



LOCAFI+

Temperatuur beoordeling van een verticaal lid onderworpen aan
LOCALised Fire
Informatie-verspreiding

Subsidieovereenkomst nr. 754072

3. Experimentele testen en CFD-kalibratie

3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Testen uitgevoerd aan de Universiteit van Luik

Typen van warmtestromen ontvangen door door vuur omringde elementen

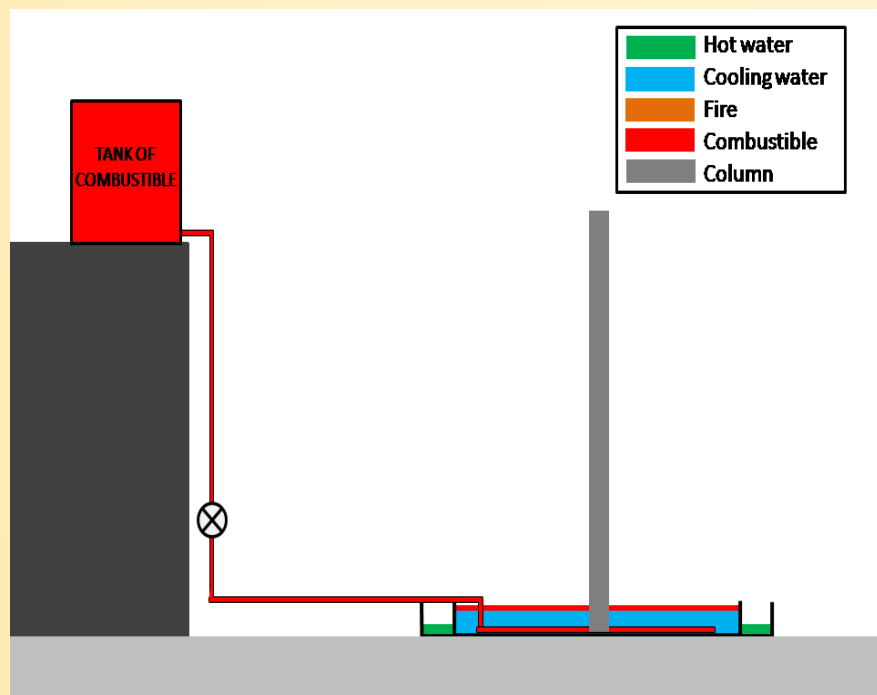


- De Universiteit van Luik heeft 24 testen uitgevoerd, variërend in :
 - De diameter van het vuur (*5 diameters : 0,6m, 1,0m, 1,4m, 1,8m en 2,2m*)
 - Het type brandbare stof (*2 verschillende brandbare vloeistoffen (diesel en N-heptaan) + 1 cellulose brandbelasting*)
 - Een door vuur omringde kolom
- Per diameter en in combinatie met elke brandbare vloeistoffen:
 - Eén test zonder door vuur omringde kolom
 - Eén test met een kolom in het midden van de vuurhaard

3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Testen uitgevoerd aan de Universiteit van Luik

