



LUND
UNIVERSITY

VÄRMELASTER FRÅN TERMISK STRÅLNING I ROSTERPANNOR

HENRIK HOFGREN



Ett samarbete mellan:



LUND
UNIVERSITY

B&W
vølund



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK



LUND
UNIVERSITY

Publikationer

H. Hofgren et. al “Measurements of some characteristics of thermal radiation in a 400 kW grate fired furnace combusting biomass”(Submitted to the Heat Transfer Engineering Journal, 2015)

H. Hofgren et. al “Computation of radiative heat transfer in a 400 kW grate fired furnace combusting biomass” (Conference “Computational Thermal Radiation in Participating Media V” , Albi, France, 2015)

H. Hofgren et. al “Investigations on radiative heat fluxes in a 400kW grate fired furnace” (Conference “INFUB10”, Porto, Portugal, 2015)

H. Hofgren, B. Sundén “Evaluation of Planck mean coefficients for particle radiative properties in combustion environments”(Heat and Mass Transfer, Vol. 51, pp. 507-519, 2015)

H. Hofgren, B. Sundén “Modelling thermal radiation with the focus on particle radiation in grate fired furnaces combusting MSW or biomass – A parametric study”(Conference proceeding of “ASME 2013 International Mechanical Engineering Congress and Exposition”, San Diego, USA, 2013)



Översikt

- Bakgrund
- Mål
- Rosterpannan
- Termisk strålning
- Partiklar i förbränningsrummet
- 400 kW test-rosterpanna
 - Mätningar
 - Modeller
- Slutsatser



Bakgrund

- Rosterpannan är en beprövad teknik.
- I Sverige är det den dominerande tekniken för små till medelstora anläggningar
- I Europa är det den dominerade tekniken för sopförbränning.
- Modellering (CFD) har blivit ett viktigt designverktyg för pannor.
- Värmelaster är en viktig del i designprocessen.
- I förbränningsrummet domineras värmelaster av termisk strålning.



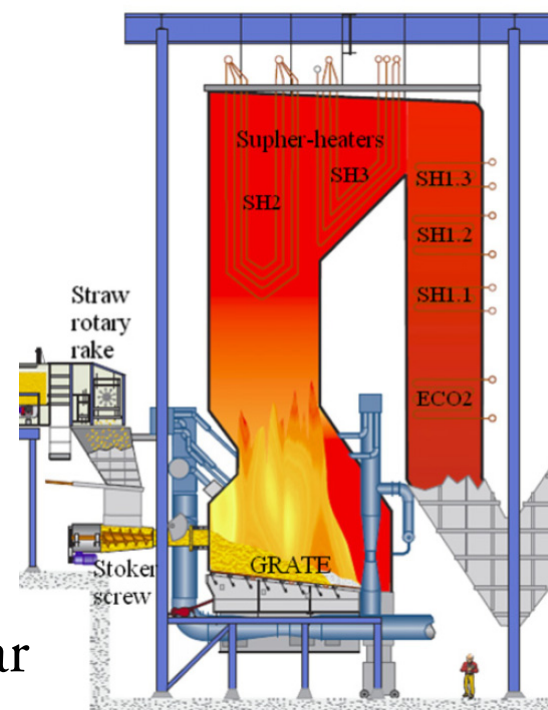
Mål

- Undersöka vilka delar som bidrar till termiska värmelaster från strålning i rosterpannor
- Undersöka och förbättra modeller för termisk strålning i förbränningsmiljöer
- Jämföra mätningar och modeller av termisk strålning i en 400 kW testpanna



Rosterpannan

- Bränsleflexibel förbränningsteknik
- Förbränningen sker på rostern och i förbränningsrummet ovan rostern
- Brännbara gaser och partiklar transporteras från bädden upp i förbränningsrummet
- Efter förbränningsrummet börjar konvektiv värmeöverföring dominerar värmetransporten



Yin et al. (2008) Progress in Energy
and Combustion Science
Vol. 34 pp. 725-754



LUND
UNIVERSITY

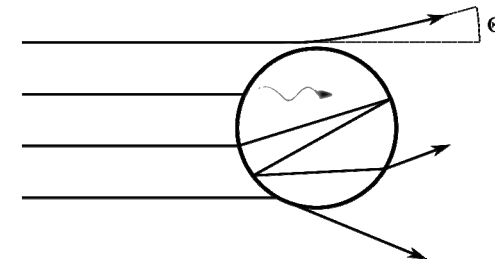
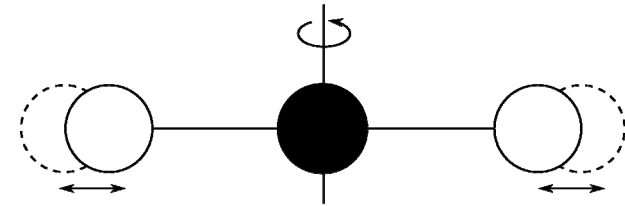
Termisk strålning

