt	Temp	CO	NO _x
	kW	°C	ppm	ppm
Marsden	74	1030	55	<5
Gogas	24	800	45	35

Inledning

Målsättningen med projektet har varit att införskaffa och anpassa ett mätinstrument för att göra det möjligt att kartlägga den spektrala fördelningen av IR-strålningen från gaseldade och elektriska IR-strålare. Med instrumentet kan strålning som ligger i våglängdsområdet 1-25 μm detekteras, vilket dock visade sig vara för snävt för att täcka in all strålning från elektriska IR-strålare.

Målsättningen var också att kartlägga den spektrala fördelningen samt att ur denna beräkna strålningsverkningsgraden för två gaseldade och en elektrisk IR-strålare

Kunskap om den spektrala fördelningen, dvs emitterad energi som funktion av strålningens våglängd, behövs bl. a. vid applikation av IR-strålare i praktiska sammanhang. Genom att t. ex. välja en strålare med ett emissionsspektrum som överensstämmer med absorptionsspektret hos ett material som skall torkas uppnås hög verkningsgrad i torkprocessen ifråga.

Mätningar av emissionsspektra har skett på två gaseldade och en elektrisk IR-strålare. Därutöver har mätts O_2 -, CO - och NO_x -emissioner samt ytemperaturer på de gaseldade.

De strålare som undersökts är följande:

- 1 Marsden, MIG 24"x24". Strålaren utgöres av en keramisk fiberplatta, i första hand avsedd för torkning av banbundet material.
- 2 GOGAS. Uppbyggd av perforerade keramiska plattor, avsedd för industriell värmebehandling och lokaluppvärmning.
- 3 IRT, elektrisk strålare

Mätningar på den elektriska IR-strålaren visade att dess emissionsmaximum låg vid 1,2 μm och att följaktligen en stor del av den utsända energin låg i våg-

längdsområdet under 1 μm dvs utanför instrumentets mätområde. Av den anledningen redovisas här inte mätresultaten från IRT-strålaren då en jämförelse med de gaseldade IR-strålarna skulle bli missvisande.

Som vetenskaplig rådgivare vad gäller inköp av instrument och strålningsmätning samt utarbetande av mätprocedur har anlitats teknologie doktor Kaj Larsson, Q-lambda.

Projektledare har varit högskolelektor Sören Dahlin, Drifttekniska institutionen, LTH/Malmö.

Projektutförare har varit högskoleadjunkt Michael Johansson, Drifttekniska institutionen, LTH/Malmö.

Projektet har finansierats av Stiftelsen för värmeteknisk forskning, Styrelsen för teknisk utveckling, Swedegas AB, Sydkraft AB, Sydgas AB samt Statens Vattenfallsverk.

Ett stort tack till Jörgen Thunell, SGC, som tålmodigt korrekturläst.

Ett mycket stort tack till Per-Arne Persson, SGC, som korrekturläst och hjälpt till med skrivning av kapitel 1.

Malmö 19911024

Michael Johansson

1 Mätmetod, spektralfördelning

1.1 FTIR Infrarödspektrometer, grundprincip.

Den Fourierspektrometer av typ Perkin Elmer modell 1760, som införskaffats för mätningar i detta projekt, är i sitt grundutförande avsedd att användas för kemisk analysverksamhet. Genom att mäta absorptionsspektrat i det infraröda området för ett prov kan man bestämma förekomsten och koncentrationen av olika ämnen i provet.

Vid de mätningar som här genomförts på IR-strålare var målsättningen att mäta spektralfördelningen hos det emitterade ljuset från strålaren, vilket innebär att inget prov finns i strålgången men att man å andra sidan måste kunna föra ljuset från en yttre källa in i instrumentet. Detta har medfört en del ombyggnader, som närmare diskuteras nedan.

1.1.1 Michelson interferometer

Instrumentet är uppbyggt kring en Michelson interferometer, vars funktion kan förklaras med hjälp av fig 1.1.

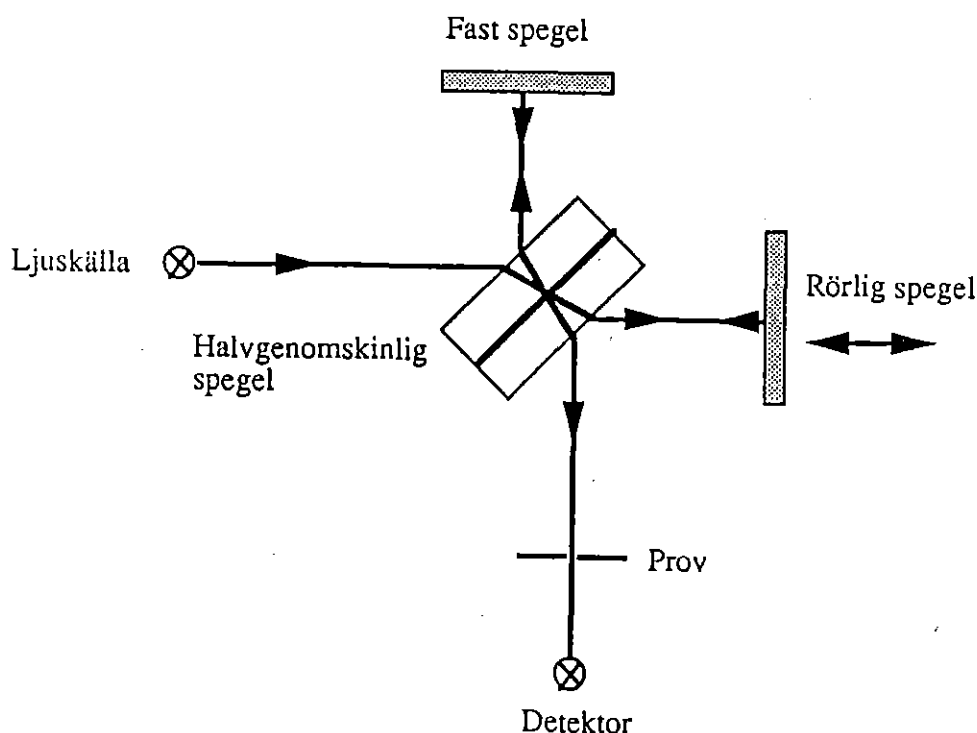


Fig 1.1 Michelson Interferometer

Interferometern består av ett optiskt system där en inkommande stråle träffar en halvgenomskinlig spegel, en sk beamsplitter. Denna spegel transmitterar ca 50 % och reflekterar ca 50 % av den inkommande

strålningen, som därmed delas upp i två delstrålar. Efter att de två delstrålarna reflekterats mot en fast respektive en rörlig spegel återförenas de till en gemensam stråle som träffar detektorn.

Genom att förflytta den rörliga spegeln en sträcka, $\Delta/2$, kommer det att uppstå en optisk vägskillnad, Δ , mellan de sträckor som de båda delstrålarna tillryggalägger fram till detektorn.

När de båda delstrålarna förenas uppstår ett interferensmönster som är beroende av hur stor vägskillnaden, Δ , är.

För ett monokromatiskt ljus, dvs den inkommande strålen innehåller en enda väldefinierad våglängd, kan man med en kortfattad, enkel matematisk beskrivning visa funktionen hos interferometern.

Om vi låter de två delstrålarna, efter reflektionen i speglarna, representeras av följande uttryck:

$$E_1(t) = A_1 \cos(2\pi t/T) \quad \text{respektive} \quad E_2(t) = A_2 \cos(2\pi(t/T - \Delta/\lambda))$$

innebär detta att färförskjutningen mellan strålarna representeras av termen Δ/λ , dvs är proportionell mot vägskillnaden.

Låt oss kalla den sammanlagrade strålen $E(t)$, dess amplitud A och strålningsintensitet I . Vi får då:

$$E(t) = A_1 \cos(2\pi t/T) + A_2 \cos(2\pi(t/T - \Delta/\lambda))$$

Man kan, t ex med hjälp av vektoranalys, visa att amplituden A ges av följande uttryck:

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(2\pi\Delta/\lambda)$$

Strålningsintensiteten I , dvs medelenergiflödet per tidsenhet och rymdvinkelenhet i en viss punkt, är proportionell mot amplituden i kvadrat:

$$I = kA^2$$

vilket innebär att:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2} \cos(2\pi\Delta/\lambda)$$

Om vi nu förutsätter att den ursprungliga strålens intensitet, I_0 , delades upp i beamsplittern så intensiteten hos delstrålarna blev lika och hälften av den ingående, dvs

$$I_1 = I_2 = 0,5 I_0$$

får vi att:

$$I = I_0(1 + \cos(2\pi\Delta/\lambda)) = 2 I_0 \cos^2(\pi\Delta/\lambda)$$

Intensiteten vid detektorn kommer således att variera mellan 0 och dubbla intensiteten hos den ursprungliga strålen. Detta kommer att ske som en funktion av den optiska vägskillnaden, Δ , på sådant sätt att då Δ utgör en hel multipel av våglängden blir intensiteten vid detektorn $2 I_0$, och då Δ utgör en udda multipel av halva våglängden ($\lambda/2$, $3\lambda/2$, $5\lambda/2$ osv) blir intensiteten 0. Termen $\cos(2\pi\Delta/\lambda)$ är den del i uttrycket för intensiteten som beskriver interferensen.

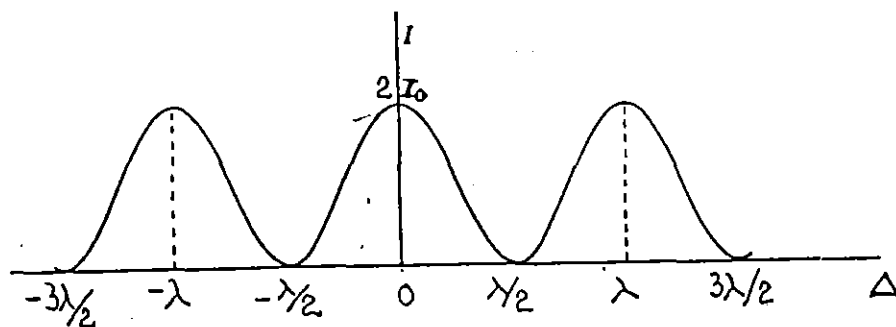


Fig 1.2 Interferogram för monokromatisk ljusstråle med våglängd λ och intensitet I_0 .

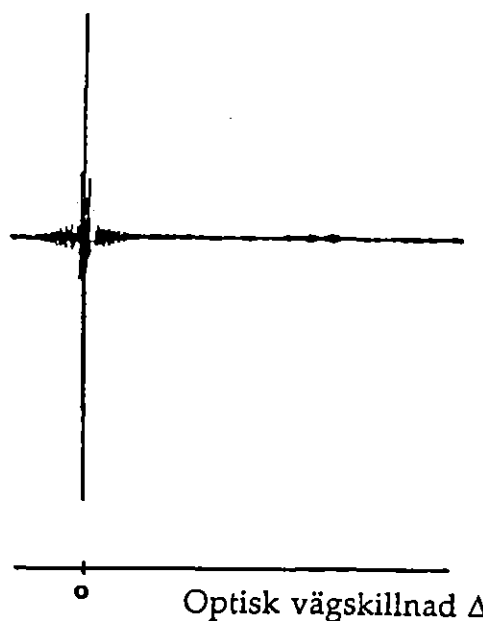


Fig 1.3 Interferogram för bredbandig ljuskälla.

Vid detektorn får vi då ett interferogram som mätes genom att signalen från detektorn registreras som funktion av vägskillnaden Δ . För en monokromatisk ljusstråle får interferogrammet i princip det utseende som visas i fig 1.2.

För en bredbandig ljuskälla, dvs en källa som innehåller ett stort antal frekvenser, kommer istället interferogrammet att utgöra summan av interferensmönstren för alla de ingående frekvenserna. Ett sådant interferogram kommer att ha en stark signal vid vägskillnaden $\Delta=0$, och därefter faller signalen på båda sidor om denna punkt, se fig 1.3.

1.1.2 Registrering av interferogrammet

Interferogrammet uppmätes, som redan nämnts tidigare, genom att signalen från detektorn registreras som funktion av den optiska vägskillnaden. Detta sker i diskreta punkter, samplingspunkterna, där avståndet mellan punkterna svarar mot lika stora steg i vägskillnad, dvs i förflyttning av den rörliga spegeln. För att öka noggrannheten och eliminera mindre störningar, scannar instrumentet 20 gånger på mätpunkten, och därefter beräknas ett medelvärde. Det är därför viktigt att successiva interferogram mätes i exakt samma punkter, dvs att spegelns lägen är reproducerbara, och detta uppnås genom att en He-Ne laser användes om referens.

Monokromatisk strålning från lasern, med våglängden 632,8 nm ($\sigma = 1/\lambda = 15803 \text{ cm}^{-1}$), följer samma strålgång som den infraröda strålningen och ger upphov till ett sinusformat interferogram där avståndet mellan två maxima är lika med laserns våglängd, se fig 1.2. Samplingspunkterna förlägges till maxima i laserinterferogrammet. Med hjälp av denna signal kan registreringen av det infraröda interferogrammet ske på ett mycket reproducerbart sätt.

1.1.3 Fouriertransform av interferogrammet

En Fouriertransform av en periodisk funktion innebär att funktionen kan approximeras mycket noggrant med en trigonometrisk serie av typen:

$$I(\Delta) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\pi\Delta/\Delta_{\max})$$

där koefficienterna a_0 respektive a_n bestäms ur integralerna:

$$a_0 = (1/\Delta_{\max}) \int_0^{\Delta_{\max}} I(\Delta) d\Delta \quad \text{och} \quad a_n = (2/\Delta_{\max}) \int_0^{\Delta_{\max}} I(\Delta) \cos(n\pi\Delta/\Delta_{\max}) d\Delta$$

Integralen utsträcker från nollpunkten i interferogrammet och ut till den maximala optiska våglängden som vi kan kalla $\Delta_{\max}$.

De frekvenser, som vi kommer att använda i Fourierserien, och som alltså blir de frekvenser som kommer att ingå i den spektrala uppdelningen av den infallande IR-strålningen, framgår av följande:

$$n\pi/\Delta_{\max} = 2\pi/\lambda_n \quad \text{eller} \quad n(\lambda_n/2) = \Delta_{\max}$$

varav framgår att våglängderna som användes i analysen är sådana att de alla ingår med jämna multiplar av halva våglängden i den maximala vägskillnaden, $\Delta_{\max}$, mellan strålarna.

Använder man nu uttrycken ovan för att beräkna koefficienterna a_n i Fourierserien av interferogrammet för en monokromatisk stråle (se avsnitt 1.1.1) där:

$$n_m = 2\Delta_{\max}/\lambda_m$$

,index m betecknar den monokromatiska strålen, får vi:

$$a_{n_m} = I_0$$

dvs a_{n_m} är lika med intensiteten för den infallande monokromatiska strålen med våglängden λ_m . Alla övriga a_n , för $n \neq n_m$, blir noll.

För en bredbandig ljuskälla, där det infallande ljuset är sammansatt av ett stort antal våglängder, kan man genom att bestämma koefficienten a_n i Fourierserien således bestämma intensiteten hos den ingående komponenten med våglängden $\lambda_n = 2\Delta_{\max}/n$.

Den kortaste våglängd λ , motsvarande högsta vågtal σ , som kommer att ingå i analysen bestäms av det sk Nyquist kriteriet. Detta säger att för att en viss frekvens skall bli korrekt återgiven måste det finnas minst två samplingspunkter per period. Eftersom avståndet mellan två samplingspunkter bestäms av den ingående laserns våglängd, 632,8 nm, betyder detta att den kortaste våglängd som korrekt återgives i Fourieranalysen är 1265,6 nm motsvarande ett vågtal $\sigma = 7902 \text{ cm}^{-1}$.