Algemene testopstelling

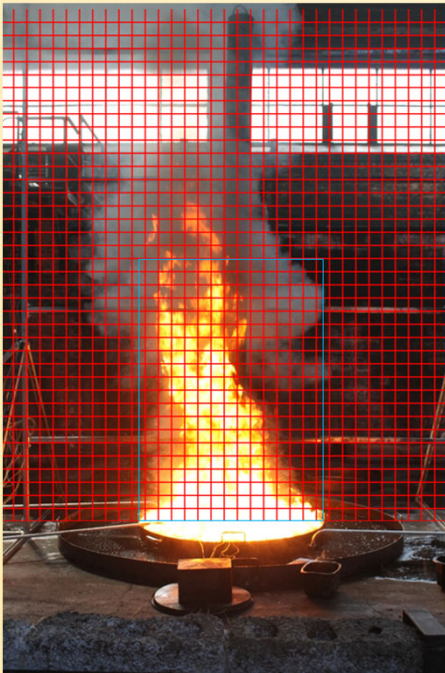


- Twee tanks gevuld met heptaan en diesel werden in de hoogte geplaatst om de brandstof natuurlijk te kunnen laten stromen;
- De snelheid van de warmtevrijgave (RHR) van het vuur werd geregeld door de stroom van de brandvloeistof aan te passen dmv een handbediende klep;
- Het bassin waarin het vuur brandde werd continu gevoed met koud water zodat de laag onder de brandende brandstof kon afkoelen ten einde een stabiele en regelmatige brand na te bootsen en dit zonder dat het koelwater zou gaan koken

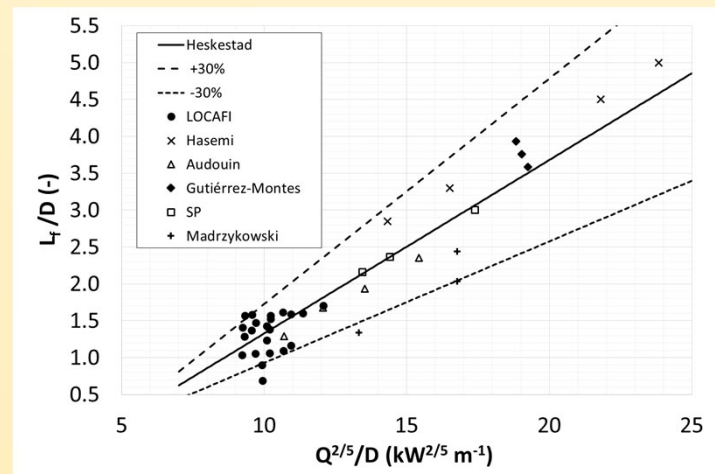
3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Testen uitgevoerd aan de Universiteit van Luik

Experimentele metingen: vlamlengte



De gemiddelde vlamlengte L is de afstand boven de vuurbron waarbij de intermittentie is afgenomen tot 0,5, waarbij intermittentie $I(z)$ wordt gedefinieerd als de fractie van de tijd dat de vlam zich boven de vuurbron bevindt.



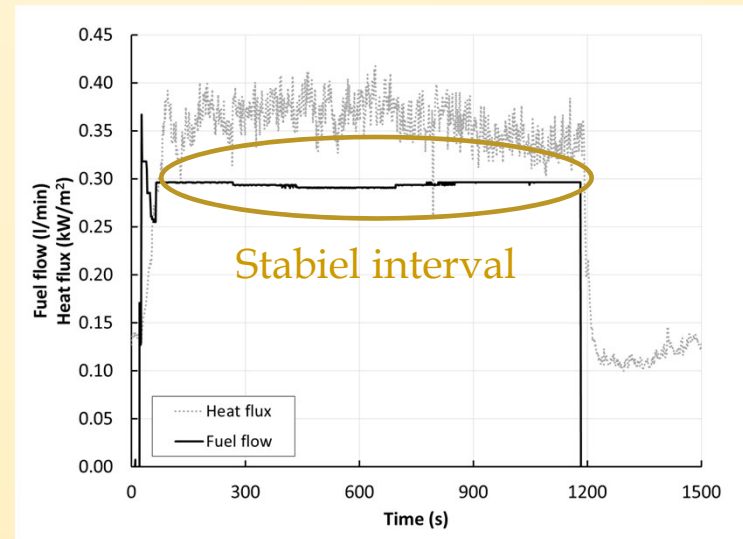
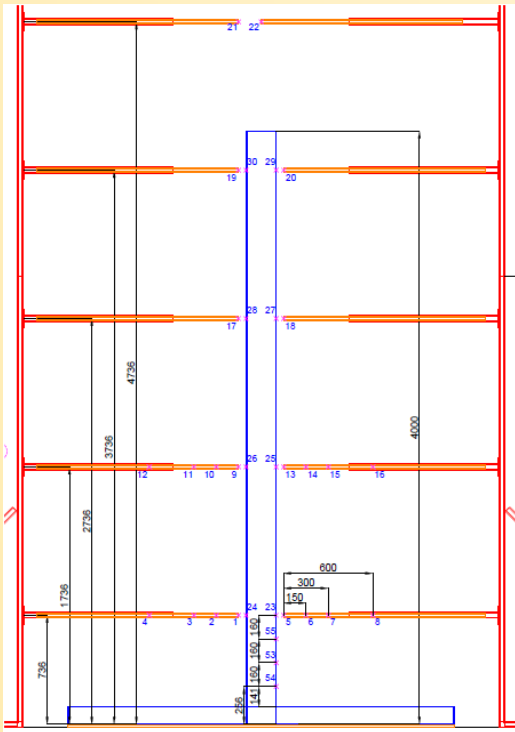
Het verschil in vlamlengte tijdens experimenten en de door Heskestad voorspelde vlamlengte ligt tussen + 30% en - 30%, maar dat ligt in de lijn met andere bassinbrand-onderzoeken. De afwijking is voornamelijk te wijten aan onzekerheid over verbrandingsefficiëntie en brandstofdichtheid.

