



# LOCAFI+

Temperaturberäkning av pelare utsatt för lokal brand

Grant Agreement n° 754072

## 3. Experiment och CFD-modellering

# 3. Experiment

## Testserie 1: University of Liège

### Pelare belägna i direct anslutning till branden

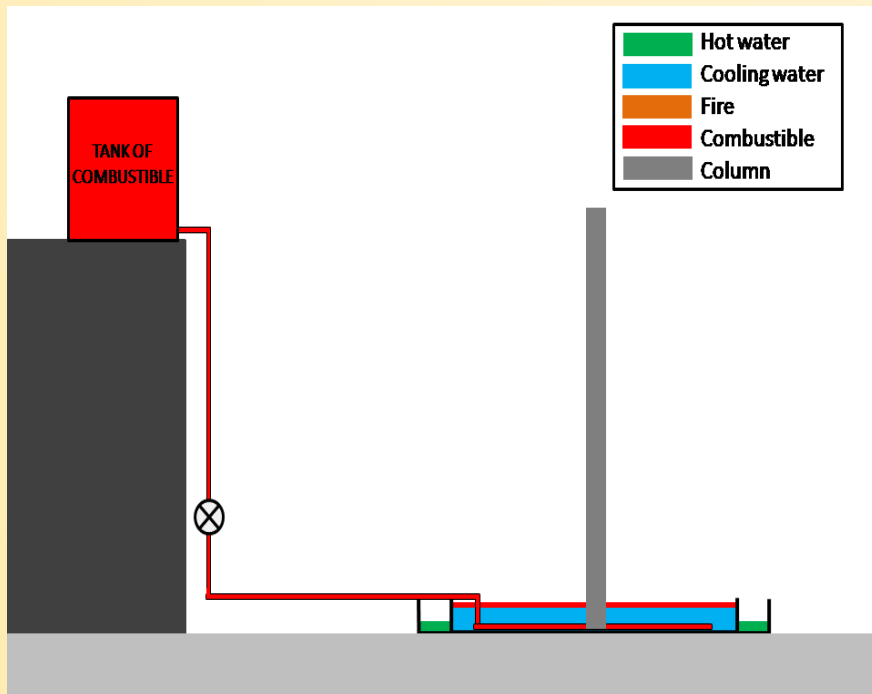


- 24 tester utfördes på University of Liège där följande varierades:
  - Brandens diameter (5 *diametrar* : 0.6m, 1.0m, 1.4m, 1.8m och 2.2m)
  - Bränsle (2 *brännbara vätskor* (diesel och N-heptane) + 1 *träribbstapel*)
  - Med eller utan pelare
- För varje diameter och varje brännbar vätska utfördes:
  - Ett test utan pelare
  - Ett test med pelare

### 3. Experiment

## Testserie 1: University of Liège

### Försökssupställning:

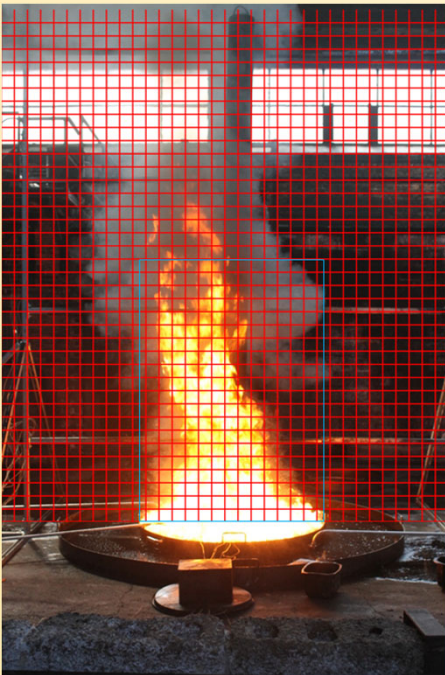


- Bränslepåförsel skedde genom att påfyllnadskaren placerades på högre höjd än själva faten;
- Effektutvecklingen kontrollerades manuellt med en kran för bränsletillförseln;
- Faten fylldes kontinuerligt med kallvatten för att kyla under bränslet.

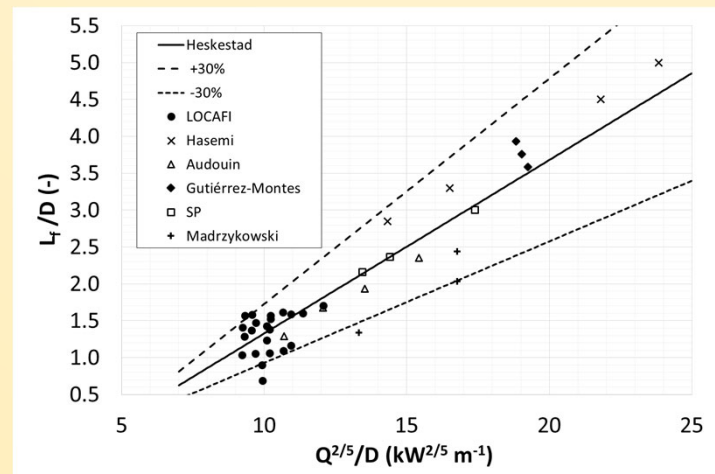
# 3. Experiment

## Testserie 1: University of Liège

### Uppmätta parametrar: flamlängd



Flamlängden  $L$  togs fram med digital bildanalys. Den definierades som den längd som flaman befann sig över 50 % av tiden.