Termisk strålning uppstår då en temperaturskillnad finns mellan två objekt/medium. Den behöver inget medium för att transporteras i.

$$E_g = \sigma \varepsilon T^4$$

Ytor, gaser och partiklar utbyter strålning i en rosterpanna.

- H₂O och CO₂
- Sot, flygaska och oförbränt bränsle



Partiklar i förbränningsrummet

Information om partiklar i förbränningsrummet:

- Typ av partiklar
- Storlek, massa och mängd

Flygaska, sot och oförbränt bränsle

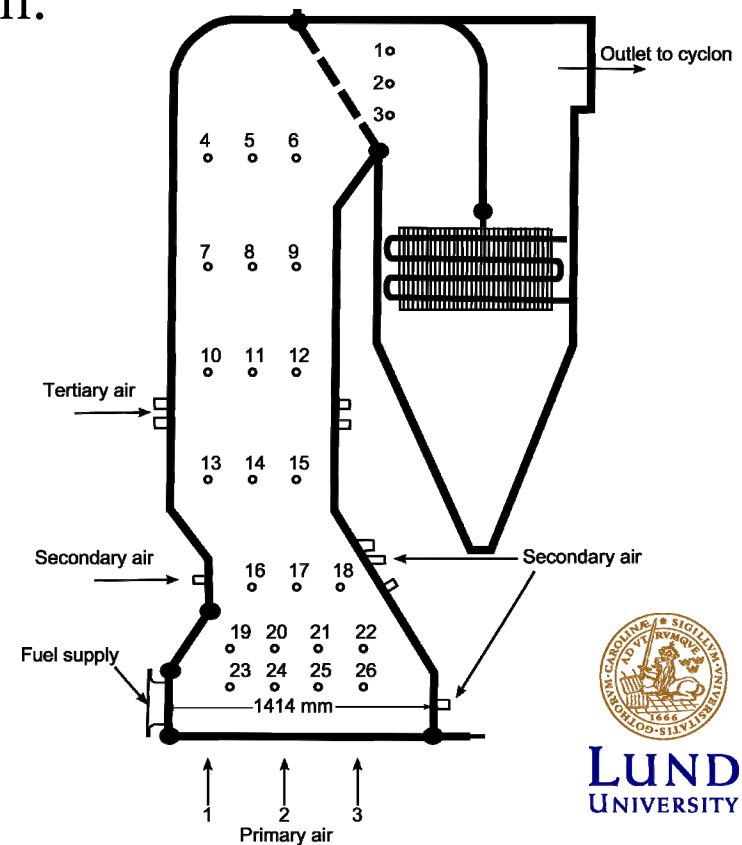
Samtliga partiklar kan lyftas upp från bädden med primärluften. Flygaska och sot kan även bildas uppe i förbränningsrummet.

Partikelförekomst påverkas av: Bränsletyp, bränslestorlek, bränslehantering (transport och på roster), primärluft



400 kW test-rosterpanna

Varmvattenpanna, vibrerande roster, 3,5 m. x 1,05 m, eldfast murverk i botten, kermisk fiberull ovan murverket, oisolerade panntuber i den övre delen av pannan.



Mätningar

- Två mätkampanjer
- Mätningarna utfördes vid en nominell och stabil last på 400 kW
- Cirka 100 kg vanlig träpellets eldades per timme

Mätning

Instrument

Termisk strålning

Gunnersmätare, vidvinkelradiometer

Rökgastemperatur

Sugpyrometer

Gaskoncentrationer

Fourier transform infraröd spektroskopi

Partikelfördelning

Lågtrycksimpaktor

Vägg- och bäddtemp.