N. Tondini, J.M. Franssen, "Analyse van experimentele koolwaterstof gelokaliseerde branden met en zonder ondergedompelde stalen delen", Fire Safety Journal 92 (2017), 9-22

3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Testen uitgevoerd aan de Universiteit van Luik

Experimentele metingen : temperatuur en fluxen

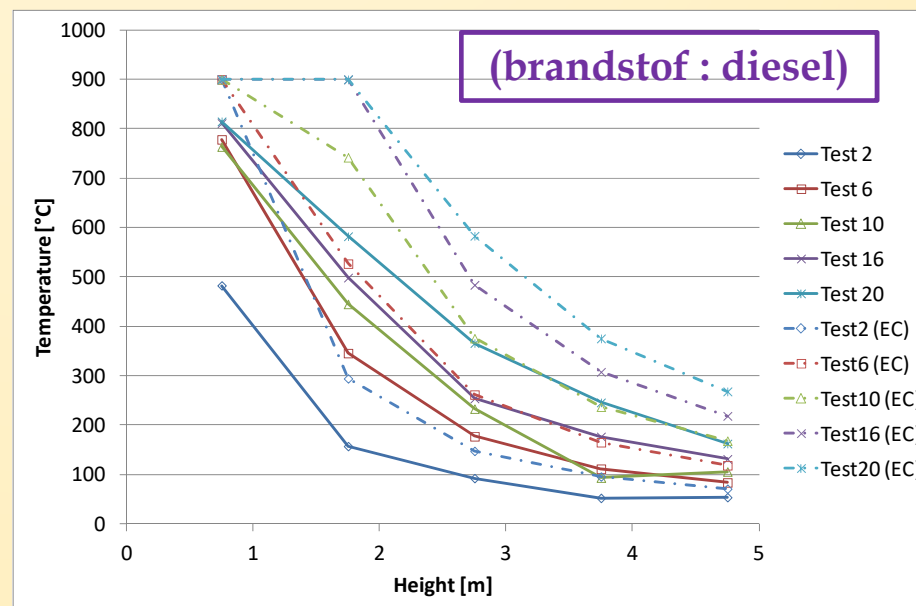
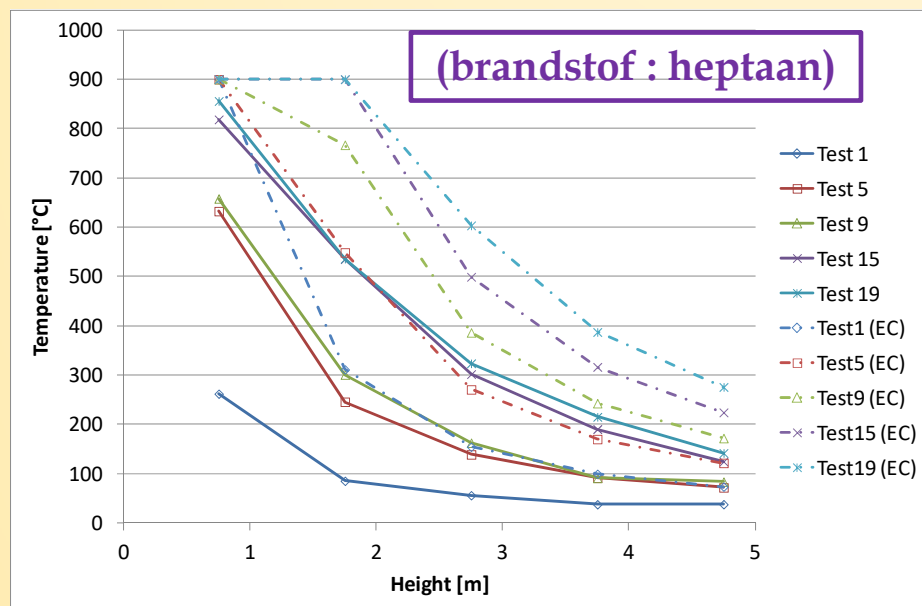