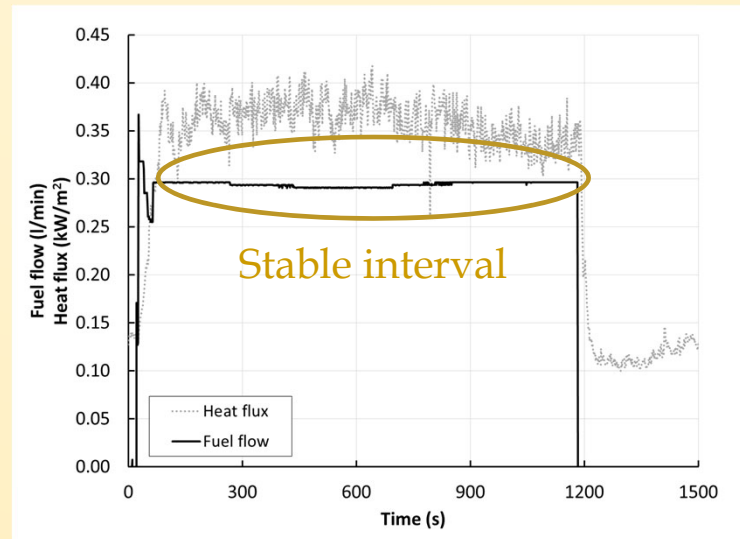
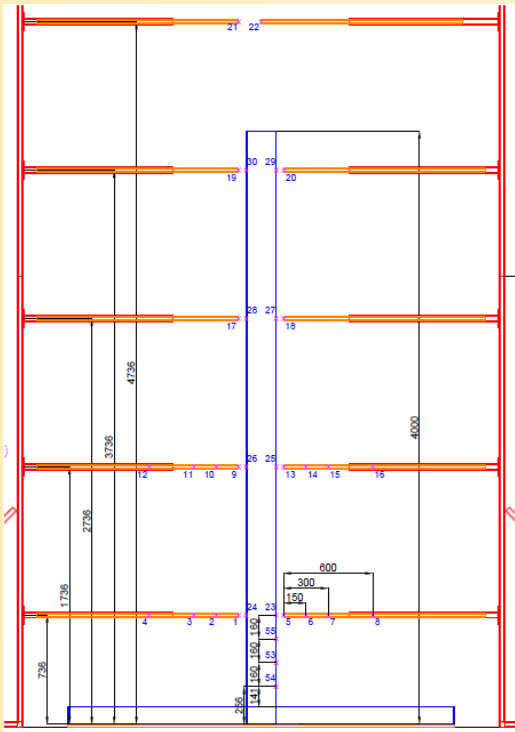
Skillnaden mellan den experimentellt uppmätta flamlängden och Heskestads är +30% and -30% vilket är i linje med andra experimentellt uppmätta värden.

N. Tondini, J.M. Franssen, "Analysis of experimental hydrocarbon localised fires with and without engulfed steel members", Fire Safety Journal 92 (2017), 9-22