1.1.3 Upplösning i spektrat

Upplösningen i spektrat kommer att bestämmas av den maximala vägskillnaden, $\Delta_{\max}$. Eftersom, som tidigare nämnts, våglängderna i det beräknade spektrat ingår med jämna multiplar av halva våglängden i $\Delta_{\max}$, kommer avståndet mellan två närliggande vågtal i spektrat att vara:

$$\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1 = 1/(2\Delta_{\max})$$

dvs upplösningen i spektrat är omvänt proportionell mot den maximala vägskillnaden i interferogrammet.

För instrumentet gäller att $\Delta_{\max} = 0,125 \text{ cm}$, vilket betyder att $\Delta\sigma = 4 \text{ cm}^{-1}$.

1.2 Ombyggnad

Av skäl som nämnts tidigare har det varit nödvändigt att bygga om och komplettera instrumentet för den typ av mätningar som genomförts i detta projekt. För att kunna analysera en yttre strålkälla har ett hål tagits upp i höljet på spektrometern och ett kaliumbromidfönster satts in, se fig 1.4. Placeringen av hålet har gjorts så att instrumentets ljuskälla har ersatts av ljuset från den yttre IR-strålaren. Genom att sedan vid mätningarna låta instrumentets provutrymme vara tomt, kommer det infallande ljuset att analyseras spektralt.

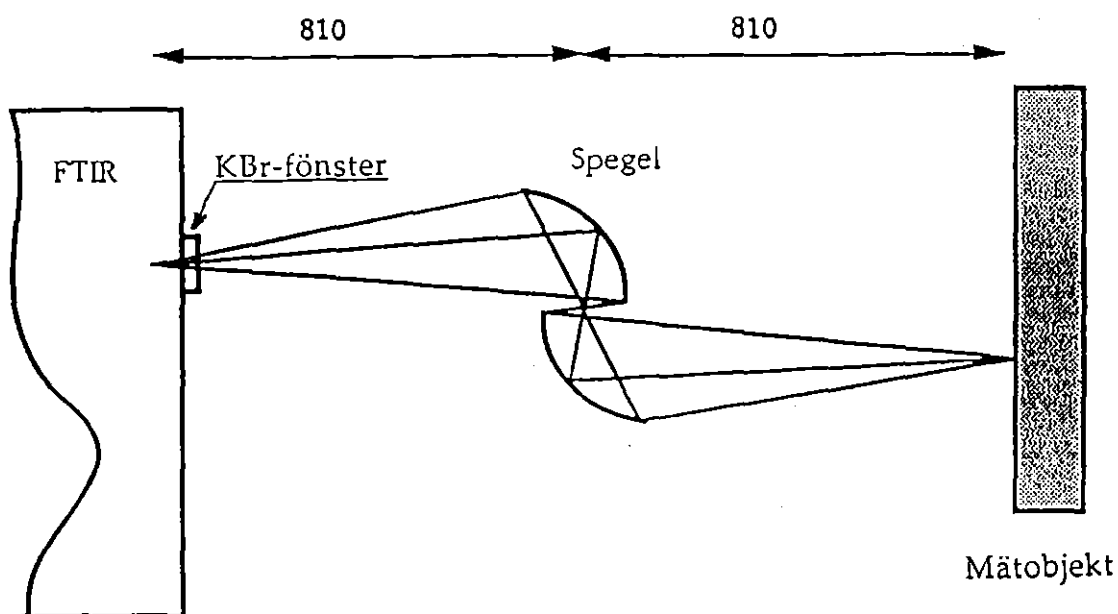


Fig 1.4 Uppställning av mätutrustning

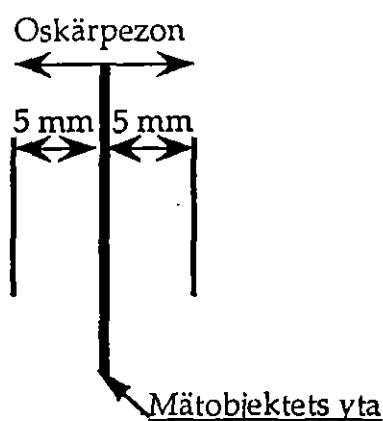


Fig 1.5 Oskärpezon. Föremål inom denna kommer att avbildas skarpt av optiken.

För att skapa en viss sträcka mellan instrument och strålare så att inte instrumentet utsättes för alltför höga temperaturer samt för att fokusera den infallande strålningen på instrumentets bländare, användes en spegeloptik uppbyggd av två segment av en ellipsoid reflektor, se fig 1.4. Spegeloptiken är fokuserad till att ge en avbildning av mätobjektets yta med en oskärpezon av ca 5 mm, se fig 1.5.

Optiken är placerad och fixerad på samma bord som Fourierspektrometern så att dess bländare hamnar i spegeloptikens fokus, se fig 1.6. Avståndet mellan instrument och speglar är valt till 810 mm, dvs avståndet mellan instrumentfokus och mätobjekt blir 1620 mm. Detta avstånd är en kompromiss mellan kravet på acceptabel temperatur och ekonomiska och utrymmesmässiga krav, ju större avstånd desto större och dyrare speglar.

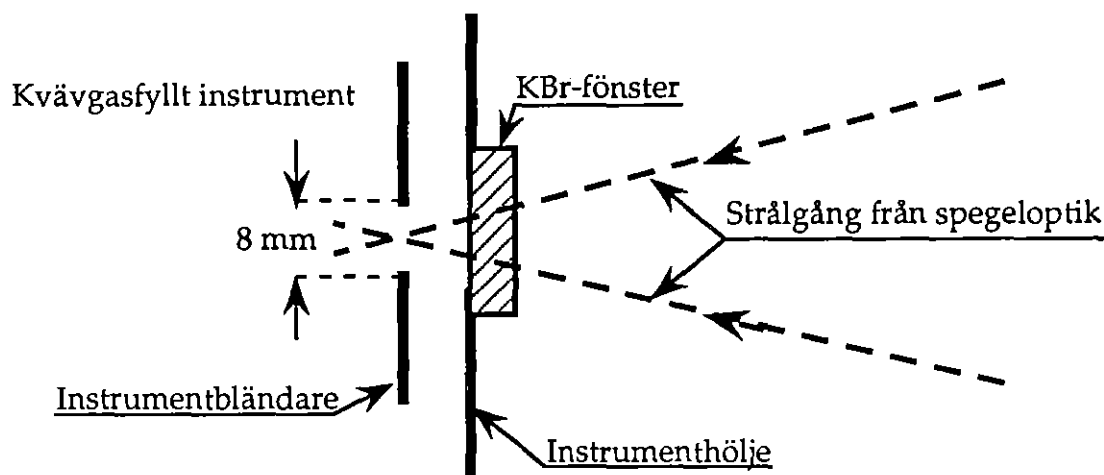


Fig 1.6 Fokusering av spegeloptik i Fourierspektrometerns bländare

1.3 Mätobjekt

Vid mätning av strålningsintensiteten från en strålande yta med hjälp av Fourierspektrometern sker detta i princip på så sätt att instrumentet fokuseras på den strålande ytan. När mätningen sker i normalens riktning mot ytan kommer optiken att skära ut ett ytelement som svarar mot instrumentbländarens storlek. Detta blir ett cirkulärt element med diametern $2r$.

För att mätningen i normalens riktning skall vara tillräcklig för att vi skall kunna uttala oss om det totala strålningsflödet ut från ytelementet i en halvsfär, måste vi göra vissa antaganden om strålarens egenskaper. Det antagande vi måste göra är att ytans emissionsförhållande är riktningsoberoende. Detta innebär att energiutstrålningen per rymdvinkelenhet kommer att minska med utgångsvinkeln β , eftersom ytelementets projektion i strålningsriktningen avtar med faktorn $\cos \beta$, se

fig 1.7. En strålare som uppfyller detta villkor kallas en Lambertstrålare. Ett exempel på en sådan är t ex en svartkroppsstrålare.

För en Lambertstrålare gäller således att :

$$I(\lambda)_\beta = I(\lambda)_n \cos \beta$$

där $I(\lambda)$ avser intensiteten per våglängdsenhet.

Integrerar man uttrycket över en halvsfär får man för det totala energiflödet per våglängdsenhet ut från ytelementet att:

$$W(\lambda) = \pi I(\lambda)_n$$

Alltså är det tillräckligt att mäta i normalens riktning för att beräkna det totala energiflödet från en strålare, som uppfyller villkoret för en Lambertstrålare.

För att verifiera detta kan man t ex mäta strålningen i såväl normalens riktning som i vinkeln 45° mot ytan. Om man då mätte på samma ytelement skulle de uppmätta spektra förhålla sig som $1: \cos 45^\circ$. Det som händer när instrumentet rikts i 45° mot ytan är dock att ett större ytelement, en ellips med axlarna r och $\sqrt{2} r$, kommer att betraktas av spegeloptiken, se fig 1.8. Ellipsens yta kommer att vara cirkelns yta gånger $\sqrt{2}$ ($= 1/\cos 45^\circ$). Därför blir ellipsens projicerade yta i riktningen 45° samma som cirkelytan och de uppmätta spektra skall vara lika om strålaren är en Lambertstrålare.

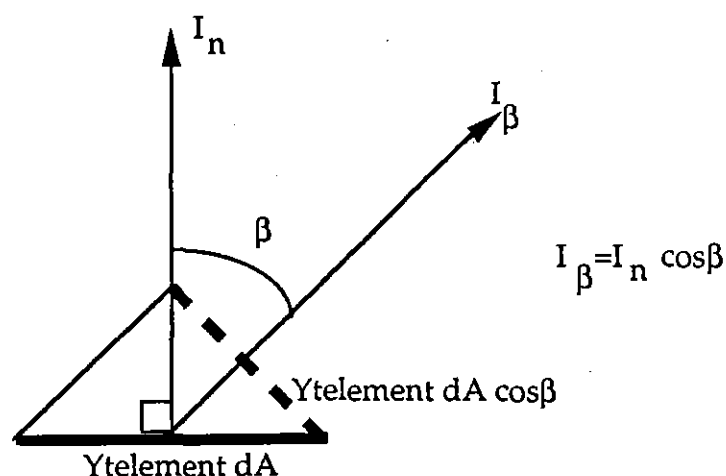


Fig 1.7 Ett strålande ytelements projektion i normalens resp vinkeln β :s riktning

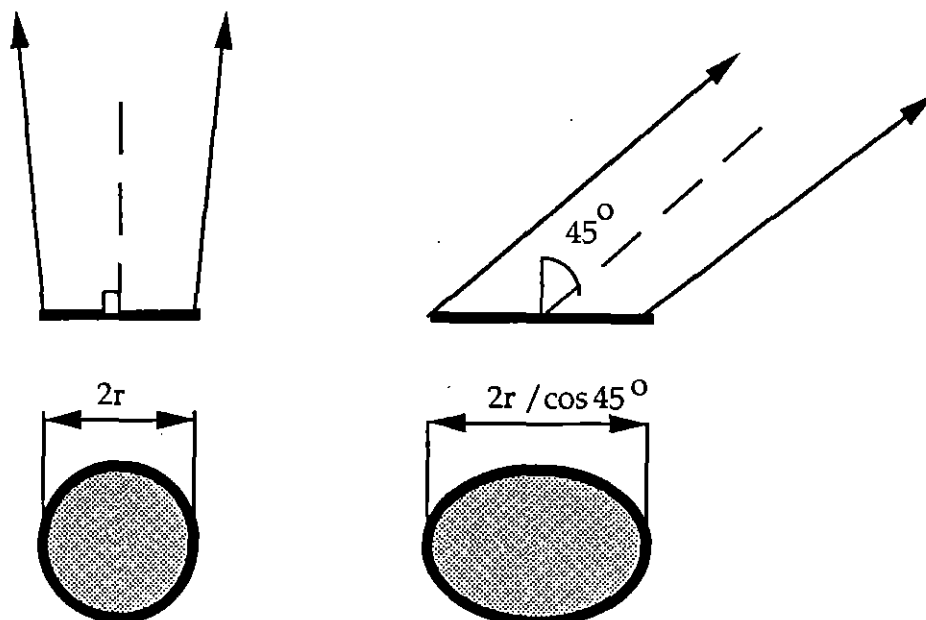


Fig 1.8 Ytelement på vilka mätning sker med Fourierspektrometer vid normalfall och vid mätning i 45° vinkel

1.4 Kalibrering

För att få en kalibrering av instrumentets känslighetskurva inklusive spegeloptik och luftens inverkan placerades en temperaturstabiliserad ($\pm 1^\circ\text{C}$) svartkroppsstrålare i spegelsystemets främre fokus. Den strålände ytan, öppningen, hos svartkroppsstrålaren hade diametern 25 mm. Att strålaren befann sig i spegeloptikens fokus bestämdes genom att flytta strålaren tills maximal utsignal erhöles från instrumentet.

Det erhållna spektrat, dv utsignalen från instrumentet som funktion av våglängden λ , $S_s(\lambda)$, tillsammans med den kända strålningsfördelningen för svartkroppsstrålaren, $P_s(\lambda, T)$, ger känslighetskurvan:

$$K(\lambda) = S_s(\lambda) / P_s(\lambda, T)$$

där:

$$P_s(\lambda, T) = 2\pi hc^2 \lambda^{-5} / (\exp(hc/\lambda kT) - 1)$$

$P_s(\lambda, T)$ anger den spektrala fördelningen av det halvsfäriska strålningsflödet per våglängdsenhet från svartkroppsstrålaren vid temperaturen T .

Känslighetskurvan användes därefter för att beräkna totala strålningsflödet per våglängdsenhet, $W_x(\lambda)$, från en okänd källa, som antages uppfylla villkoren för en Lambertstrålare, och vars uppmätta spektra är $S_x(\lambda)$.

$$W_X(\lambda) = S_X(\lambda) / K(\lambda)$$

Det totala strålningsflödet, W_X , från källan får vi då genom att integrera direkt på det erhållna spektrat:

$$W_X = \int W_X(\lambda) d\lambda$$

1.5 Mätnoggrannhet

Eventuella mätfel, som kan påverka resultatet, kan vara orsakade av:

- 1) Temperaturfel i svartkroppsstrålaren
- 2) Oskärpa vid kalibreringen

Svartkroppsstrålaren är temperaturkontrollerad. Ett fel på $\pm 1^\circ$ i temperaturstyrningen ger upphov till följande fel i strålningsflödet $P_s(\lambda, T)$ vid $T = 900^\circ\text{C}$:

2,0 % vid $1\ \mu\text{m}$
 0,7 % vid $3\ \mu\text{m}$
 0,5 % vid $10\ \mu\text{m}$

1.6 Beteckningar använda i kapitel 1

A	Amplitud för en monokromatisk ljusstråle	(V/m)
E(t)	Elektrisk fältstyrka för en monokromatisk ljusstråle som funktion av tiden	(V/m)
I	Strålningsintensitet	(W/(m ² sr))
I(λ)	Spektraluppdelad strålningsintensitet	(W/(m ² sr m))
K(λ)	Spektral känslighetskurva för instrumentet	(mV m ² /W)
P _s (λ,T)	Totalt spektralt strålningsflöde från svartkroppsstrålare med temperaturen T	(W/(m ² m))
S(λ)	Spektraluppdelad signal från instrumentet	(mV/m)
T	Period för monokromatisk stråle	(s)
	Temperatur	(K)
W	Totalt strålningsflöde från ljuskälla	(W/m ²)
W(λ)	Totalt spektraluppdelat strålningsflöde från ljuskälla	(W/(m ² m))
a _n	Koefficienter i Fouriertransform av intensitet	(W/(m ² sr))
n	Heltal som bestämmer ingående våglängder i Fourierserien	
t	Tid	(s)
β	Projektionsvinkel	(°)
Δ	Optisk vägskillnad	(m)
Δ _{max}	Maximal optisk vägskillnad i interferogram	(m)
λ	Våglängd	(m)
σ	Vågtalet (=1/λ)	(cm ⁻¹)
Index:		
m	Betecknar monokromatisk ljusstråle	
s	Betecknar svartkroppsstrålare	
x	Betecknar ljuskälla som skall analyseras	

Strålningsverkningsgraden kan ej mätas direkt utan beräknas definitions-
mässigt som (emitterad strålningseffekt per ytenhet) / (tillförd effekt per yten-
het).