- De testen worden uitgevoerd tot een stabiele toestand wordt bereikt (de metingen van de gastemperatuur en de stralingswarmtestroom zijn gestabiliseerd);
- In een opstelling met stalen kolommen, geeft thermokoppels ook de evolutie van de temperatuur van het staal weer.

3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Testen uitgevoerd aan de Universiteit van Luik

Experimentele metingen : temperatuur en fluxen

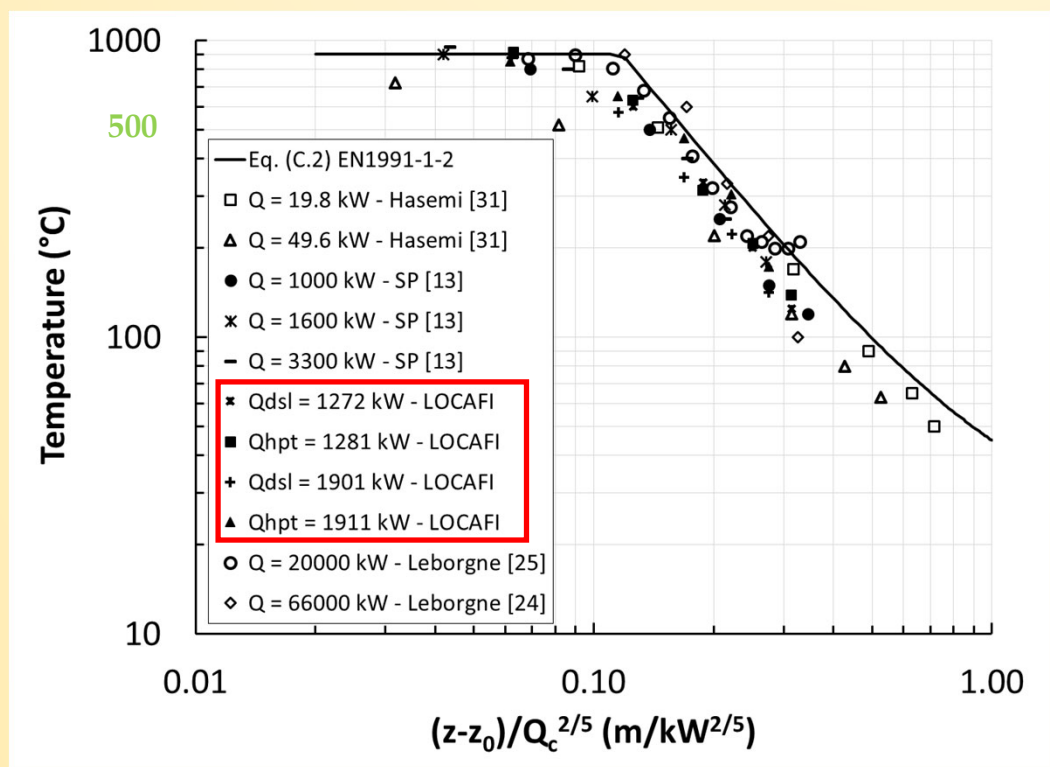


De Heskestad-correlatie (EN 1991-1-2) overschat de temperaturen zowel in de vlam ($\theta_g \geq 500^\circ\text{C}$) als in de rookpluim ($\theta_g < 500^\circ\text{C}$).

3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Testen uitgevoerd aan de Universiteit van Luik

Experimentele metingen : temperatuur en fluxen



De EN 1991-1-2 correlatie geeft een goede weergave van de temperaturen, zowel in de vlam ($\theta_g \geq 500^\circ\text{C}$) als in de rookpluim ($\theta_g < 500^\circ\text{C}$).

3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Testen uitgevoerd aan de Universiteit van Ulster

Karakteriseren van warmtefluxen ontstaan door elementen buiten de brandhaard