### 3. Experiment

# Testserie 1: University of Liège

## Uppmätta parametrar: Temperatur

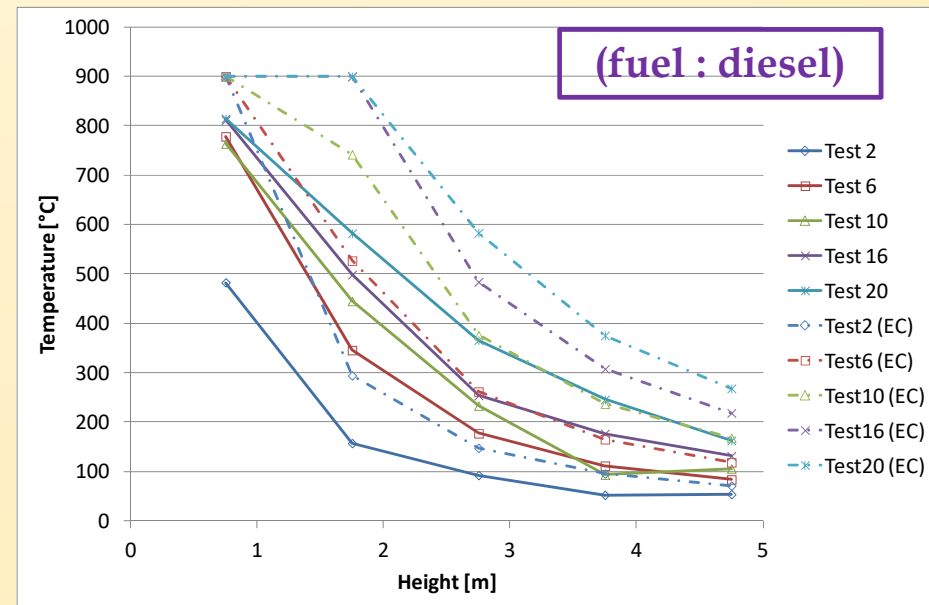
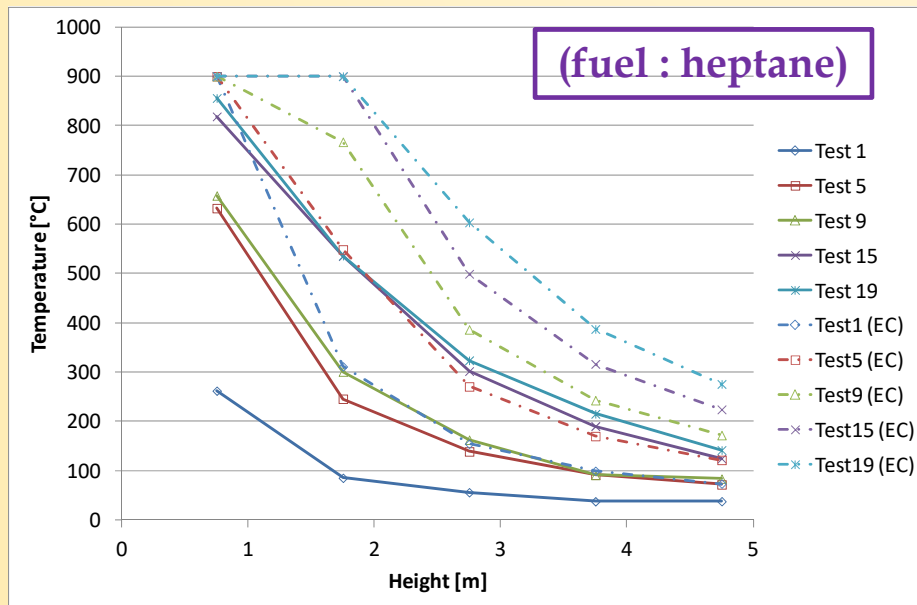


- Mätningar utfördes då bränsleflödet var konstant
- Termoelement sattes upp enligt figure t.v.

### 3. Experiment

## Testserie 1: University of Liège

### Uppmätta parametrar: temperatur

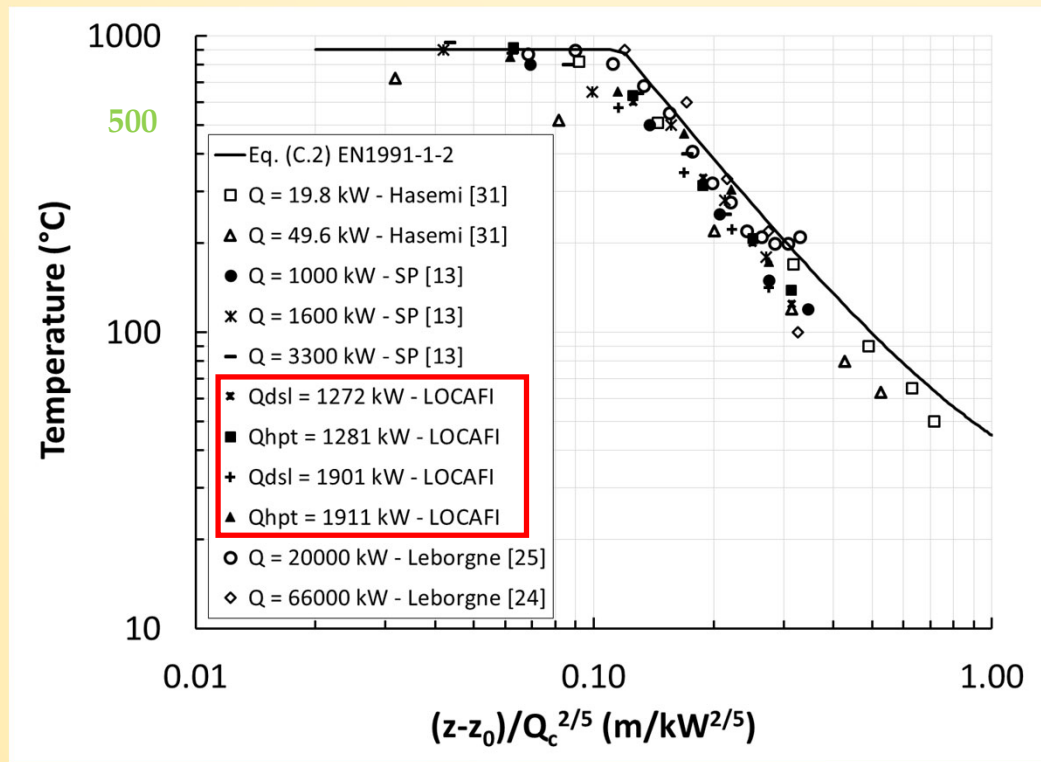


Heskestad korrelation (EN 1991-1-2) överpredikterar temperaturen både i flaman ( $\theta_g \geq 500^\circ\text{C}$ ) och i rökgasplymen ( $\theta_g < 500^\circ\text{C}$ )