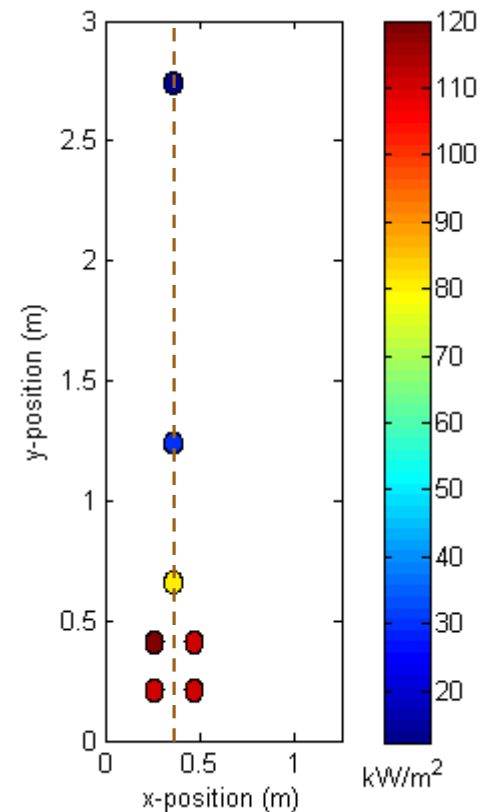
IR-termometer, termoelement



Mätningar – Värmelast

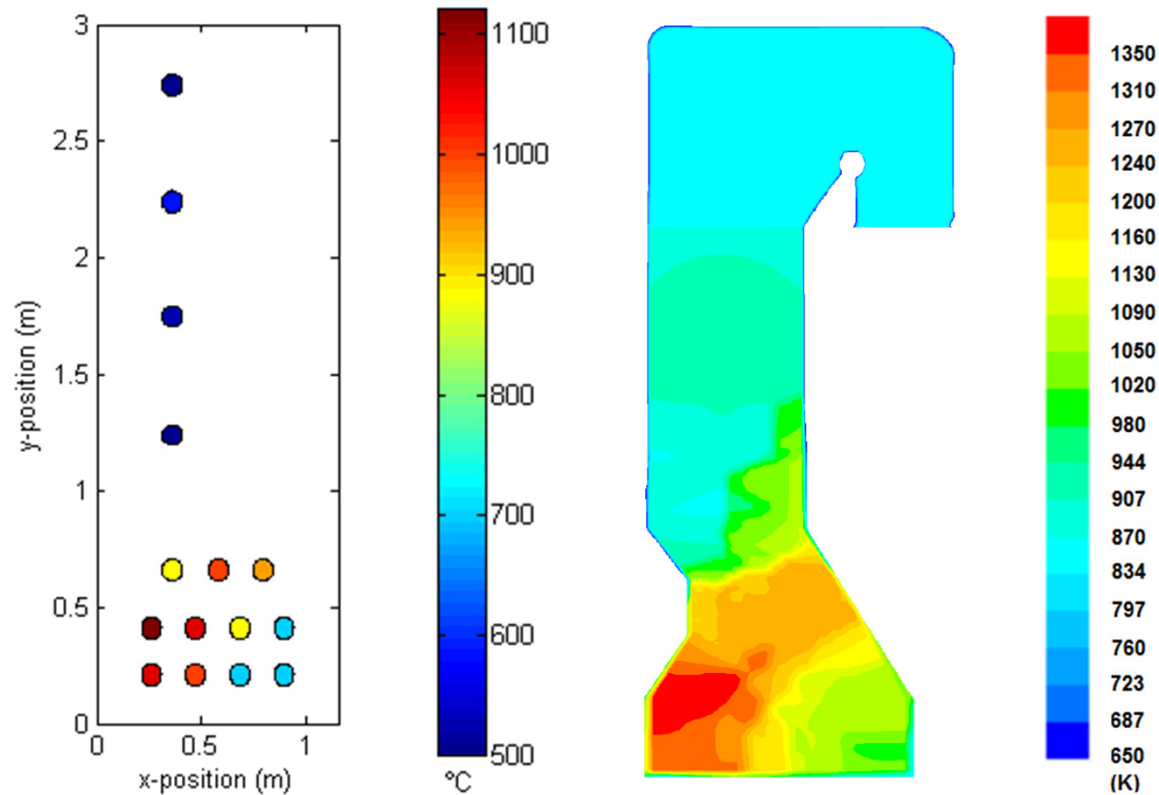
Bestrålning av pannans högra vägg, (kW/m^2).

Direkt mätning av väggens termiska bestrålning. En indirekt metod användes även för att få fram bestrålningen av väggen.



Mätningar – temperatur rökgaser

Uppmätt temperatur nära centralplanet och interpolerad temperatur för centralplanet.