I tillförd effekt inräknas tillförd gaseffekt samt tillförd eleffekt till luftfläktar
om sådana finns. För Marsdenstrålaren är alltid spilluftfläktens effekt med i be-
räkningarna.

Den tillförda gaseffekten mättes med en precisionsgasmätare och gasmäng-
den kompenserades för tryck och temperatur. Som värmevärde användes det
effektiva värmevärdet H_1 (för naturgas 10,83 kWh/nm³).

När tillförd effekt per ytenhet beräknas användes som yta den strålande
ytan hos IR-strålaren.

Den emitterade effekten beräknades genom att integrera ytan under det
uppmätta emissionsspektrat över hela våglängdsområdet.

För Marsden-strålaren gjordes mätningar i sex punkter, A1 - C2, enligt fig
2.1 nedan.

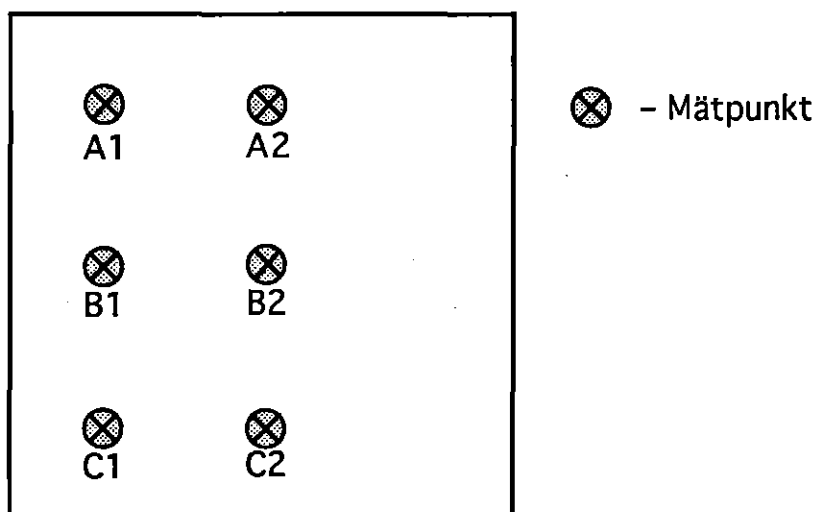


Fig 2.1. Mätpunkter för Marsden-strålaren.

3 Mätmetod, emissions- och temperaturmätningar

CO och NO_x mättes med ett Krom-Schröder instrument, på 10 mm avstånd från strålaren i punkterna A, B och C. O₂-halten mättes med en Servomex. Alla mätningar gjordes på torra rökgaser (index t).

På Marsden-strålaren gjordes mer omfattande mätningar av O₂-halten för att utröna gasskiktets utseende. Mätningarna gjordes i 18 punkter på 6 olika avstånd från fiberplattan, se fig 3.1.

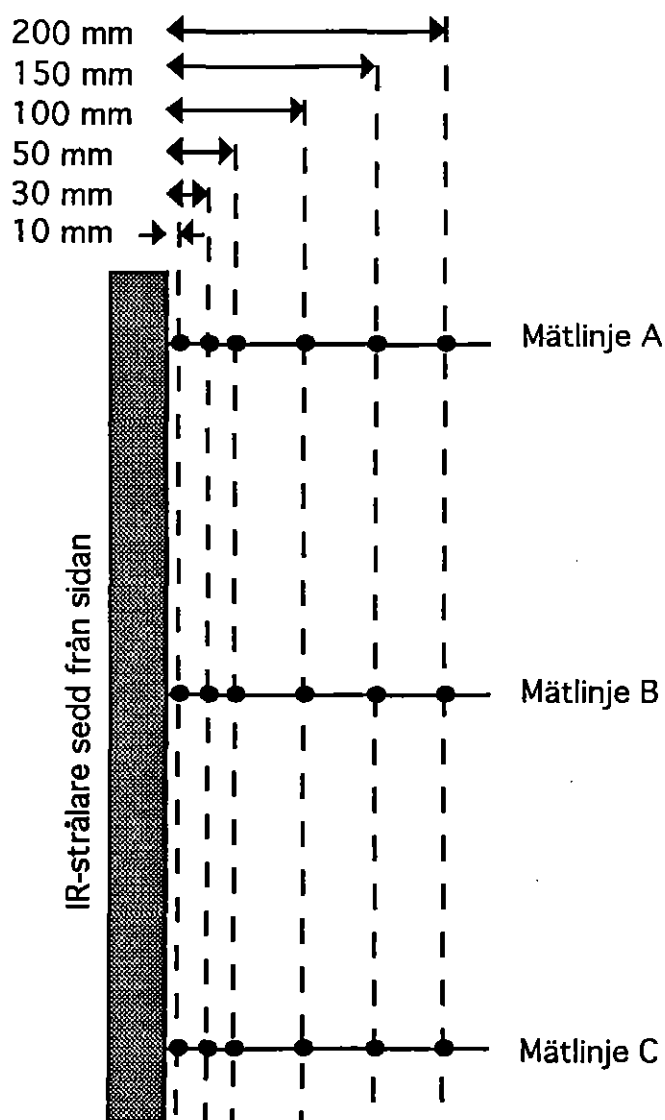


Fig 3.1. Mätpunkter för O₂-mätningar, Marsden-strålaren.

Temperaturätningarna gjordes med okapslade termoelement vilka hade kalibrerats i svartkroppsstrålaren.

På Marsden-strålaren gjordes temperaturmätningarna i samma mätpunkter som syrehalten (se fig 3.1). En direkt mätning av ytemperaturen genom att placera ett termoelement på fiberplattans yta visade sig inte vara tillfredsställande då termoelementet störde förbränningen. Då plattans termiska massa är liten påverkas denna i betydande grad även av ett termoelement så att en mörk fläck kunde ses eftersom strömningen av gas/luft hindrades i denna punkt.

För Gogasstrålaren kunde en direkt mätning av temperaturen göras med ett termoelement placeras mot strålarens yta. Plattans termiska massa är så stor att termoelementet ej påverkar plattans temperatur eller strömningen av gas/luft. Mätningar gjordes i tre olika punkter på den strålande ytan.

4.1 Beskrivning av Marsden-strålaren

Marsdenstrålaren är en gaseldad infrastrålare, med typbeteckning Marsden Infrared Generator 24"x24" Serial #83077, avsedd för i första hand torkning av banbundet material. Den strålande ytan består av en keramisk fiberplatta där gas/luftblandningen förbränns i plattans ytskikt, se fig 4.1.

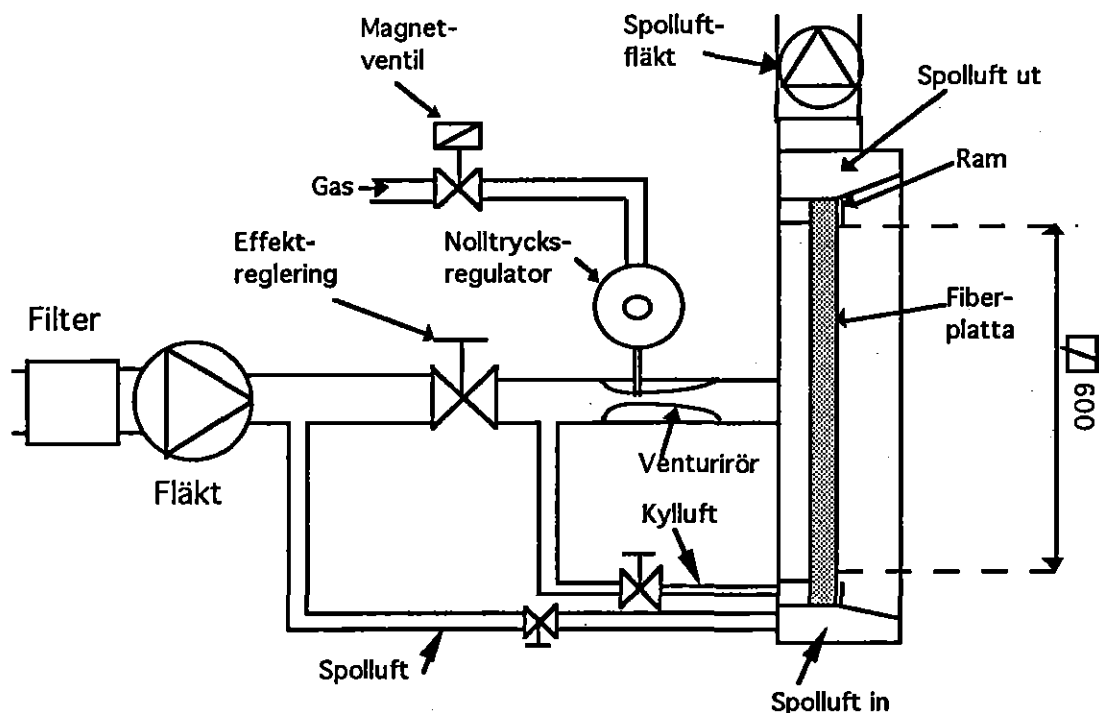


Fig 4.1. Marsdenstrålare, principskiss.

Luften filtreras och trycksätts därefter med hjälp av en fläkt till 80mbar. Fläkten förser strålaren med förbränningsluft, kyluft för ramen samt spolluft. Spolluften tillförs i strålarens ena sida och sugas med hjälp av en fläkt ut på mot-

stående sida för borttransport av den vattenånga som bildas vid torkningen. Fördelningen av de olika luftmängderna sker med strypventiler. Gasen blandas med luften via en nolltrycksregulator och ett venturirör. Effektstyrningen sker genom handreglering av luftmängden. I en kommersiell anläggning sker denna reglering med en motorventil.

Data för Marsden strålaren:

Strålarens mått (utan armatur och fläktar) bxhxd	700x800x300mm
Fiberplattans mått	616x616 mm
Strålande yta	575x575 mm
Max tillförd gaseffekt	75kW
Ytemperatur vid max effekt	ca 1030°C

Strålaren är uppbyggd av specialkomponenter medan kringutrustningen utgöres av standardkomponenter. Av specialkomponenterna är det fiberplattan som utsättes för förslitningar. Det är främst mekaniska förslitningar, stötar och slag som skadar fiberplattan. Problem kan uppstå med igensättningar av fiberplattan om filtreringen av förbränningsluften ej fungerar. Igensättningar åtgärdas genom att fiberplattan vändes, vilket är möjligt då plattan är helt homogen och lika på båda sidor, varefter damm och stoft bränns bort från fiberplattan.

Uppvärmningstiden, från avstängt kallt tillstånd till stationärt fortvarighetstillstånd, är ca 4 sekunder. Avsvalningstiden, från fortvarighetstillstånd med ytemperatur ca 1000°C tills fiberplattans ytemperatur understiger 250°C, är också ca 4 sekunder. Effektregeringen sker även den med mycket korta inställningstider. Kylluften i fiberplattans infästningsram gör att ramens temperatur ej överstiger 100°C, utom på den sida där spilluften sugs ut.

4.2 Mätresultat, spektralfördelning

För Marsden-strålaren togs spektralfördelningen fram i 6 mätpunkter A1-C2, enligt fig 2.1. Mätningarna gjordes för 2 olika effekter, 74 och 62 kW gaseffekt. Spektralfördelningen redovisas i figurerna 4.2 – 4.5 tillsammans med emissionsspektra för svartkroppsstrålaren vid 2 temperaturer, 700 resp. 900°C.

I diagrammen finns 2 stora toppar, en vid 2,5–3 μm och en vid 4,2–4,8 μm . Båda härrör från förbränningsgaserna. Den vänstra toppen härrör från vattenånga och den högra från koldioxid. Båda topparna bidrar till den totalt emitterade effekten, vilket kan medföra att strålaren vid dessa våglängdsintervall emitterar betydligt mera energi än vad en ideell svartkroppsstrålare med samma temperatur skulle göra.

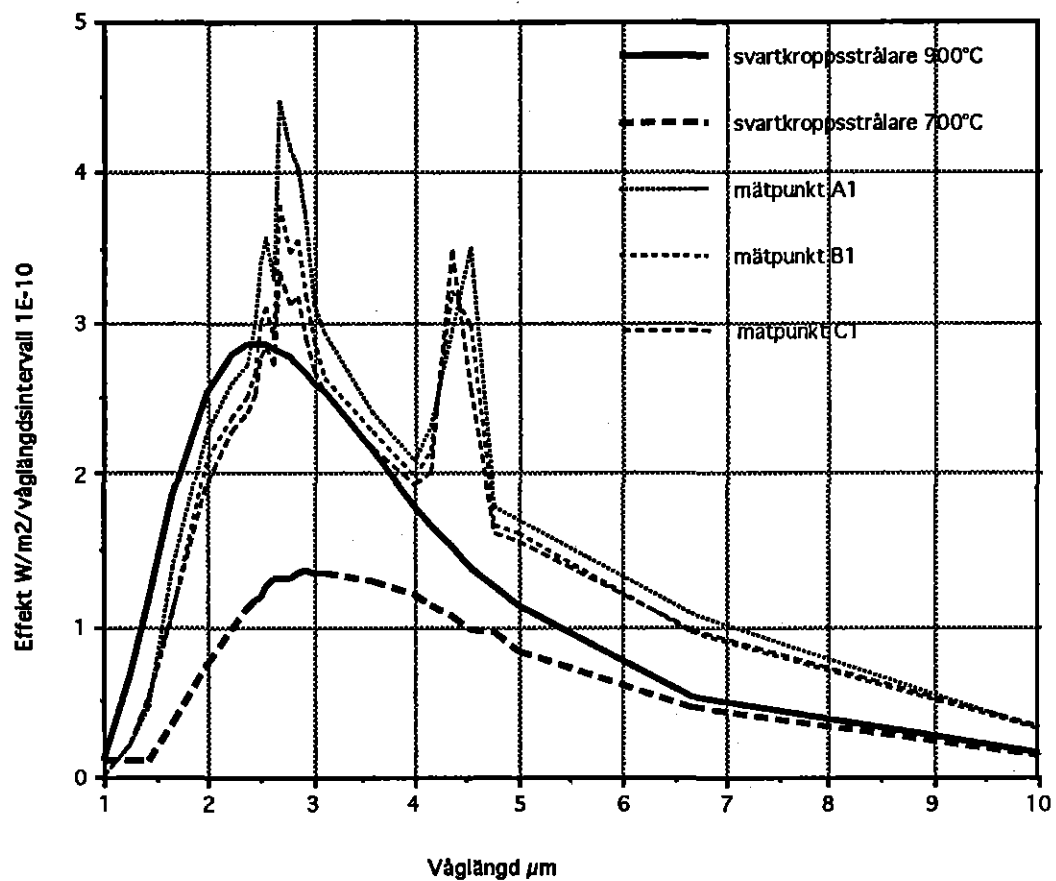


Fig 4.2. Emissionsspektra från Marsden-strålaren och svartkroppsstrålare.
Tillförd gaseffekt 74 kW.