### 3. Experiment

## Testserie 1: University of Liège

### Uppmätta parametrar: temperatur



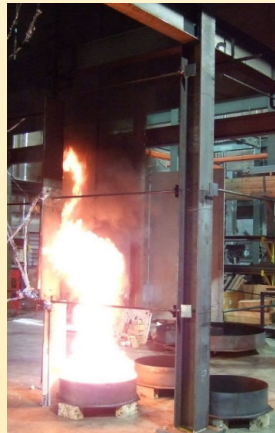
Korrelationen i EN 1991-1-2 predikterar temperatur i flamma ( $\theta_g \geq 500^\circ\text{C}$ ) och brandgasplym ( $\theta_g < 500^\circ\text{C}$ ) bra.



# 3. Experiment

## Testserie 2: University of Ulster

### Pelare på avstånd från branden



- 58 tester utfördes på University of Ulster varpå följande varierades:
  - Tak (37 tester utan / 21 tester med)
  - Antalet lokala bränder (*från 1 till 4*) och diameter av dessa pölbränder (2 *diametrar* : 0.7m och 1.6m)
  - Bränsle (2 *brännbara vätskor* (*diesel och kerosene*) + 1 *träribbstapel*)
- Det 9mx9m bärverket består av tre pelarprofiler (*I-profil, H-profil och O-profil*)
- Effektutvecklingen mättes med kalorimetri
- Flamlängden estimerades med kamera



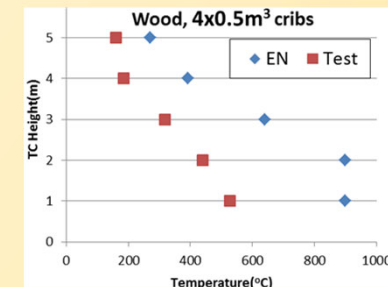
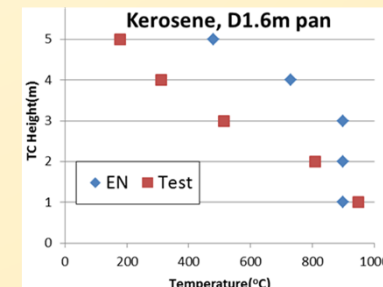
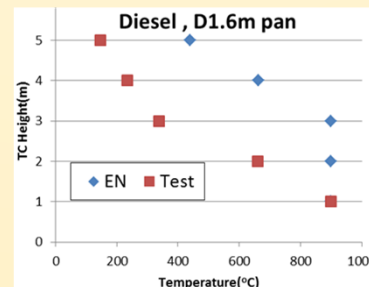
# 3. Experiment

## Testserie 2: University of Ulster

### Uppmätta parametrar: flammans temperatur

HEIGHT	TESTS O8, I9 (KEROSENE, D1.6M)		TEST O10 (DIESEL, D1.6M)		TESTS O1,O2 (KEROSENE, D0.7M)		TESTS O3,O4 (DIESEL, D0.7M)		TEST O14 (WOOD CRIBS)	
	EN	TEST	EN	TEST	EN	TEST	EN	TEST	EN	TEST
1M	900	949	900	899	900	686	900	652	900	527
2M	900	810	900	660	845	223	697	208	900	440
3M	900	515	900	339	381	90	325	89	640	317
4M	730	312	663	235	228	-	198	-	391	185
5M	479	179	440	146	157	-	139	-	271	159