Mätningar – Gaser

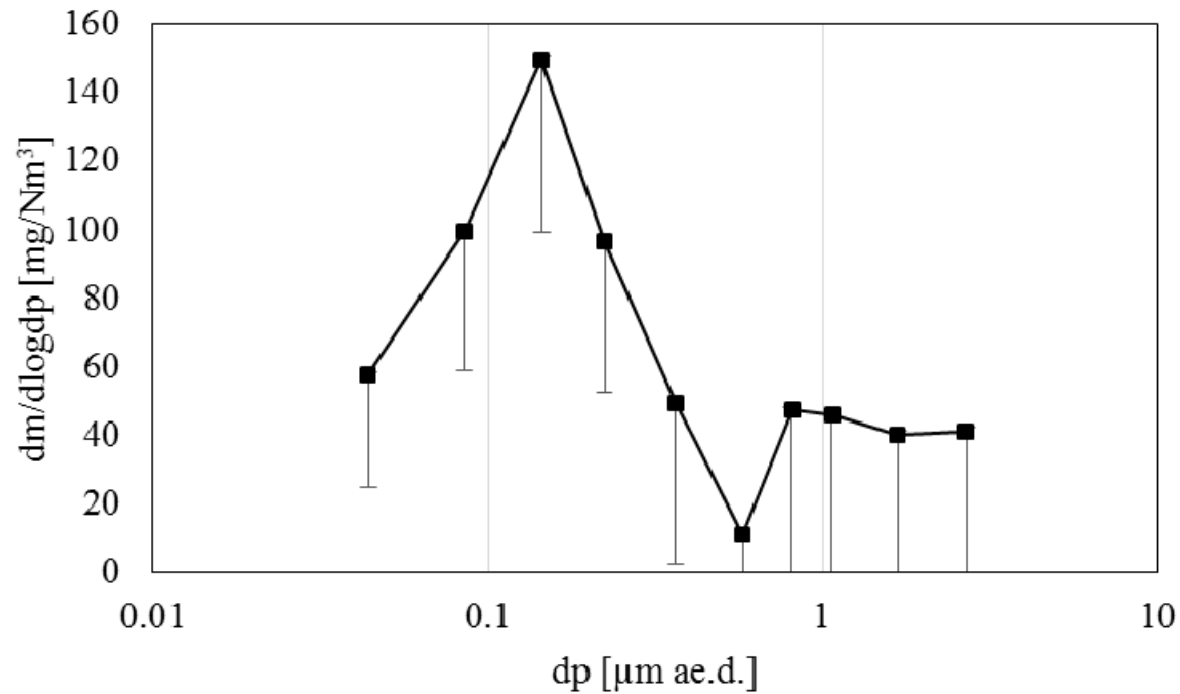
Gas koncentrationer i pannans centrala plan i flera positioner.

H ₂ O, (vol%)	CO ₂ , (vol%)	CO, (ppm)	O ₂ , (vol%)	NO (ppm)	x	y
10.40	11.20	307	7.93	90.8	0.36	2.74
10.60	10.50	308	8.51	89.6	0.36	2.24
11.60	10.10	518	8.26	87.6	0.36	1.24
10.80	9.16	998	6.96	90.2	0.36	0.66
10.80	5.55	3420	5.86	95.3	0.58	0.66
8.84	9.37	590	8.09	91.5	0.79	0.66
7.81	-	28600	2.25	211.0	0.26	0.41
7.67	-	8030	6.46	100.0	0.47	0.41
8.38	10.20	544	8.13	86.8	0.68	0.41
9.62	11.90	381	6.98	93.1	0.89	0.41
2.63	-	54700	2.19	768.0	0.26	0.21
7.70	8.17	662	9.60	74.3	0.68	0.21
4.24	-	1610	14.40	39.3	0.89	0.21