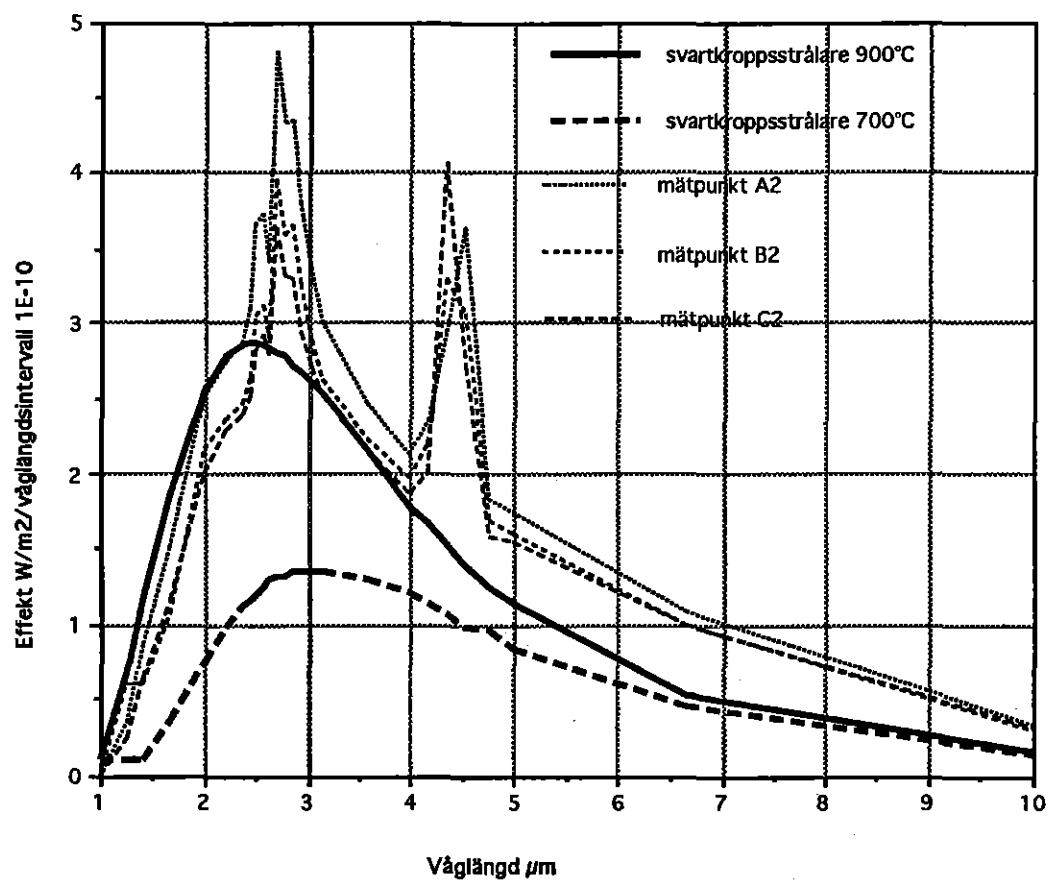


Fig. 4.3. Emissionsspektra från Marsden-strålaren och svartkroppsstrålare.
Tillförd gaseffekt 74 kW.

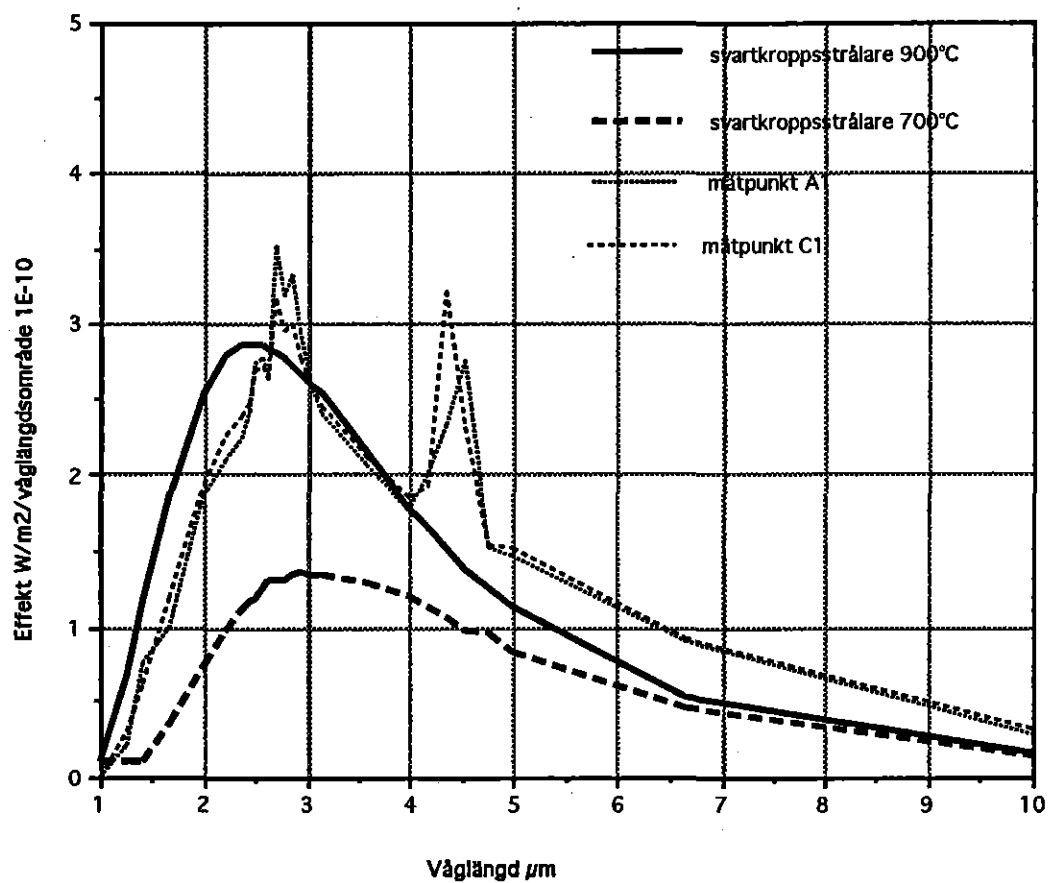


Fig. 4.4. Emissionsspektra från Marsden-strålaren och svartkroppsstrålare.
Tillförd gaseffekt 62 kW.

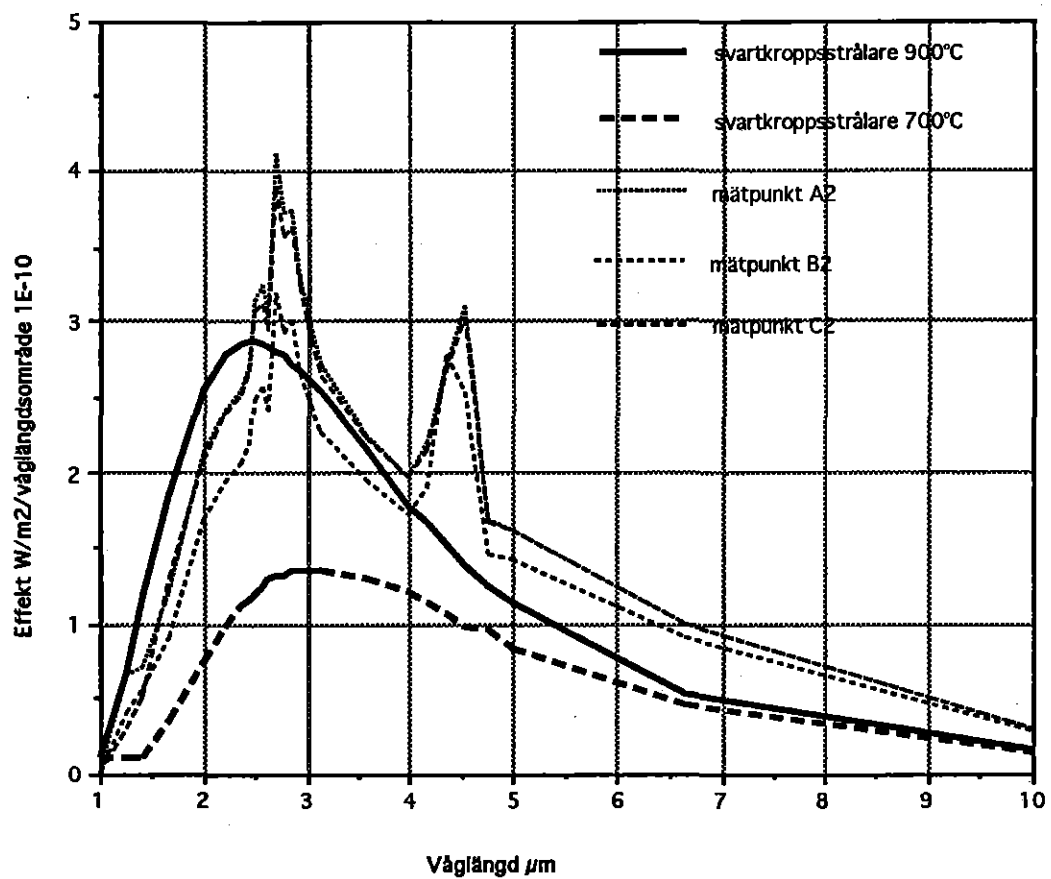


Fig. 4.5. Emissionsspektra från Marsden-strålaren och svartkroppsstrålare.
Tillförd gaseffekt 62 kW.

För att verifiera att Marsden-strålaren kan betraktas som en Lambert-strålare (jfr. kapitel 1) gjordes en mätning i punkten A2 med FTIR-instrumentet placerat i 45° vinkel mot fiberplattan. Resultatet redovisas i fig 4.6 nedan tillsammans med resultatet från 90°-mätningen.

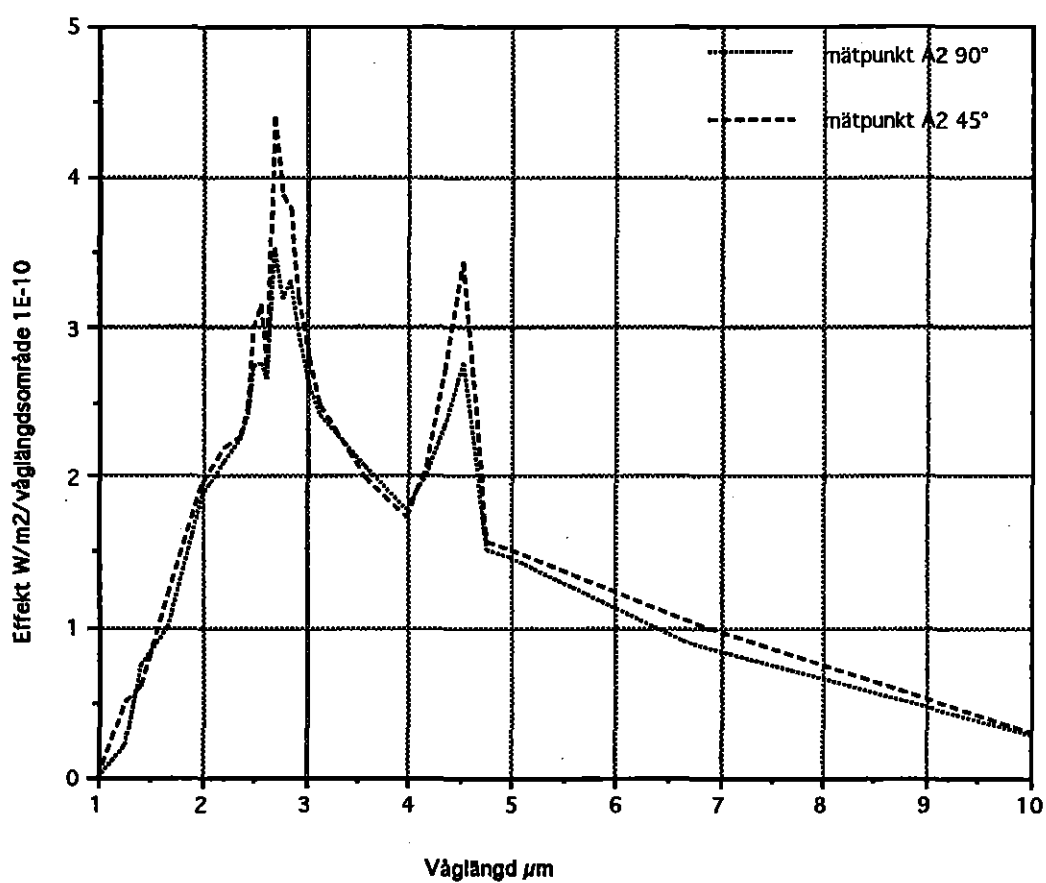


Fig. 4.6. Emissionsspektra från Marsden-strålaren. Mät punkt A2, tillförd gas effekt 62 kW.

Diagrammet visar att de båda emissionsspektran i stort sett är lika. Detta visar att Marsden-strålaren kan betraktas som en Lambert-strålare. Den största differensen mellan spektran uppträder i vattenångans och i koldioxidens våglängdsområden. Emissionen är i dessa områden högre för mätningen i 45° vinkel än för mätning i 90° vinkel. Detta beror på att vid mätning i 45° vinkel är gasskiktet mellan strålaren och mätinstrumentet tjockare, vilket gör vattenångans och koldioxidens inverkan större.

För att visa gasskiktets (förbränningsgaserna, främst vattenånga och koldioxid) inverkan på den spektrala fördelningen gjordes en mätning med en bit av en fiberplatta placerad i en elektriskt uppvärmd ugn. Ugnens temperatur inställdes så att fiberplattan i ugnen fick samma ytemperatur som den gaseldade fiberplattan. Med FTIR-instrumentet mättes den spektrala fördelningen, se fig 4.7. Differensen mellan spektran härrör från gasskiktets energiemiission. En beräkning visar att gasskiktets bidrag är ca 20% av det totalt utsända strålningsflödet, motsvarande 14% av den till strålaren tillförda effekten.