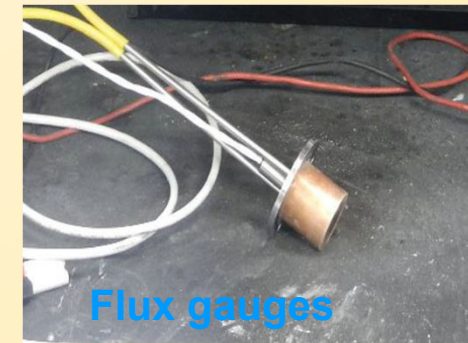
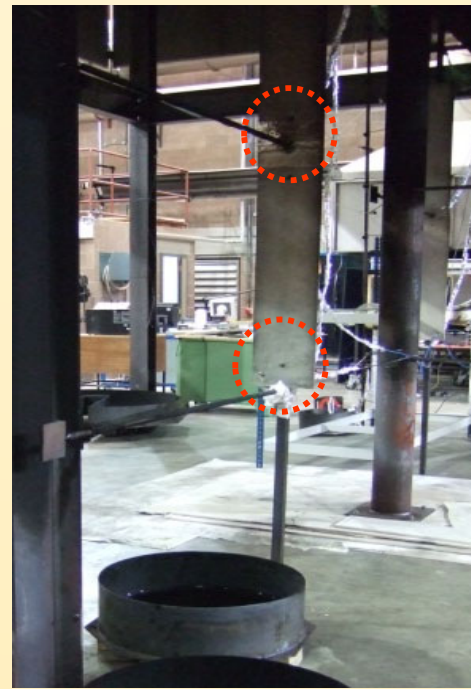
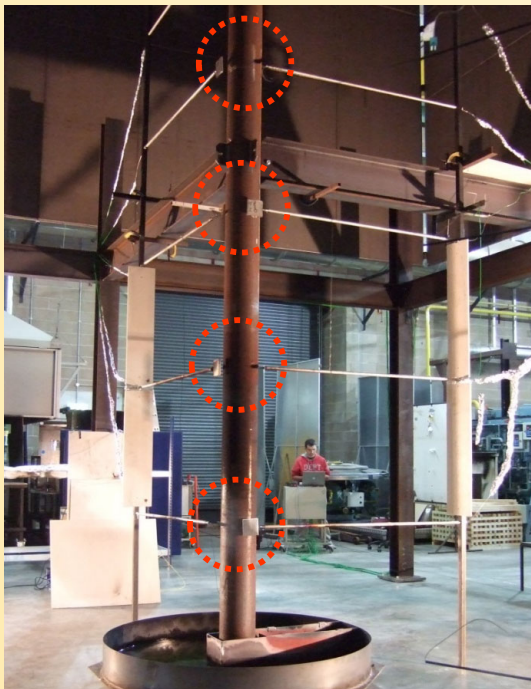
Heskestads korrelation (EN 1991-1-2) överskattar temperaturen i flaman ( $\theta_g \geq 500^\circ\text{C}$ ) och rökgasplymen ( $\theta_g < 500^\circ\text{C}$ ).



### 3. Experiment

## Testserie 2: University of Ulster

Uppmätta parametrar: temperatur utanför flammen

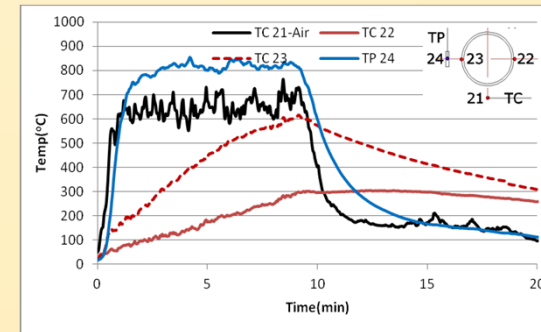
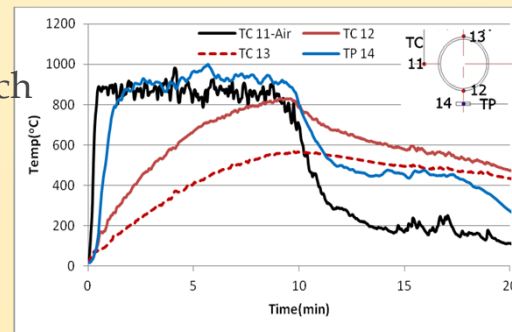
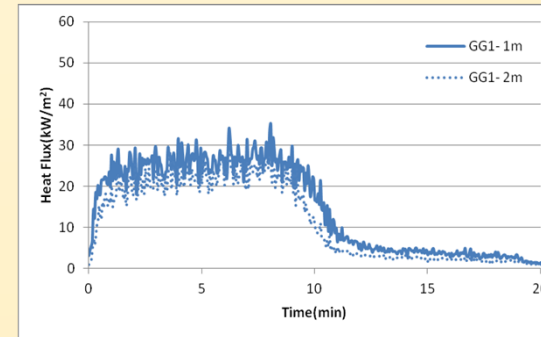
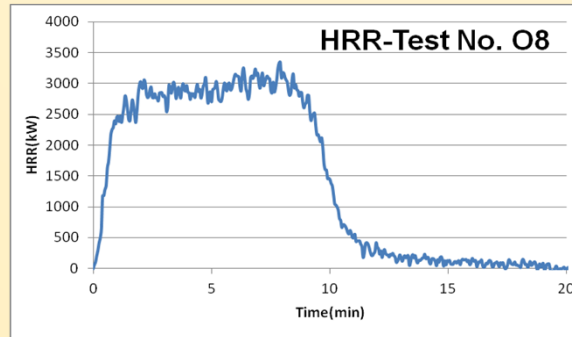


# 3. Experiment

## Testserie 2: University of Ulster

### Uppmätta mätvärden: O8

- Antal fat : 1
- Diameter : 1.6 m
- Bränsle : Kerosene
- Mängd : 60 L
- Avstånd till pelare : 0 m
- Avstånd mellan pelare och värmeflödesmätare: 1.5m
- Inget tak



## 3. Experiment

### CFD-modellering

#### Syfte

- Antalet tester är begränsade, likaså mätningarna.
  - P.g.a. labbens storlek kunde inte de största lokala bränderna angivna i bilaga C of EN 1991-1-2 utföras ( $D = 10$  m och  $Q = 50$  MW)
- CFD är ett kostnadseffektivt verktyg efter att validering mot experiment har gjorts.