- Er zijn 58 testen uitgevoerd door de Universiteit van Ulster met volgende variabelen:
 - De aan- of afwezigheid van een plafond (37 testen zonder/21 testen met)
 - Het aantal zwembadbranden (*van 1 tot 4*) en de diameter van deze zwembaden (*2 diameters : 0,7m en 1,6m*)
 - De brandbare stof (*2 verschillende brandbare vloeistoffen (diesel en kerosine) + 1 cellulosebrandbelasting*)
- De structuur van 9mx9m bestaat uit drie soorten kolommen (*I-sectie, H-sectie en O-sectie*)
- De **HRR** varieerde met de tijd (niet geregeld) en werd gemeten door een calorimeter kap
- Vlamlengte werd bepaald met een camera zich baserend op de waarschijnlijke aanwezigheid van een vlam

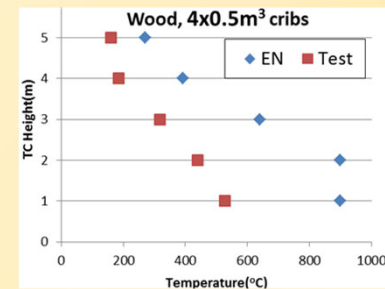
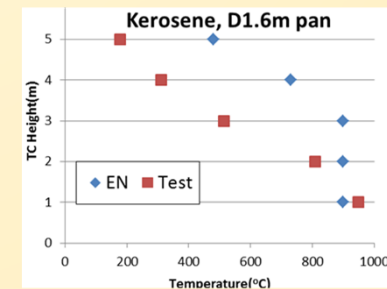
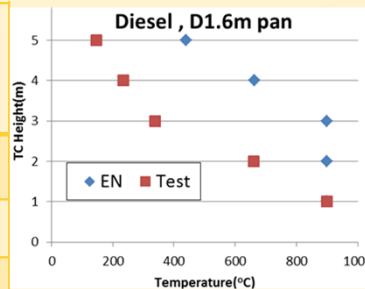
3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Testen uitgevoerd aan de Universiteit van Ulster

Experimentele metingen: vlam temperatuur

HOOGTE	TESTEN O8, I9 (Kerosine, D1,6M)		TEST O10 (DIESEL, D1,6M)		TESTEN O1,O2 (Kerosine, D0,7M)		TESTEN O3,O4 (DIESEL, D0,7M)		TEST O14 (HOUTEN KRATTEN)	
	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