Mätningar – Partiklar

Partikel mass- storleksfördelning för torr gas vid 10 % CO₂



Modellering – Indirekt metod

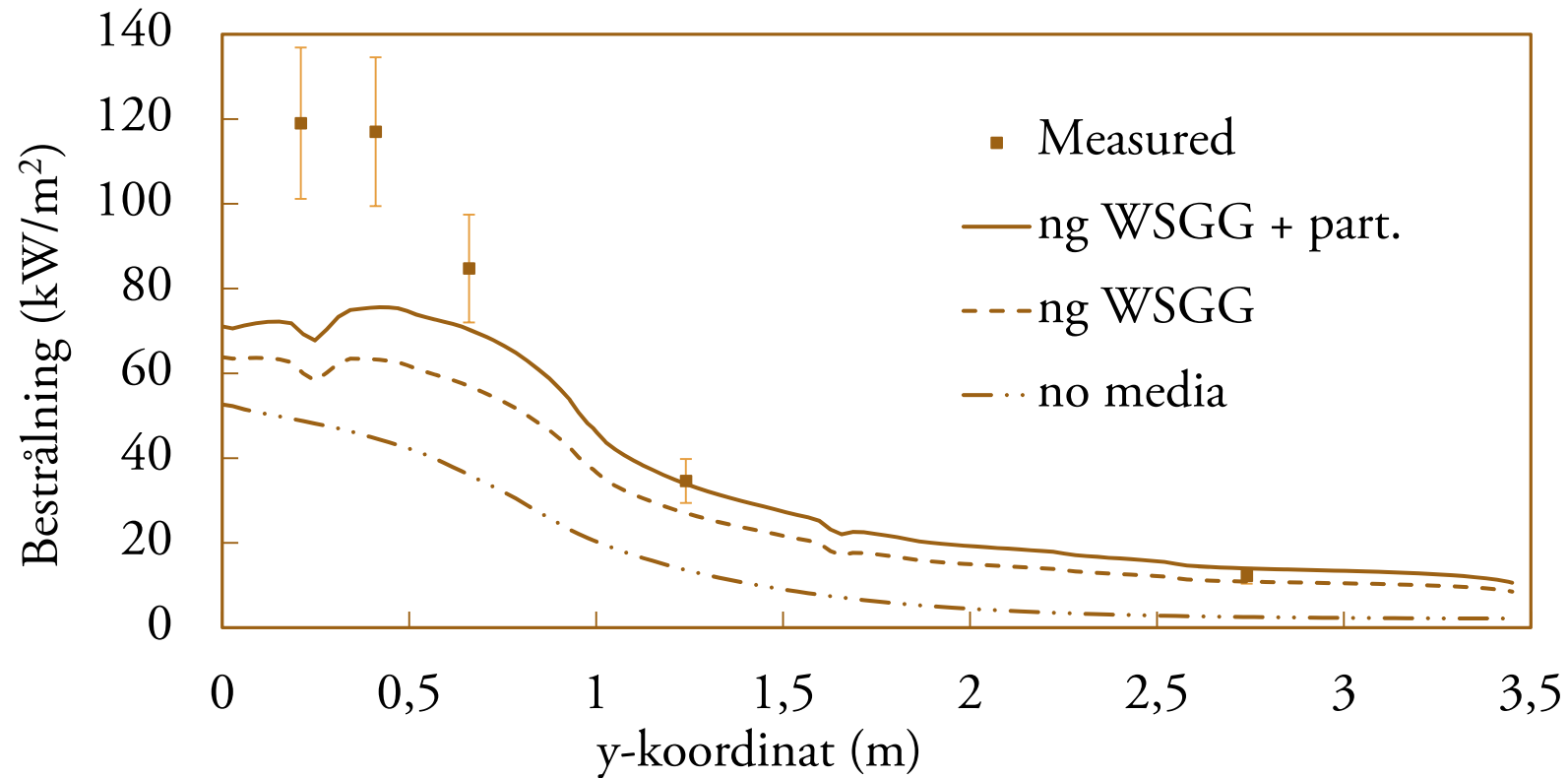
Indata i modell från mätningar:

Temperatur rökgaser, gaskoncentration, partikelmassa- och storleksfördelning, temperatur för väggar och bädd.

Temperaturdata kan implementeras direkt i en CFD miljö, eller liknande. Data för gaser och partiklar implementeras via egenskapsmodeller för termisk strålning.



Modellering – Indirekt metod



Slutsatser - testpannan

- Partiklar dominerar den total bestrålningen av väggarna i testpannans förbränningszon.
- Indirekt framtagning av bestrålning matchade inte den direkt uppmätta bestrålningen av väggen. Anledningen är:
 - Alla partiklar kunde inte uppmätas
 - Partiklar kan ha en högre temperatur än rökgaserna
- Omgivande väggar och bädd gav ett stort bidrag till bestrålningen av den undersökta väggen.



Slutsatser - rosterpannor

- Partiklar ger ett stort bidrag till värmelaster i förbränningsrummet.
- Bidraget är starkt kopplat till förekomsten av partiklar i förbränningsrummet vilket huvudsakligen är beroende av bränsletyp, bränslehantering och primärluftsandel.
- Val rätt strålningsmodell för partiklar är viktigt för korrekt prediktera värmelaster
- Våra studier av partiklar i rosterpannor är användbar för kommande studier av beläggningar på värmeöverförande ytor samt nedströms partikelrening.





LUND
UNIVERSITY