FDS-validering utfördes för fem av testerna

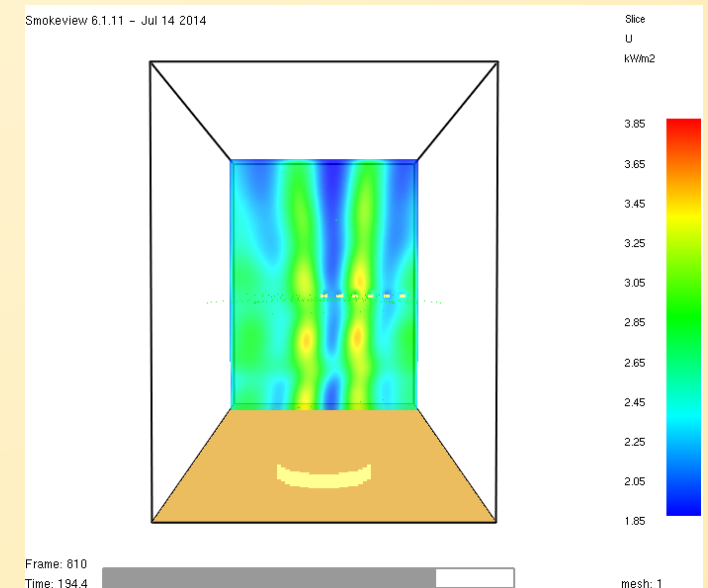
# 3. Experiment

## FDS

### Parameterar som kalibrerats

De parametrar som varierats till dess att modellen uppnått önskat resultat är:

- Turbulence model (Smagorinski,  $C_s = 0.1$ )
- Fuel properties, including soot yield, taken from literature (overventilated conditions)
- Number of Radiation Angles (200)
- Radiative loss fraction (range of 0.2-0.5, mainly depending on fuel type and fire diameter)
- Wind effects (based on measurements)
- Mesh grid dimensions (based on characteristic length and measure of turbulence resolution)



Example of flux variations due to an insufficient number of Radiation Angles



### 3. Experiment

## FDS

Test ULG 06 (D = 1m, Heptan, ingenpelare)

Average fuel flow $q_{\text{fuel}}$	0.98 l/min
Fuel density $\rho$	675 kg/m <sup>3</sup>
Soot yield $y_{\text{soot}}$	0.037
Ideal heat of combustion $\Delta H_{\text{c,ideal}}$	44600 kJ/kg
Heat of combustion $\Delta H_{\text{c}}$	41200 kJ/kg
RHR computed with $\Delta H_{\text{c,ideal}}$	491.7 kW (626.1 kW/m <sup>2</sup> )

- Dimension of the CFD domain : 5.75m x 3m x 4m
- Grid size : 5cm x 5 cm x 5 cm
- Wind speed : 0.22 m/s
- Radiative loss fraction : 0.45 (SFPE)