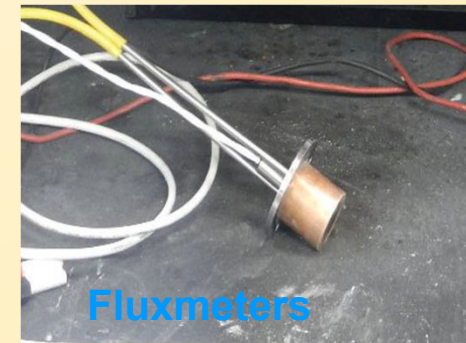
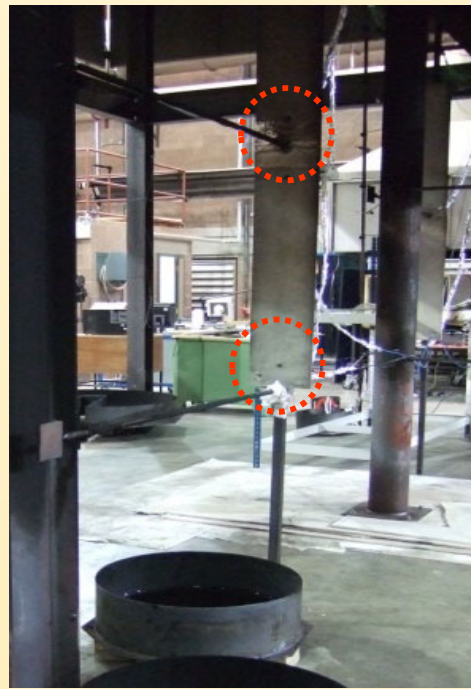
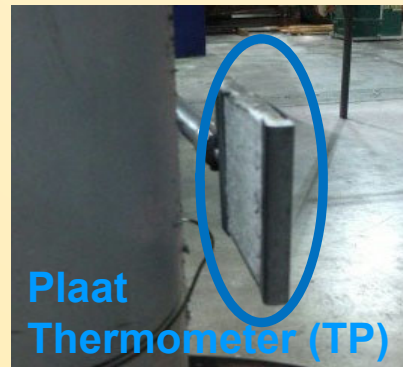
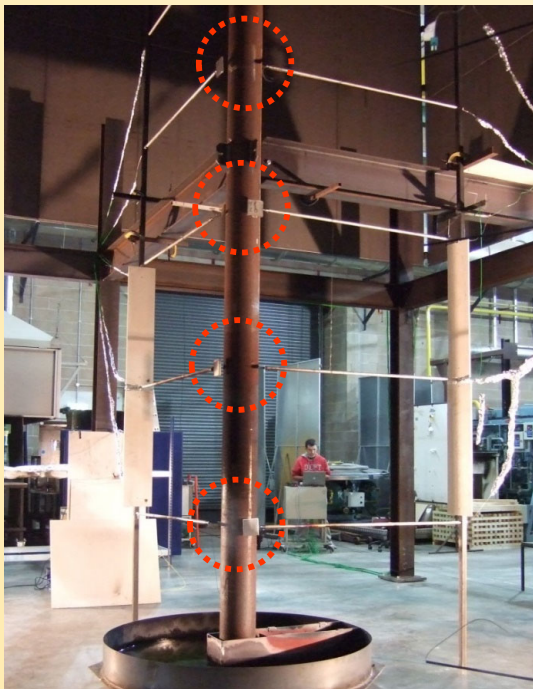
Deze testen bevestigen dat de Heskestad-correlatie (EN 1991-1-2) de temperaturen van de vlam ($\theta_g \geq 500^\circ\text{C}$) en de rookpluim ($\theta_g < 500^\circ\text{C}$) overschat.