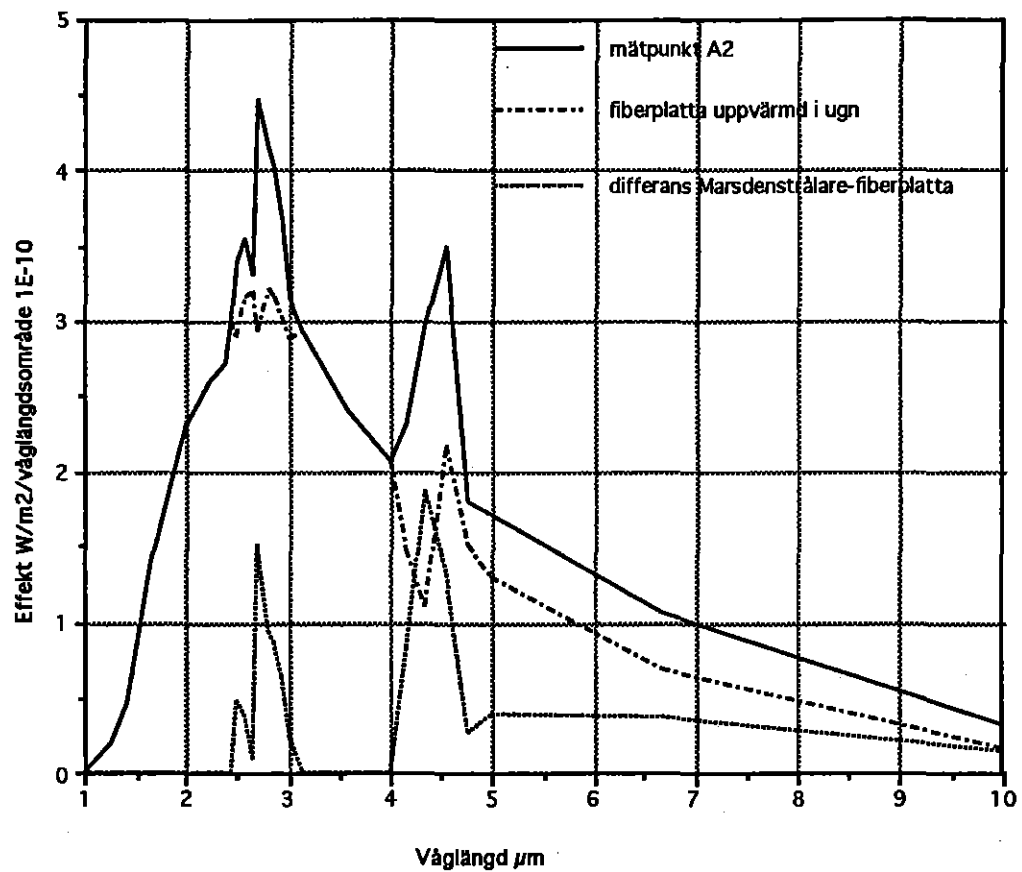


Fig. 4.7. Emissionsspektrum från Marsden-strålaren och emissionsspektrum från en fiberplatta uppvärmd i ugn till samma temperatur som Marsden-strålaren. Mät punkt A2, tillförd gaseffekt 74 kW, utan spolluftfläkt.

4.3 Mätresultat, strålningsverkningsgrad

Strålningsverkningsgraden har beräknats enligt metod redovisad i kapitel 2.

Resultatet redovisas i tabell 4.1 nedan. Resultatet visar att verkningsgraden sänks något (1,5 – 3% av medelverkningsgraden) när spolluftfläkten är i drift pga att den emitterade effekten minskar något. Anledningen till detta är att gasskiktets tjocklek minskar när spolluftfläkten är i drift, vilket gör gasstrålningen mindre.

	Stråln.verkn.grad, 74 kW gaseffekt	Stråln.verkn.grad, 62 kW gaseffekt
Utan spolluft		
Mätpunkt A1	63	60
B1	57	
C1	56	62
A2	65	67
B2	60	58
C2	57	66
Medelvärde	60	63
Med spolluft		
Mätpunkt A1	59	63
B1	57	60
C1	55	62
A2	63	65
B2	58	57
C2	56	66
Medelvärde	58	62

Tabell 4.1. Strålningsverkningsgrad för Marsdenstrålaren vid 2 olika effekter.

4.4 Mätresultat, syrehalt, temperaturer och emissioner.

För att få en bild av gasskiktets utseende gjordes mätningar av syrehalten enligt metod redovisad i kapitel 3. Resultatet redovisas i tabell 4.2 samt fig 4.8-4.9 nedan.

Mätningarna visar att O_2 -halten varierar över ytan, halten är lägst i punkterna längs linje A som ligger närmast spilluftutsuget. Halten stiger sedan ju närmare linje C man kommer, i nederkant vid C tillförs alltid spilluft via förbränningsluftfläkten. Denna spilluft späder ut rökgaserna så att syrehalten längs linje C redan 100mm från fiberplattans yta är den samma som i den fria atmosfären.

I fig 4.8 visas iso- O_2 -linjer för Marsdenstrålaren. Diagrammet ger en god bild av gasskiktets utseende. I fig. 4.9 visas O_2 -halten som funktion av avståndet till fiberplattans yta längs de 3 mätlinjerna A, B och C.

Avstånd från fiberplatta						
Mätlinje	10 mm	30 mm	50 mm	100 mm	150 mm	200 mm
Utan spilluft						
A	1,2	3,5	7,52	17,5	20	20,8
B	1,8	5,5	14	20,3	20,9	20,9
C	2,7	14,5	19,8	20,8	20,9	20,9
Med spilluft						
A	1,3	4,5	10	18,5	20,3	20,9
B	2,2	7	15	20,3	20,9	20,9
C	3	15	20	20,8	20,9	20,9

Tabell 4.2. $(O_2)_t$ i volym-% i mätpunkter enligt figur 3.1, Marsden-strålaren.

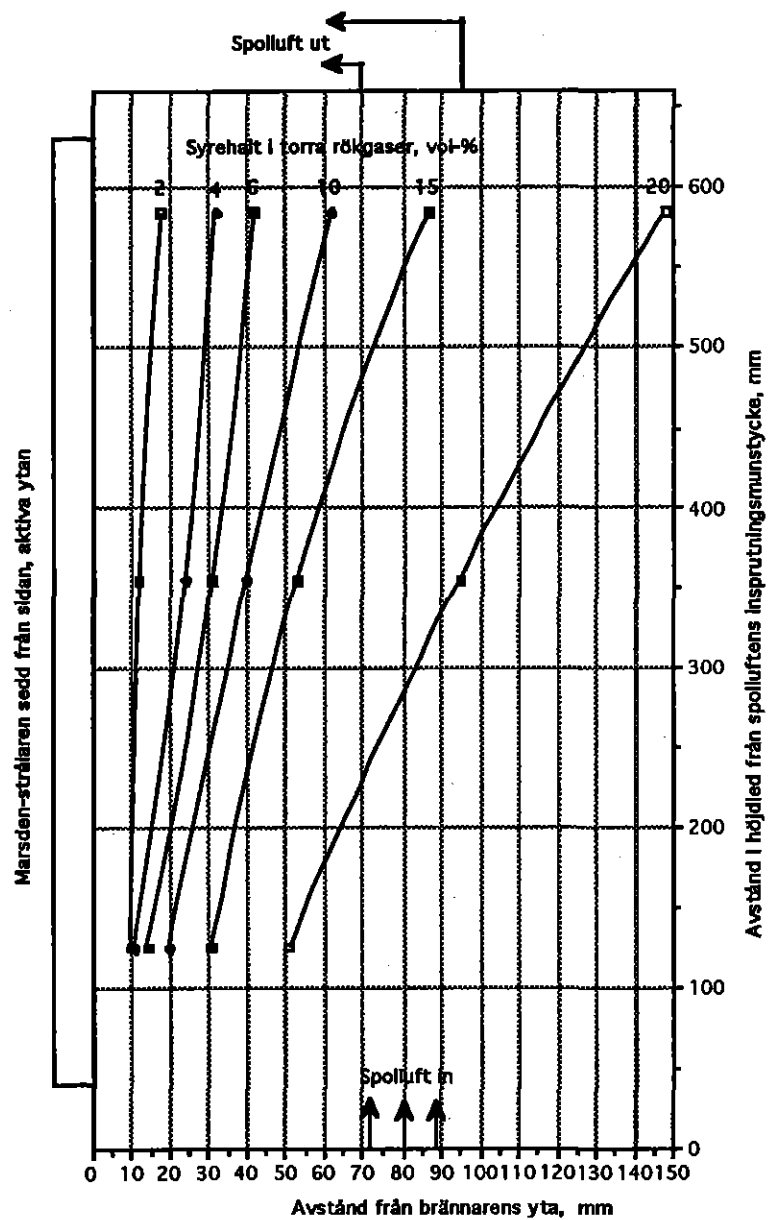
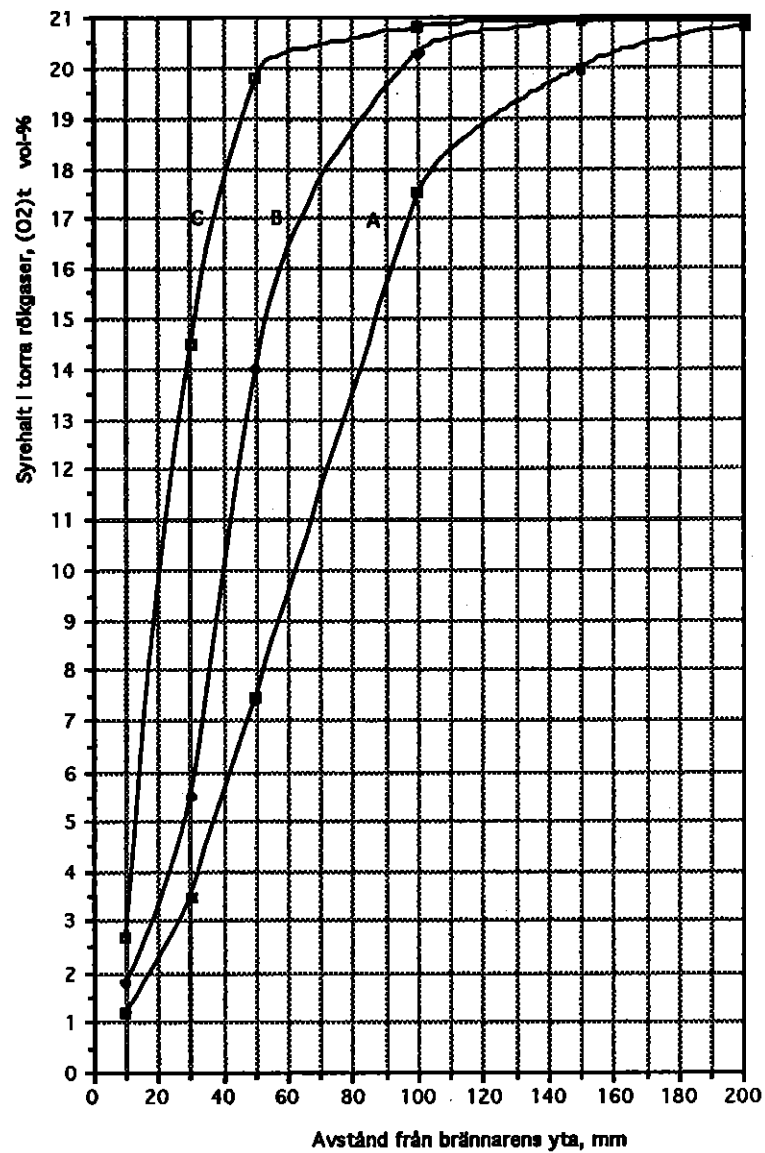


Fig 4.8 Iso-O₂ linjer för Marsden-strålaren, med spilluft.



- 4.9. Syrehalten som funktion av avståndet från fiberplattan för Marsdenstrålaren, med spolluft.

Mätningarna av CO₂-, CO- och NO_x-halterna gav resultatet enligt tabell 4.3.

(CO ₂)t %	11,1
(CO)t ppm	55
(NO _x)t ppm	<5

Tabell 4.3. Rökgasemissioner för Marsden-strålaren. (Mätgränsen för NO_x låg vid 5 ppm)

Resultatet från rök Gastemperaturmätningarna visas i tabell 4.4 och i fig. 4.10. Med extrapolation till avståndet noll från fiberplattan får man att yttemperaturen är ca 1030°C vid gaseffekten 74 kW.

Temperaturen på rök gaserna sjunker snabbt med avståndet till fiberplattan. Detta är mest markant för strålarens nedre del (mätpunkterna längs linje C) där gasskiktet är som tunnast.

Mätlinje	Avstånd från fiberplattan					
	10 mm	30 mm	50 mm	100 mm	150 mm	200 mm
A	1027	944	836	455	223	99
B	990	850	590	240	170	110
C	1000	750	300	220	140	100

Tabell. 4.4. Rök Gastemperaturen i °C i olika mätpunkter, Marsden-strålaren.
Gaseffekt 74 kW.

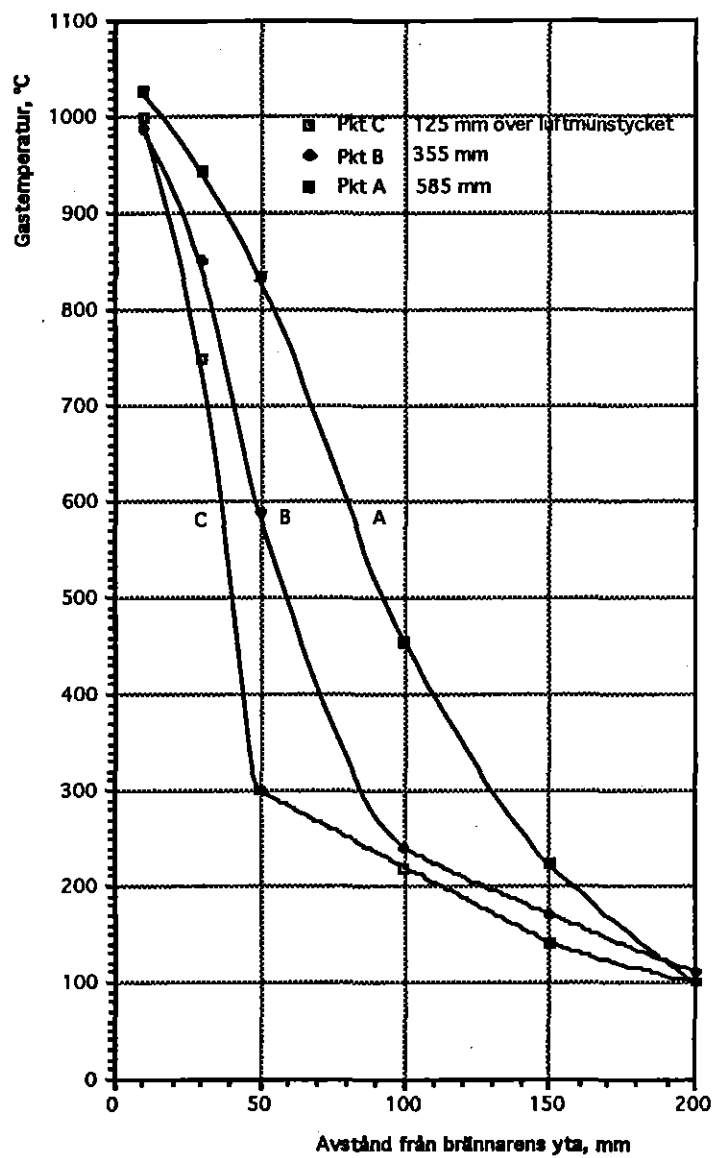


Fig 4.10 Rökgastemperaturen som funktion av avståndet till fiberplattans yta längs 3 mätlinjer, Marsden-strålaren. Gaseffekt 74 kW.

5 Mätresultat, Gogas-strålaren

5.1 Beskrivning av Gogas-strålaren

Gogas-strålaren är en gaseldad IR-strålare som används till industriell värmebehandling och till lokaluppvärmning. När den används för processvärme är det oftast till enklare torkningsprocesser typ torkning av byggplattor, förvärmning av stålgöt mm. Normalt används den inte till processer som ställer höga krav på temperaturnoggrannhet.

Den Gogas-strålare som användes under proven är uppbyggd av 16 stycken perforerade keramiska plattor med måtten 130 x 100 mm, var och en med en tillförd gaseffekt på 1,5 kW, totaleffekt 24 kW. Gasen tillförs genom ett ejektor-munstycke där förbränningsluften sugas med och blandas med gasen i ett blandningsrör innan gas/luftblandningen strömmar genom hålen i de keramiska plattorna och förbränns på plattornas utsida, se fig 5.1.