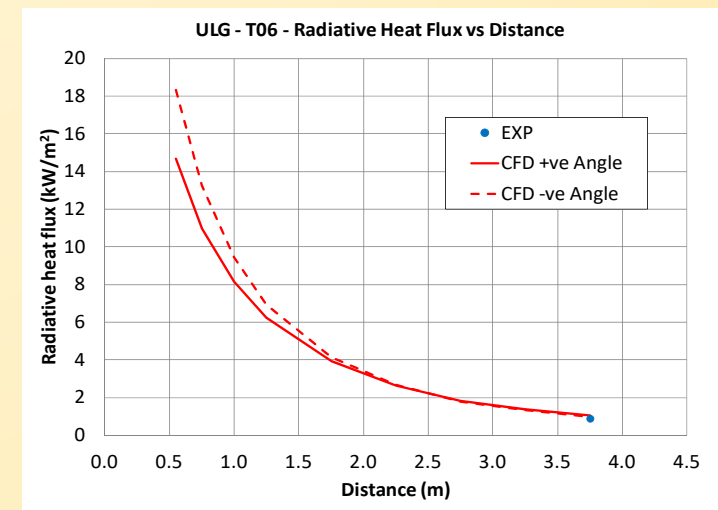
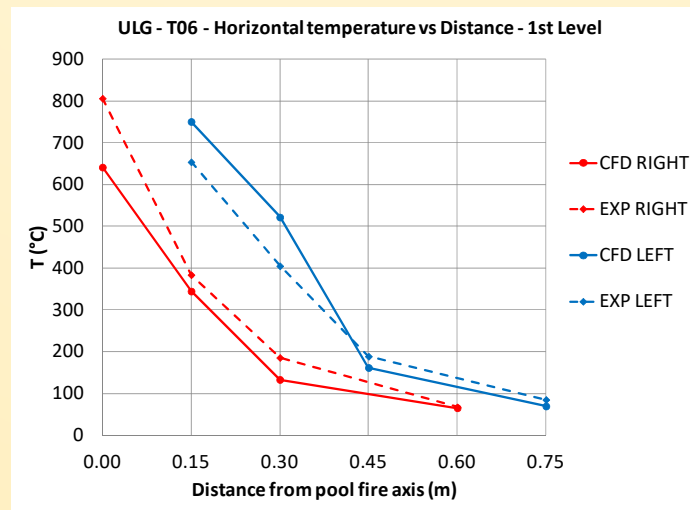
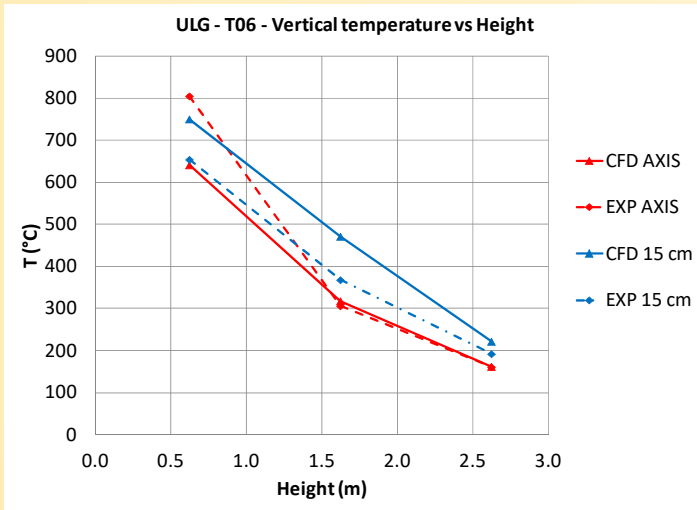




### 3. Experiment

FDS

Test ULG 06 (D = 1m, Heptan, ingen pelare)



### 3. Experiment

## FDS

Test Ulster O29 (D = 0.7m, Diesel, med takhöjd 3.5m)

Fuel density $\rho$	823 kg/m <sup>3</sup>
Soot yield $y_{\text{soot}}$	0.10
Ideal heat of combustion $\Delta H_{c,\text{ideal}}$	44000 kJ/kg
Heat of combustion $\Delta H_c$	41200 kJ/kg
RHR computed with $\Delta H_{c,\text{ideal}}$	491.5 kW (1277.1 kW/m <sup>2</sup> )

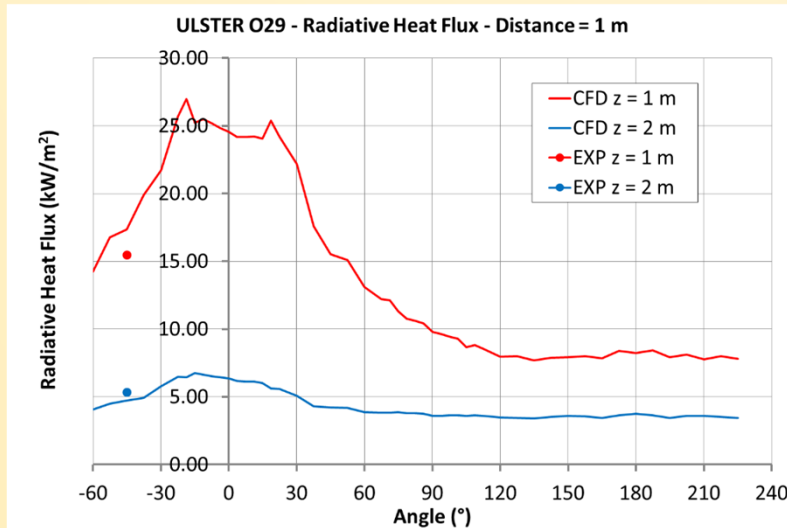
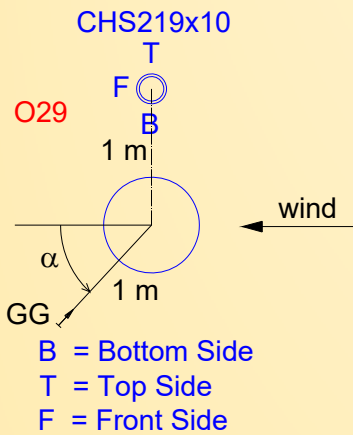
- Dimension of the CFD domain : 7m x 7m x 3.5m
- Grid size : 5cm x 5 cm x 5 cm
- Wind speed : 0.76 m/s
- Radiative loss fraction : 0.45 (SFPE)



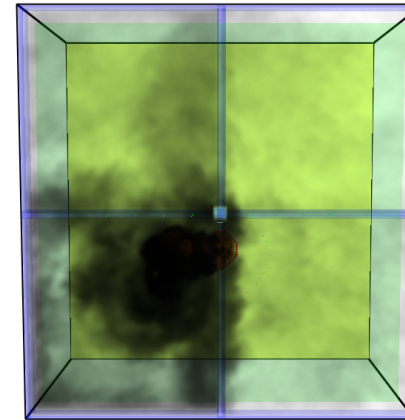
# 3. Experiment

FDS

Test Ulster O29 (D = 0.7m, Diesel, med takhöjd 3.5m)

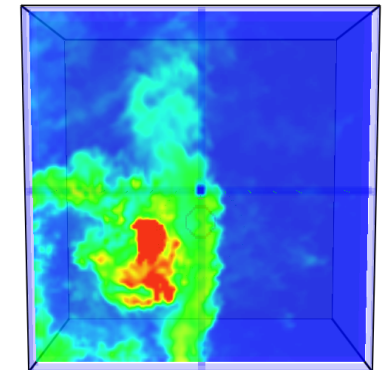


Smokeyview 6.1.11 - Jul 16 2014



Frame: 560  
Time: 134.4

Smokeyview 6.1.11 - Jul 16 2014



Side  
temp  
°C

120  
110  
100  
90.0  
80.0  
70.0  
60.0  
50.0  
40.0  
30.0  
20.0

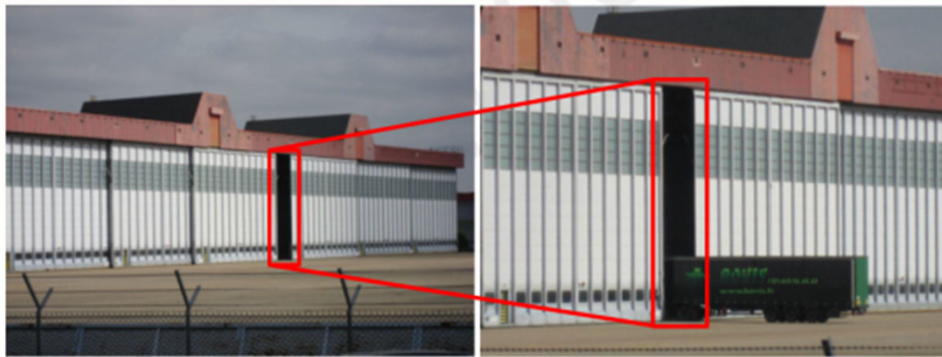
z (m)	CFD RHFG GG (kW/m <sup>2</sup> )	EXP GG (kW/m <sup>2</sup> )	Error (%)
1	17.35	15.45	12.3
2	4.71	5.32	-11.5

### 3. Experiment

## Extra tester utförda i Frankrike (tillhör ej LOCAFI+)

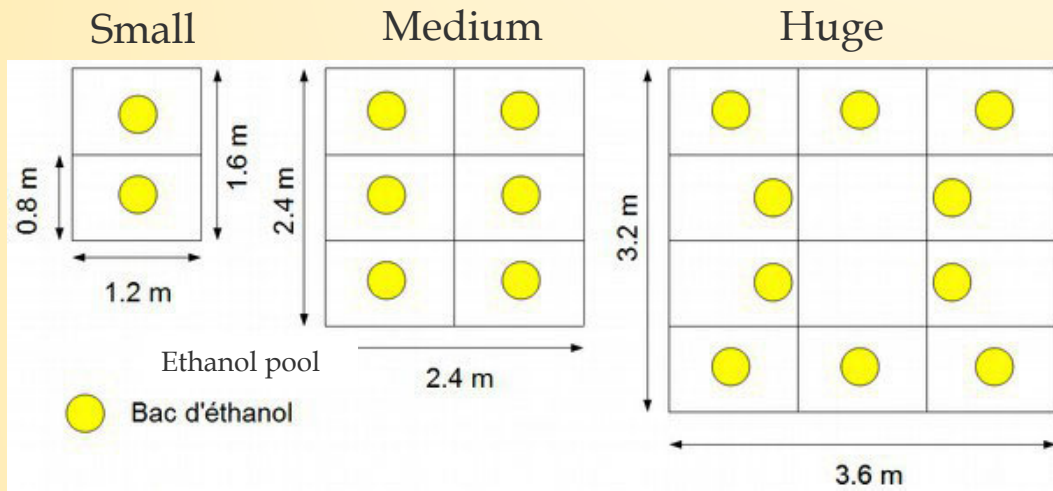
Tester utförda av LCPP in lokalen nedan:

- Main hall : 300 m x 50 x 17 m
- 2 kinds of combustibles : wood pallet / kerosen
- Fire tests repeated
- Highly instrumented : thermocouples, gauge heat flux, videos (IR and normal)





### 3. Experiment



Small test : ~ 20 palets  
Medium test : ~ 60 palets  
Huge test : ~ 110 palets



### 3. Experiment



HRR ~ 30 MW