Den strålare mätningarna utfördes på var av typen On/Off, den hade alltså ingen effektregering. Det finns emellertid Gogas-strålare med modulerande magnetventiler som gör att effekten steglöst kan regleras ned till 50% av maxeffekten.

Gogas-strålaren var inte försedd med någon fläkt och hade ej något spilluftarrangemang.

Uppvärmnings- och avsvlningstiderna (ned till 200°C) uppmättes till 90 resp. 75 sekunder.

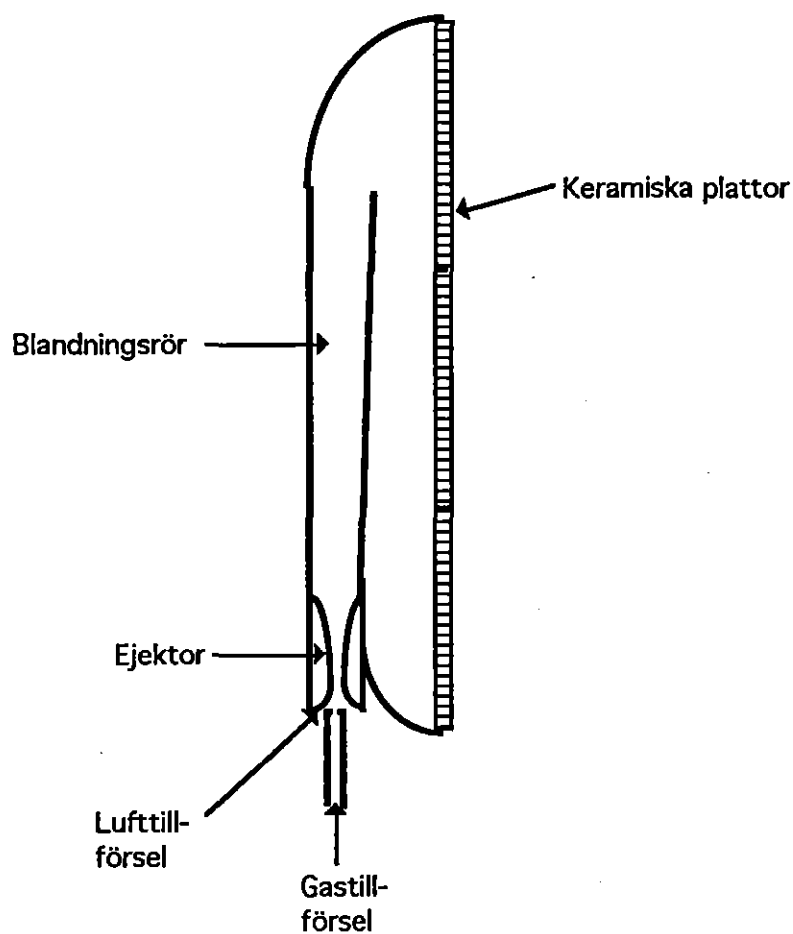


Fig 5.1. Gogas-strålaren, principskiss.

5.2 Mätresultat, strålningsverkningsgrad och emissioner

Uppmätta värden på emissioner (CO , CO_2 , NO_x), syrehalt och ytemperatur samt beräknad strålningsverkningsgrad framgår av tabell. 5.1.

Tillförd effekt kW	24
(O ₂)t %	3,7
(CO ₂)t %	11,2
(CO)t ppm	45
(NO _x) ppm	35
Yttemperatur °C	800
Strålningsverkningsgrad %	55

Tabell 5.1. Mätdata för Gogas-strålaren.

Strålningsspektrat visas i fig 5.2. Även här kan man se toppar vid 2,5-3 μm samt vid 4-4,5 μm som härrör från vattenånga resp. koldioxid som bildats vid förbränningen.

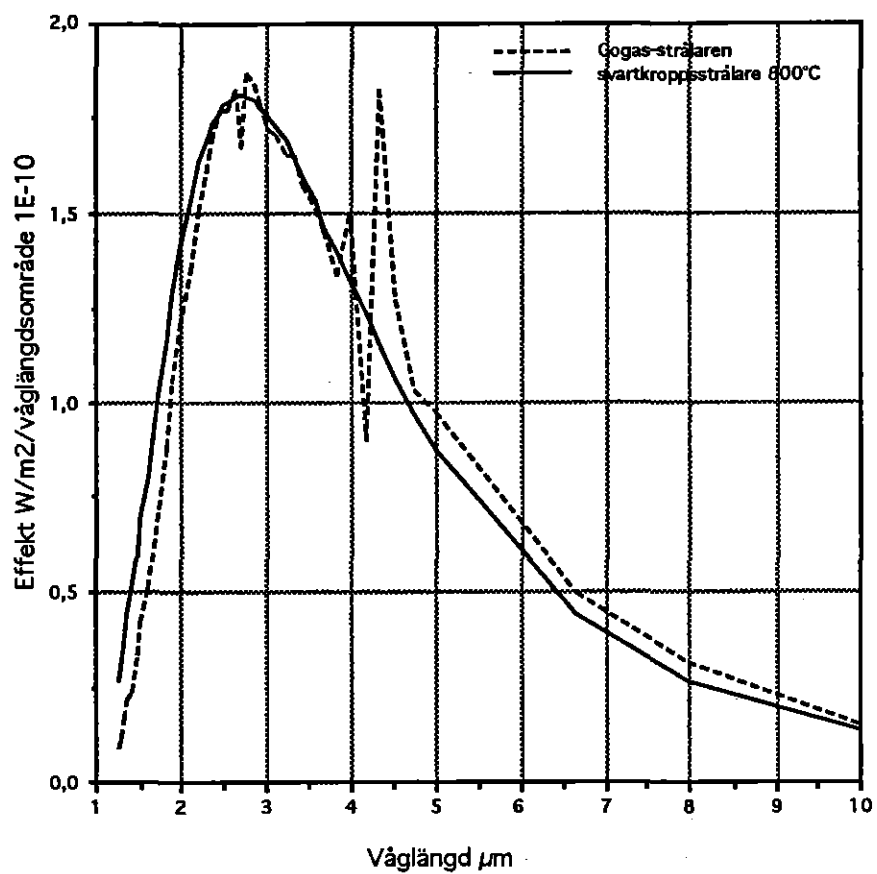


Fig 5.2. Emissionsspektra från Gogas-strålaren och svartkroppsstrålare.

6 Jämförelser med andra mätningar av strålningsverkningsgrad

En omfattande litteratursökning har gjorts vad avser mätningar av strålningsverkningsgrad. Resultatet från dessa sökningar har sammanställts i tabell 6.1.

Det redovisas inte någon definition på begreppet strålningsverkningsgrad i någon av de referenser som anges i tabell 6.1. I en del av referenserna anges det att verkningsgraden grundar sig helt på beräkningar. En del referenser säger inget alls om hur verkningsgraden tagits fram. I ett fall, referens 5, redovisas (summariskt) verkningsgrader som beräknats med utgångspunkt från utförda mätningar vid Tekniska Forskningscentralen (VTT) i Finland. Den ursprungsrapport som ligger till grund för redovisningen i ref. 5 är tyvärr ej tillgänglig varför några detaljuppgifter om mätprinciper etc ej går att få fram.

VTT's mätningar visar på strålningsverkningsgrader mellan 36 och 42%. I rapporten är det helt klart att gasstrålningen inte ingår i verkningsgraden. Rapporten redovisar verkningsgrader som tagits fram med beräkningsmodeller som grundar sig på VTT's mätningar nämnda ovan. Mätningarna är gjorda på gaseldade IR-strålare av typ keramiska plattor. En förklaring till att verkningsgraderna är lägre än de som kommit fram i föreliggande rapport kan ligga i att mätningarna gjorts på små enheter med en tillförd gaseffekt av 3-6,5 kW. Vid effektmässigt och ytmässigt större enheter borde verkningsgraden vara högre, då eventuella kanteffekter får mindre betydelse och gasstrålningens andel ökar eftersom ett strålande gasskikt kan byggas upp. Detta konstateras också i den finländska rapporten och man drar där slutsatsen att verkningsgraden bör ligga vid minst 45% vid kommersiella storlekar på strålarna.

Referens enl kap 8	Strålningsverkningsgrad	Kommentar
Föreliggande rapport	55-60%	mätning, inkl gasstrålning
5	36-42 %	>45 % vid större enheter
6	60 %	inkl. gasstrålning
7	>45 %	beräkningar
8	<40 %	beräkningar
9	<50 %	beräkningar
10	50 %	fabrikantdata
11	52 %	fabrikantdata
12	55-60 %	fabrikantdata
13	55 %	fabrikantdata
14	40 %	

Tabell 6.1. Uppgifter i litteraturen om strålningsverkningsgrader.

I referenserna 7,8 och 9, som redovisar beräknade verkningsgrader diskuteras gasstrålningen inte alls. Slutsatsen som kan dras är därför att dessa beräkningsmodeller inte tar hänsyn till gasstrålningen.

I föreliggande rapport har strålningsverkningsgraden vid märkeffekt beräknats till mellan 55 och 60% (beroende på fabrikat) inkl. gasstrålning. Vid ett mätillfälle konstaterades att gasstrålningen utgjorde 14% av tillförd effekt. Räknar man bort gasstrålningen sjunker verkningsgraden till 41-46%. Jämförs detta med t. ex resultaten i referenserna 7 och 9, som enligt ovan ej innefattar gasstrålningen, är överensstämmelsen god.

7 Slutsatser

FTIR instrumentet fungerar bra för mätning av spektralfördelning, och, med utgångspunkt från uppmätta spektra, för beräkning av verkningsgrader.

FTIR instrumentet räcker ej till för mätning på el-IR eftersom elektriska IR-strålare av högtemperaturtyp har sitt strålningsmaximum på ca 1,2 μm och instrumentets mätområde är 1-25 μm . En betydande del av strålningsenergin faller utanför området. Instrumentet måste, för mätningar på elektriska IR-strålare, kompletteras med en monokromator, vilken breddar mätområdet ned till 0,4 μm .

FTIR instrumentet är ganska skrymmande och komplicerat men bör gå att använda för fältbruk. Det måste dock kompletteras med s.k. Light Pipe för mätning på t. ex pappersmaskin.

Gasdrivna IR-strålares verkningsgrad är relativt hög, speciellt under beaktande av gasstrålningen. (Viktigt att beakta gasstrålningens bidrag.)

Jämförelser med andra verkningsgradsmätningar (redovisade i litteraturen) är svåra att göra p.g.a ofullständiga uppgifter om mätteknik mm.

Verkningsgraden varierar mellan fabrikaten. (Gogas 55%, Marsden 58-60%.)

Verkningsgraden varierar med effekten hos en och samma strålare. Marsden 62 kW 62-63%, 74 kW 58-60%.

Spektralfördelningen påverkars mycket litet av effekten hos en och samma strålare. Spektralkurvan förskjuts något nedåt och åt höger (lägre temperatur) för lägre effekter.

Spolluften påverkar spektralfördelningen och verkningsgraden så att kurvan förskjuts nedåt i vattenångans och koldioxidens absorptionsband p.g.a spolluften minskar gasskiktets tjocklek vilket medför en minskad andel gasstrålning.

Förbränningen är god vilket framgår av att luftöverskottet ligger på ca 10% (Marsden, 1,2-3 % O₂) resp. ca 20% (Gogas, 3,7 % O₂) med låga halter oförbränt (55ppm CO för Marsden resp. 45 ppm CO för Gogas).

NO_x-halten intill strålaren är låg (Marsden 5 ppm, Gogas 35 ppm). Med avsug ovanför strålaren torde bidraget till NO_x i utrymmen kring strålaren ligga långt under tillåtet gränsvärde.

Referenser

#

- 1 Strahlungsheizung- Theorie und Praxis
 B. Glück
 Verlag C.F. Müller, Karlsruhe 1982
- 2 Thermal Radiation Heat Transfer
 R. Siegel, J.R. Howell
 MacGraw-Hill Book Company, 1981
- 3 Le Sechage par Rayonnement pour Augmenter la Production des
 Machines
 A. Lemaitre, D. Glise
 Document C.T.P. n° 1.452, 16/5/89
- 4 Measurement of Reflection, Transmission and Emission with FT-IR
 Spectrometer
 K. Ojala, E. Koski, M.J. Lampinen
 Helsinki University of Thechnology rapport nr 53 1990
- 5 Modeling and Measurements of Infrared Dryers for Coated Paper
 K. Ojala, E. Koski, M.J. Lampinen
 Helsinki University of Thechnology rapport nr 50 1990

- 6 Gas-fired IR can reduce moisture variation by 50%.
Reinhold C. Roth, TechMark Corp.
Paper Technology and Industry, March 1986
- 7 Infrared Drying of Coated Paper
P. Mattsson, J. Pelkonen, A. Riikonen, Neste OY, Finland
Proceedings from 1989 International Gas Research Conference,
p 35-43
- 8 Combustion Performance Characteristics of Metal Fiber Burner
K. Hosoi, L.C. Shirvill
Proceedings from Japanese Flame Days, 1987
- 9 Flame Stabilization and Multimode Heat Transfer in Inert Porous
Media: A Numerical Study
S.B. Sathe, R.E. Peck, T.W. Tong
Combustion Science and Technology, 1990 Vol 70 p 93-109
- 10 Solaronics datablad
- 11 Krieger datablad
- 12 Marsden datablad
- 13 Devron Herkules datablad

- 14 IR-teknikk innenfor papirindustrien
P. Mattsson
Neste OY, Resultat -88
- 15 More Efficient Drying and Improved Paper Quality with Infrared
Radiation
P. Mattsson, J. Pelkonen, A. Riikonen
Neste OY, Finland
- 16 The Role of Radiation in Determining the performance of Gas-Fired
Furnaces
W.A. Gray, E. Hampartsoumian, J.M. Taylor, A. Williams
Proceedings from 1989 International Gas Research Conference,
p 26-34
- 17 The use of Gas Infrared Technology in Pulp and Paper Industries
M.K. Ratnani, Kanada
Proceedings from 17th World Gas Conference 1988. IGU/F11-88
- 18 Reflection and Transmission Measurement with an Integrating
Sphere and an FT-IR Spectrometer
K. Ojala, E. Koski, M.J. Lampinen
Helsinki University of Thechnology rapport nr 57 1990

Rapportförteckning

- | | |
|--|--|
| <p>196 Avgasning av matarvatten vid termisk jämnvikt
Göran Dahlén, Bo Jacobsson, Hans Åkesson,
ÅF-Energikonsult AB
Augusti 1985</p> <p>197 Kontroll över bränsle- luftförhållandet i pulverbrännare
Martin Gierse, Jan Seurin
Studsvik Energiteknik AB
Augusti 1985</p> <p>198 Korrosion vid tubroster i träbränsleeldade
hetvattenpannor - Fältprov från Vilhelmina
Värmeverk 1983-1984
Eric Norelius, ÅF Energikonsult AB
Fredrik Brunno ÅF-IPK AB
Augusti 1985</p> <p>200 Rökgasrening - sammanställning av
Battelle rapporter och andra
Marita Linné, Ener Chem AB
Augusti 1985</p> <p>201 Friktionsfixerade fjärrvärmeledningar.
Fältnätningar i Lund. Del 2.
Dan Olofsson, Scandia-Consult, Jan Molin VBB
Kurt Bergendorff, Lunds Energiverk
Augusti 1985</p> <p>202 Havsvattenkorrosion - Uppföljning och rådgivning
Sture Henriksson, Korrosionsinstitutet
November 1985</p> <p>203 Kolfickor - problemanalys
Lars Eriksson, Per Levén
November 1985</p> <p>204 Heltorr rökgasavsvavling - försök i pilotskala
Maria Gårding, Gunnar Svedberg
November 1985</p> <p>205 CWM-eldning
Mats Eriksson, Lars Fredriksson, Erik Larsson
Hed Sintorn.
November 1985</p> <p>206 Evaluation of Non-US Coals Emission
Performance with the Distributed Mixing Burner
A R Abele, S L Chen, S B Greene, Y Kwan,
B J Overmoe and R Payne
Maj 1985</p> <p>207 Evaluation of Non-US Coals Emission
Performance with the Distributed Mixing Burner
A R Abele, S L Chen, S B Greene, Y Kwan,
B J Overmoe and R Payne
Maj 1985</p> <p>208 Prov med 5 MW hetvattenpanna vid Surahammar
Värmeverk
Kurt Fransson
November 1985</p> <p>209 Korrosion i havsvattensystem - inverkan av
klorering
Lennart Dahl
November 1985</p> <p>210 Rökasmätningar och analyser utförda vid
Ålidsens sopförbränningsanläggning i Umeå.
Roger Moström, Owe Dahlgren, Göran Sandström
November 1985</p> <p>211 Mätning av kvicksilveremissioner vid kolförbrän-
ning i snabb fluidiserad bädd.
Maria Jacobsson
Januari 1986</p> | <p>212 Avsvavling genom kalkinblåsning - försök i
falltubsugn
Per Alvfors, Gunnar Svedberg
Februari 1986</p> <p>213 Torveldning på rörlig snedrost vid Djupedsverket,
Hudiksvall
Claes Sparre, Mats Collin
Februari 1986</p> <p>214 NO_x-emissioner vid nordiska pannor större än
10 MW
Jan Seurin
Februari 1986</p> <p>215 Förbränningssegenskaperna hos polska och
ryska kol - En Litteraturstudie
Jacek Gromulski
Mars 1986</p> <p>216 Karaktärisering av elva kol och deras
förbränningssegenskaper
Margareta Bengtsson
Mars 1986</p> <p>217 Förbränningskaraktärisering av elva kol i
falltubsugn
Jacek Gromulski
Mars 1986</p> <p>218 Karaktärisering av tjugo kol och deras
förbränningssegenskaper
Margareta Bengtsson
Mars 1986</p> <p>219 Utveckling och provning av sond för mätning
av slaggning och fouling
Margareta Bengtsson, Niklas Berge,
Gunnar Dillner, Bertil Karlsson
Mars 1986</p> <p>220 Utvecklingslinjer inom den tillämpade
naturgasforskningen
Mikael Näslund
April 1986</p> <p>221 Säkerhet vid elpannedrift
bertil Köhler
April 1986</p> <p>222 Väteinducerad sprickbildning i ferritiska rostfria
stål och titan
Sture Henriksson
April 1986</p> <p>223 Växvelverkan med askmineral med kalciumsorber i
eldstad
henrik Aldén, Walter Hübner
April 1986</p> <p>224 Minskning av kväveoxid vid torvförbränning
Göran Eklund, Göran Blomqvist
Maj 1986</p> <p>225 Kondenskorrosion - en litteraturstudie
Lennart Dahl
Maj 1986</p> <p>226 Skumutfyllnad i kulvertskarvar
Lars Blomqvist, John Ljungqvist
Maj 1986</p> <p>227 Uppföljning av kondensatorers prestanda
- försök med granulärbollar
Lars Bratthall
Maj 1986</p> |
|--|--|

- 228 Utsläpp av svavel- och kväveoxider till luft från fasta anläggningar - jämförbara mätningar
Göran Hellén
Maj 1986
- 229 Driftserfarenheter av kontinuerliga mätsystem för övervakning av utsläpp till luft från fasta anläggningar
Max Lundström
Maj 1986
- 230 Optimering av avsvavling genom kalkstensinblåsning till eldstad vid rosteldning
Anders Wahlgren
Maj 1986
- 231 Optimala data för 10-50 MW kraftvärmeverk
Nils-Ove Rasmusson
Maj 1986
- 232 Provning av torveldning på spreadertoker vid kraftvärmeverket i Borås
Claes Sparre, Mats Collin
Maj 1986
- 233 Återanvändning av restprodukt från SO₂-avskiljning i låg NO_x-brännare
Hans Karlsson
Juni 1986
- 234 Rökgasrening och värmeåtervinning vid sopförbränning i Avesta
Georg Schuisky, Jan Thörnkvist, Klas Hedman
Juli 1986
- 235 Termisk avdrivning av kvicksilver från kol
Ying-Hua Lee, Bengt Steen
Augusti 1986
- 236 Naturgasbaserade kraftvärmeverk för fjärrvärmeproduktion - tekn. och ekon. aspekter
Bjame Norén, Tord Torlsson
Augusti 1986
- 237 Underhållsplanering av fjärrvärmenät
Thomas Asp, Anders Eriksson, Håkan Danielsson, Stig hård, Bertil Wiktorén
Augusti 1986
- 238 Emissionsmätningar våt - torr rökgasrening
Hans Karlsson
Oktober 1986
- 239 Reduktion av NO_x genom tillsatseldning med trä- eller torvpulver
Göran Blomqvist, Niklas Berge
Oktober 1986
- 240 Barkavvattning - slutrapport från barkavvattningskommittén
SPCI
Oktober 1986
- 241 Korrosionsprovning i stillastående och strömmande sodasmälta vid 757 °C
Stefan Poturaj
Oktober 1986
- 242 Materialerfarenheter från fluidbäddar
Eric Häggblom
Oktober 1986
- 243 Austenitiska rostfria stål som överhettar material i kolpulvereldade kraftverk - Litteraturstudie
Börje Grönwall
Oktober 1986
- 244 Korrosion i klorerat nordsjö-vatten
Sture Henriksson
Januari 1987
- 245 Emission och reduktion av NO_x i förblandade naturgas- luftförbrännare
Göran Holmstedt
Januari 1987
- 246 Styrning och reglering av utblåsning av pannvatten
Folke Persson, Bo Ramsbäck
Januari 1987
- 247 Utvärdering av EMP-utspädningsystemet för mätning av utsläpp till luft
Göran Hellén
Januari 1987
- 248 Uppföljning av kostnader för drift och underhåll vid eldningsanläggningar för torv och träbränslen.
Sven Stridsberg
Januari 1987
- 249 Metod för röntgenradiografering av isolerskikt i kulvertrör för fjärrvärmeledningar
Stig dahn
Februari 1987
- 250 Porbildning vid skarvsvetsning av stålrör med gas
Nils-Erik Hannertz
Februari 1987
- 251 Uppföljning av drifterfarenheter med akryljonbytare
Folke Persson, Bo Ramsbäck
Februari 1987
- 252 Inventering av existerande och förväntade materialproblem i ångkraftverk
Stefan Poturaj, Börje Grönwall, Eric Häggblom
Februari 1987
- 253 Bäddmaterial i pannor av fluid bäddtyp
Christian Kamik
Mars 1987
- 254 Testning av kol och sorbenter från låg NO_x- och SO_xreduktionsförsöken vid Stignaesverket samt försöksresultat från Stignaesverket.
Margareta Bengtsson
Mars 1987
- 255 Inkoppling av varmvattenberedare vid installation av värmepump
Göran Dahlén
Mars 1987
- 256 Markförlagda fjärrvärmeledningars temperaturhöjande effekt för intilliggande ledningar
Håkan Carlsson, Jan Molin
Mars 1987
- 257 Skador på mantelrörskarvar
John Ljungqvist, Bert Oddving, Rolf Westin
Mars 1987
- 258 Spänningsanalys av fjärrvärmeledningar
Del 3 Dimensioneringsanvisningar och dimensioneringsprogram för T-stycken.
Sture Andersson, Håkan Carlsson, Jan Molin
Mars 1987
- 259 Kvalitetsprovning av PUR-skumisolering
John Ljungqvist, Rolf Westin
- 260 Skumkvalitet vid låga omgivningstemperaturer
Lars Blomqvist, John Ljungqvist
Mars 1987

- 261 Ångstrålevärmepump för värmeåtervinning ur förbränningsgaser
Per Lundqvist
April 1987
- 262 Test av referensgaser, SO₂ och NO
Göran Hellén
Maj 1987
- 263 Kvicksilveravskiljning i filterflaskor
Björn Hall, Evert Ljungström, Oliver Lindqvist
Maj 1987
- 264 Humus kontrollmetoder - bestämning av TOC-halter i ppb-området med analysinstrument från Banstead och Xertex
Ivan Falk
Maj 1987
- 265 Elbesparingar i industriella ventilationsanläggningar
Roy Gustafsson
Juni 1987
- 266 Energiredovisning i en massa- och pappersindustri
Lennart Delin, Christer Martinsson, Johan Nygaard
Maj 1987
- 267 Undercentraler - Litteraturstudie av tidigare arbeten
Rajja Leppänen
Maj 1987
- 268 Förstudie av viktiga strömningstekniska faktorer vid inblåsning av kalkpulver för avsvavling av rökgaser
Lars Ljung
Juni 1987
- 269 Kondenserade villagaspanna med rökgasåtvärmning - en anpassning till svenska förhållanden
Mikael Näslund
Juni 1987
- 270 Blandskarvar i ångpannor - Litteraturstudie
Börje Grönwall
Juni 1987
- 271 Emission vid byte av gaskvalitet
Mikael Näslund
Juni 1987
- 272 Avkylning av fjärrvärmevatten i befintliga abonnentcentraler
Annika Winberg, Sven Werner
Augusti 1987
- 273 Bestämning av värmevärde för fasta bränslen
Lars-Henrik Österholm, Lars Andersson
Augusti 1987
- 274 Optimering av avsvavling genom kalkstensinsprutning i eldstad vid rosteldning i Kalmar
Jan Åbom
Augusti 1987
- 275 Sameldningsförsök med kolpulver och träpulver i befintlig oljecentral
Gunnar Thaning
Augusti 1987
- 276 Restprodukter från förbränning i fluidiserande bäddegenskaper vid deponering och återanvändning
Christer Nilsson
Augusti 1987
- 277 Metoder för mätning och kontroll av pulverbränsle/luftflöde
Adil Karim
Augusti 1987
- 278 Kontinuerlig mätning av SO₂, NO, CO₂ och flöde
Gunnar Nyquist, Jonas Radö, Vaclac Vesely
Oktober 1987
- 279 Sekundär tillförsel av trä- och torvpulver vid kolpulvereldning. En undersökning av inflytandet på NO_x-emissionen
Lars Rudling
Oktober 1987
- 280 NO_x-mätningar i Södertälje och Helsingborg, Etapp 1, mätningar vid Igelstaverket
Kurt Fransson
Oktober 1987
- 281 Erfarenheter av korrosion och korrosionsskydd i de svenska värmekraftverkens saltvattensystem
Sture Henriksson
Oktober 1987
- 282 Korrosionsprovning av rostfria stål i klorerat havsvatten vid 45 °C
Sture Henriksson
November 1987
- 283 Utvecklingsläget för heltorr rökgasavsvavling i Förenta Staterna
Gunnar Svedberg
Oktober 1987
- 284 Studie över kombinationen förbrännings-teknik/värmeåtervinning ur rökgaser vid förbränning av olika fasta bränslen inom effektintervaller 0,5 - 10 MW
Lars Wrangén
Oktober 1987
- 285 NO_x-optimering Wanderrost
Prov hos Perstorp AB
Claes Sparre
Oktober 1987
- 286 Larmsystem - Kompatibilitet
Christer Bodin, John Ljungqvist, Tor Rundström
December 1987
- 287 Energisystemstyrning i värmeproduktionsanläggning - Förstudie
Lars Wester, Robert Schuster
December 1987
- 288 Røkgaskondensering - Beskrivning av installationer och driftserfarenheter vid träbränsleeldade anläggningar
Göran Dahlén, Lars Hägglund
December 1987
- 289 Kontinuerlig övervakning av utsläpp till luft i Västtyskland.
Lagar, mätinstrument och driftserfarenheter
Gunnar Nyqvist, Börje Borgström, Göran Hellén
December 1987
- 290 NO_x-utsläpp från spreaderstokerpannor
Litteraturstudie
Anna-Karin Hjalmarsson
December 1987
- 291 Erosionskorrosion i ångledningar
Juri Tavast
Mars 1988
- 292 Inventering av materialtekniska erfarenheter av svenska fluidbäddar
Eric Häggbom
Mars 1988

- 293 Studie över möjligheten till ökad elproduktion i industrier och kraftvärmeverk med utnyttjande av befintliga pannor
Lars Wrangén
Mars 1988
- 294 Ackumulatorsystem för driftutjämning
Bertil Köhler
Mars 1988
- 295 Undersökning av syrereduktion med sulfidregenererad anjonbytare
Folke Persson, Bo Ramsbäck
Mars 1988
- 296 Absorptionsvärmepumpars konkurrenskraft
Göran Dahlén, Jan Nordling
Mars 1988
- 297 Avgasning av späd- och processvatten
Folke Persson, Björn Carlsson
Mars 1988
- 298 Inventering av datorprogram för simulering och optimering av fjärrvärmesystem
Hans Gransell, Anders Östergren
Mars 1988
- 299 Torv- och fliseldning i identiskt lika anläggningar
Per-Erik Appelberg, Bengt-Olof Hecktor
Mars 1988
- 300 Kolfickor - Problemanalys - Kolföde
Lars Eriksson, Per Levén, Per Lysedal
April 1988
- 301 Användning av restprodukt för täckning av avfallsupplag
Erik Mattsson, Ulf Qvarfort
April 1988
- 302 Diagnostikutrustning för 2-stegskopplade abonnentcentraler
Ulf Jansson
April 1988
- 303 Korrosion i kondenserande rökgas
Fältförsök etapp I och II
Marian de Pourbaix
April 1988
- 304 Konditionsmedel för hetvatten- och ångpannesystem
Ivan Falk
April 1988
- 305 Eldning med avfallsbränslen i fluidiserad bädd. Undersökning av dolomittillsats, påverkan på beläggningar och sintringsegenskaper
Lars Rudling
Maj 1988
- 306 Utspädningssystem för mätning av utsläpp till luft. Erfarenheter av långtidsdrift
Gunnar Nyqvist, Jonas Radö, Václav Veselý
Maj 1988
- 307 Duplexa rostfria stål för kraftverkstillämpningar
Litteraturstudie
Börje Grönwall
Augusti 1988
- 308 Duplexa rostfria stål för kraftverkstillämpningar
Spänningskorrosionsprovning i syre- och kloridhaltigt högttemperaturvatten
Anders Molander
Augusti 1988
- 309 Repeter- och reducerbarhet vid bestämning av svavelhalt i lågsavvliga kol
Karin Berglund, Margret Månsson, Björn Lundgren
Augusti 1988
- 310 Lågttemperaturkorrosion på eftereldytur i hetvattenpannor vid eldning med torv och trädränsle
Leif Kiessling
Augusti 1988
- 311 Termisk NO_x-reduktion med additiv
Karin Persson
Augusti 1988
- 312 Låg NO_x-brännare för tung eldningsolja
Robert Schuster
Oktober 1988
- 313 IR-strålare för industriellt bruk
Michael Johansson, Åke Jansson
Oktober 1988
- 314 Rekuperativa och regenerativa brännare i industriella processorer
Sören Dahlin
Oktober 1988
- 315 Skumkvalitet vid låga omgivningstemperaturer och varierande mediarörtemperaturer
Johan Ljungqvist
Oktober 1988
- 316 Humus, sönderdelningsprodukter
Analysmetodik för identifiering och bestämning av kolväten
Kristofer Warman, Miljökonsulterna
Ivan Falk, Studsvik Nuclear
Oktober 1988
- 317 On-line instrument för övervakning av kvaliteten hos vatten och ånga vid energiproduktionsanläggningar - en marknadsundersökning
Natanael Fahlgren, Folke Persson
Oktober 1988
- 318 Sänkt drifttemperatur i fjärrvärmenät - konsekvenser i distributionssystemet
Jan Molin, Ronny Nilsson, Helge Bergström
Oktober 1988
- 319 Högtemperaturoxidation av järnbaserade och nickelbaserade metaller
En litteraturstudie
Ulf Engman
Oktober 1988
- 320 Leveranssäkerhet vid värmedistribution
Lennart Josefsson, Hans Åkesson
Oktober 1988
- 321 Undercentralers reglering
Michael Thiede
Oktober 1988
- 322 Långtidsuppföljning av NO_x-emissioner från Västhamnsverket i Helsingborg
Anna-Karin Hjalmarsson
November 1988
- 323 Driftuppföljning av fluidiserade bäddar
Claes Sparre
November 1988
- 324 Sekundär bränsletillförsel till kolpulverflamma för reducering av NO_x-emissionen
Lars Rudling
November 1988

- 325 Kväveföreningar i kol, torv och oljor
Litteraturstudie
Margareta Bengtsson
November 1988
- 326 Ökad elproduktion genom installation av naturgaseldade gasturbiner före befintliga ångpannor i Ryaverket, Borås
Axel Engshagen
November 1988
- 327 Installation av naturgaseldade gasturbiner före befintliga pannor och torkar i Wergöns Bruk
Lennart Delin
November 1988
- 328 Rökasmätningar och analyser utförda efter renovering av gammal sopugn vid Ålidhems sopförbränningsanläggning i Umeå
Roger Moström, Owe Dahlgren, Göran Sandström
November 1988
- 329 Dikväveoxidemission från förbränning
Lisa Fuller, Göran Blomqvist
December 1988
- 330 Inventering av numeriska beräkningsprogram för att simulera blandningsförlopp vid avsvavling i förbränningsanläggningar
Lars Ljung
Mars 1989
- 331 Studie av emissioner till luft och elverkningsgrad hos gasturbiner och dieslar för naturgas, gasol och olja (1-50 MW_e)
Axel Engshagen, Håkan Stigander
Mars 1989
- 332 Gasol- och naturgaseldning i eldrörspannor
Sune Andersson, Rolf Christensen
April 1989
- 333 Korrosionsprovning av det ferritautenitiska rostfria stålet Sandvik 2507 i havsvatten med och utan klortillsats
Sture Henriksson, Göran Nyström
April 1989
- 334 Optimal humusreduktion vid totalavsaltning
Folke Persson
April 1989
- 335 Anvisningar för schaktning och andra arbeten i närheten av direktskummande PUR-kulvertar
Håkan Carlsson, Jan Molin
- 336 Erfarenheter av rökasmätning med DOAS-teknik
Vaclav Vesely, Gunnar Nyquist, Christer Jansson
Maj 1989
- 337 Anvisningar för prestandaprov vid pannanläggningar
Kurt Fransson, Erik Larsson
Maj 1989
- 338 Driftoptimering i små och medelstora värmeverk
Mickael Ahlström, Gunnar Dahlin, Björn Qvist, Pia Rydh
Maj 1989
- 339 Känsligheten för väteförspridning i samband med katodiskt skydd av rostfria duplexa stål
Sture Henriksson
Maj 1989
- 340 Corona-behandlingens betydelse för mantelrör till fjärvärmeledningar samt metod och krav för kvalitetskontroll
Lars-Eric Jansson
Maj 1989
- 341 Energistyrning
Mickael Ahlström, Peeter Normark, Björn Qvist
Maj 1989
- 342 Teknik för framställning av ultrarent vatten
Ivan Falk, Folke Persson, Bo Ramsbäck
Juli 1989
- 343 Färgämne för läckageindikering i fjärrvärmesystem
Torsten Bauer, Björn Carlsson, Folke Persson
Juli 1989
- 344 Luftstrålars penetration i en sodapannas eldstad
Lars Andersson
Juli 1989
- 345 Kolförbränningens restprodukter
Jan Hartén, Jan Rogbeck, Leif Lindau, Christer Nilsson
Juli 1989
- 346 Utvärdering av mätresultat och uppföljning av NO_x, N₂O- och SO₂-emissioner under längre tidsperioder vid en industriell cirkulerande fluidbädd
Ettapp 1
Lars Wrangén
Juli 1989
- 347 "SO₃" - mätning i rökgas - en litteraturstudie
Martin Fern
Juli 1989
- 348 Kontinuerlig emissionsmätning - Analysinstrument för kontinuerlig rökasmätning och beräkning av emissioner
Lars Eriksson, Kurt Fransson
Juli 1989
- 349 Utvärdering av förgasningsanläggning i Vilhelmina
Håkan Johansson
September 1989
- 350 Diodlaser-system för kontinuerlig emissionsmätning av fasformiga förbränningsprodukter
Henrik Ahlberg
September 1989
- 351 Metoder för samtidig SO₂- och NO_x-reduktion
Ulrika Jantze, Karin Persson
September 1989
- 352 Mätning av NO_x-emissionen vid Öresundsverkets oljeeldade panna P16
Roland Lundberg, Mats Renntun
September 1989
- 353 Reduktion av svavelemission genom kalkinblåsning i förbränningsanläggningens eldstad
Rolf-Bertil Eklund
Oktober 1989
- 354 Referat från 1989 Joint Symposium on Stationary Combustion NO_x Control
Anna-Karin Hjalmarsson
Oktober 1989
- 355 Fjärranalys av undercentraler
Joakim Marklund
Oktober 1989
- 356 Erfarenhet av autenitiska material i fossileldade ångpannor
Juri Tavast
Oktober 1989
- 357 Ersättning av elmotorer med drivturbiner i effektområdet 0-3 MW
Axel Engshagen, Hans Nilsson
Oktober 1989

- 358 Undersökning av olika sorbentkombinationers förmåga att reducera saltsyra och svaveldioxid samt påverkan på dioxinproduktionen vid avfallseldning
Lars Rudling
November 1989
- 359 Avgassystem vid naturgassystem
Kjell Wanselius
December 1989
- 360 Laboratorieprovning av villaabbonnentsentraler
Johan Winberg
December 1989
- 361 Oorganiska beläggningar på rostfritt stål som skydd mot spaltkorrosion i havsvatten
Sture Henrikson
December 1989
- 362 Inverkan av järn på olegrat titans hårdighet mot korrosion och väteabsorption
Sture Henrikson
December 1989
- 363 Leveranssäkerhet i fjärrvärmesystem
Sture Andersson, Carl Mattsson
December 1989
- 364 Underhållsstrategi för distributionsnät
Förstudie
Lennart Strömwall, Leif Lemmeke
Mars 1990
- 365 Dynamisk provning av värmeväxlare med hjälp av processidentifiering
Håkan Waljetun
Bengt-Göran Bergdahl
Bert Oddving
Mars 1990
- 366 Kartläggning av organisk substans i spådvatten
Ivan Falk
Mars 1990
- 367 Tvåmediaprocesser för värmekraftproduktion
Litteraturstudie
John Murray
Eva Olsson
Gunnar Svedberg
Mars 1990
- 368 NO_x-utvärdering av Västhamnsverkets kolpanna, Helsingborg
Lennart Nordenberg
Mars 1990
- 369 NO_x-mätningar vid oljeeldade värmeverk i Värtaverket
Kent Hjelm
Mars 1990
- 370 Stabilisering och deponering av rökgasreningsprodukter från sopförbränning
Sten Kullberg
Ann-Marie Fällman
Anders Höljund
Juni 1990
- 371 Förbränningstekniska åtgärder för emissionsbegränsning i torveldad panna med rörlig rost- och rökgasåterföring
Robert Schuster
Juni 1990
- 372 Utvärdering av mätresultat och uppföljning av NO_x, N₂O- och SO₂-emissioner under längre tidsperioder vid en industriell CFB
Lars Wrangsten
Augusti 1990
- 373 Studier av koldioxidutsläpp och dess konsekvenser i samband med förbränning av olika bränslen
Per Rosén
Tord Torisson
Augusti 1990
- 374 Vakuumisolering för kondenserad naturgas
Stefan Swebilius
Augusti 1990
- 375 Korrosionshårdighet i havsvatten hos svets skarvar i höglegerade rostfria stål
Sture Henriksson
Augusti 1990
- 376 Erosionsbeständighet hos några keramiska och metalliska material i simulerad fluidbäddmiljö
Ulf Engman
Augusti 1990
- 377 Erfarenhet beträffande korrosions- och materialproblem i rökgasreningsutrustningar m m från avfallseldade anläggningar i Sverige
Lennart Dahl
Augusti 1990
- 378 Uppföljning av driftskostnader II
mars 1990
Sven Stridsberg
September 1990
- 379 Marknadsundersökning av givare och instrument som kan mäta fukthalt i rökgas
Ove Johansson
Henrik Lännerbo
September 1990
- 380 Korrosionsstudier av emaljerade varmvattenberedare
Britt-Marie Svensson
November 1990
- 381 Konvertering till naturgas-
Förändring i prestanda och emissioner
Lennart Gustavsson
November 1990
- 382 Integrerad energi- och miljöanalys med datorbaserade modeller
Staffan Görtz
Bernt Gustafsson
November 1990
- 383 Energiåtervinning genom "NOHEX" värmewäxlare
Ragnar Werner
Lars-Gunnar Hellman
November 1990
- 384 NO_x-reduktion vid naturgaseldning genom vatteninsprutning
Göran Fernbäck, Ulrika Jantze, Mikael Jedeur-Palmgren, Kjell Wanselius
November 1990
- 385 Mät- och analysverktyg för minimering av NO_x, SO₂ och CO med hjälp av processidentifiering
Bengt-Göran Bergdahl
Ritsuo Oguma
December 1990

- 386 Drifterfarenheter från anläggningar med utrustning för selektiv katalytisk reduktion (SCR) av kväveoxid
Erik Larsson
Per Levén
December 1990
- 387 Förbränningstekniska åtgärder för emissionsbegränsning i skogsbränsleeldad panna med rörlig rost, rökgasåterföring och befuktning av förbränningsluft
Robert Schuster
December 1990
- 388 Jämförande studier mellan cirkulerande och bubblande fluidbädd
Kurt Fransson
Erik Larsson
Mars 1991
- 389 Kemiska förlopp vid förbränning av torv och trädbränslen i cirkulerande och bubblande fluidbäddar i Östersund (25MW). Bränslets och olika driftparametrars inverkan på SO₂- och NO_x-emissioner
Anders Nordin
Mars 1991
- 390 Studie av slitage och korrosion med samhörande driftstörningar i fastbränsleanläggningars transportsystem
Ingemar Goldkuhl
Mars 1991
- 391 IEA Låg-NO_x-brännarprojekt – STEG 3 – Slutrapport
Roy Payne
Mars 1991
- 392 Jämförelse mellan Oxis och extraktiva metoder för NO och NO₂-analys i rökgaser
Mats Sjöberg
Mars 1991
- 393 Inverkan av avsvavling på NO_x-bildningen vid CFB-förbränning
Boo Ljungdahl
Maj 1991
- 394 Reduktion av NO_x-emissioner vid övergång från Eo5 till Eo1
Börje Kjellén
Maj 1991
- 395 Undersökning av FTIR-teknik för rökgasanalys
Lars Rudling
Maj 1991
- 396 Utveckling av brännare för katalytisk förbränning av naturgas
Jan Brandin
Fredrik Ahlström
Maj 1991
- 397 Kemisk rengöring av kromlegerade ferritiska stål i överhettartuber
Ivan Falk
Maj 1991
- 398 Industriell kraftvärme
Janne Sjödin
Lennart Delin
Lars Eriksson
Maj 1991
- 399 Kartläggning av resurser och kompetens inom gastekniska området
AnnCharlotte Bauer
Maj 1991
- 400 Nedbrytning av järnprodukter vid torvförgasning för minskning av NO_x-emissioner
Lars Waldheim
Ramond Gustafsson
Henrik Aldén
Juni 1991
- 401 NATURGASMODELLEN - En spridningsmodell anpassad till persondatorer
Hans Backström
Gunnar Omstedt
Juni 1991
- 402 Förenklad mätmetod för vattensidiga beläggningar i ångpannetuber
Ivan Falk
Juni 1991
- 403 Drifterfarenheter från industrianläggningar med precoatfilter
Björn Carlsson
Juli 1991
- 404 Anvisningar för emissionsmätningar på stationära gasmotorer
Lennart Eriksson
Juli 1991
- 405 Mätning av NO_x, SO₂, H₂O och NH₃ i rökgaser med diodlaserteknik
Henrik Ahlberg
Juli 1991
- 406 Indirekt fuktbestämning av bränsle
Joakim Marklund
Robert Schuster
Juli 1991
- 407 Luftkvaliteter i lokaler vid direktutsläpp av rökgaser från naturgasförbränning
Ulrika Jantze
Mikael Jedeur Palmgren
Juli 1991
- 408 Ammoniakhantering
Myndigheter och regler samt råd för transport, lagring och hantering av ammoniak
Gunnar Nordberg
Hans A Andersson
Augusti 1991
- 409 Utvärdering av temperatur- och olinearitetseffekters inverkan på DOAS-teknikens tillförlitlighet vid rökgasanalys
Håkan Axelsson
Johan Melqvist
Vaclav Vesely
Augusti 1991
- 410 Utsläpp av oförbrända kolväten vid biobränsleeldning.
Mona Olsson
Eva Marie Persson
Oktober 1991
- 411 Inverkan på returtemperaturen vid ackumulering av tappvarmvatten i abonnentcentraler
Sture Sikström
December 1991
- 412 Läcksökning i fjärrvärmekulvertar
Heinz Thurner
December 1991
- 413 Skadeinventering, Abonnentcentraler
Bo Östlund
December 1991
- 414 Spannmålsförbränning på wanderoost
Lars Rudling
December 1991

- 415 Spannmålsförbränning i en cirkulerande
fluidiserad bädd
Lars Rudling
December 1991
- 416 Förbränning av Salix i CFB
Anders Victorén
December 1991
- 417 Låg NO_x-brännare för eldningsolja
(Teknik och kostnader 1991)
Robert Schuster
December 1991
- 418 Metodundersökning masspektrometer
– konventionell mätteknik
Kristina Larsson
December 1991
- 419 Tungmetaller i fasta restprodukter
från rökgasrening
Frank Zintl
December 1991
- 420 Låg-NO_x system ROFA
– Reduktion av kväveoxider vid
eldning av olja
Göran Moberg
Bo Andersson
Lars-Erik Hägerstedt
December 1991
- 421 Studie av aktuella föreskrifter och kvalitetskrav för
installation av rökgasanalystrustning i USA samt
amerikanska erfarenheter av dispersiv optisk
mätteknik för rökgasanalys
Håkan Axelsson
David Cooper
Mars 1992
- 422 Konvertering till träpulver i en
kolpulvereldad anläggning
Gunnar Nordberg
Johan Alsparr
Christer Högberg
Mars 1992
- 423 Kondenserande villagaspanna med
avgasåtervärmning – fältförsök och
beräkning av skorstenstörlöpp
Mikael Näslund
Maj 1992
- 424 Spektralfördelning och verkningsgrad för
gaseldade IR-strålare
Michael Johansson
Maj 1992