3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Testen uitgevoerd aan de Universiteit van Ulster

Experimentele metingen : temperatuur en fluxen buiten het vuur

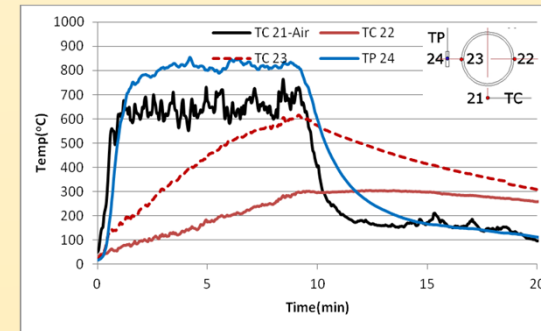
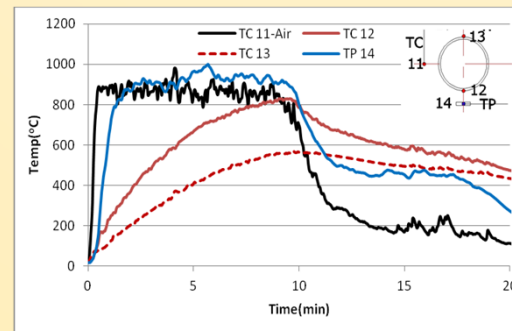
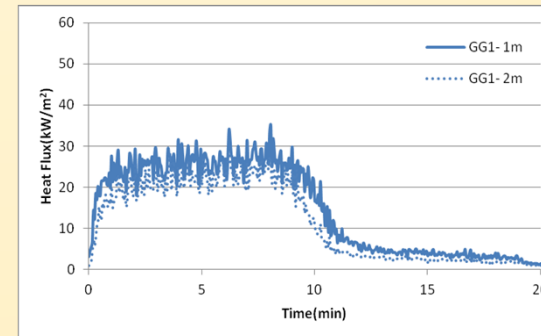
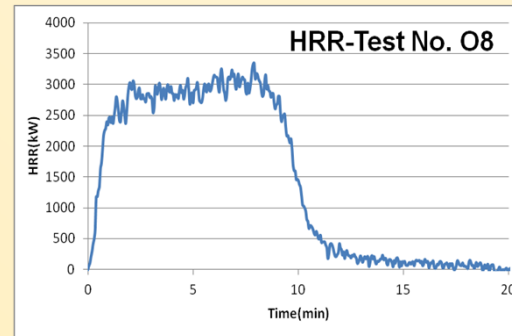


3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Testen uitgevoerd aan de Universiteit van Ulster

Experimentele metingen: resultaten van de O8-test.

- Aantal pan(nen) : 1
- Diameter van de pan: 1,6 m
- Brandstof : Kerosine
- Brandstofhoeveelheid : 60 L
- Bassin-kolom-afstand : 0 m
- Meters-kolom-afstand : 1,5m
- Geen plafond



3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Calibratie van een CFD-model met behulp van FDS-software

Doelstellingen

- Het aantal testen is beperkt en de metingen die tijdens deze testen worden uitgevoerd, zijn ook beperkt.
 - Vanwege de afmetingen van het gebouw/de locatie waar de experimentele testen zijn uitgevoerd, was het niet mogelijk om alle plaatselijke branden te bestrijken (bijlage C van EN 1991-1-2 is van toepassing tot $D = 10$ m en $Q = 50$ MW)
- > CFD-modellering is na validatie van het model (of de modellen) een kosteneffectief en krachtig instrument waarmee een zeer groot aantal resultaten kunnen worden verkregen voor verdere validatie van analytische berekeningsmethoden**
- FDS-software is een gratis software, ontwikkeld door NIST, en het gebruik er van is wijdverspreid bij brandingenieurs.

De kalibratie van FDS-modellen gebeurde door het reproduceren van een selectie van 5 testen die werden gekozen aan de hand van volgende criteria :

- Testen uitgevoerd onder constante en gecontroleerde omstandigheden (Luik) en vrije omstandigheden (Ulster)
- Tests met lange stabiele en constante resultaten
- Verschillende brandstoffen, kleine en grote bassindiameters, met en zonder plafond,...

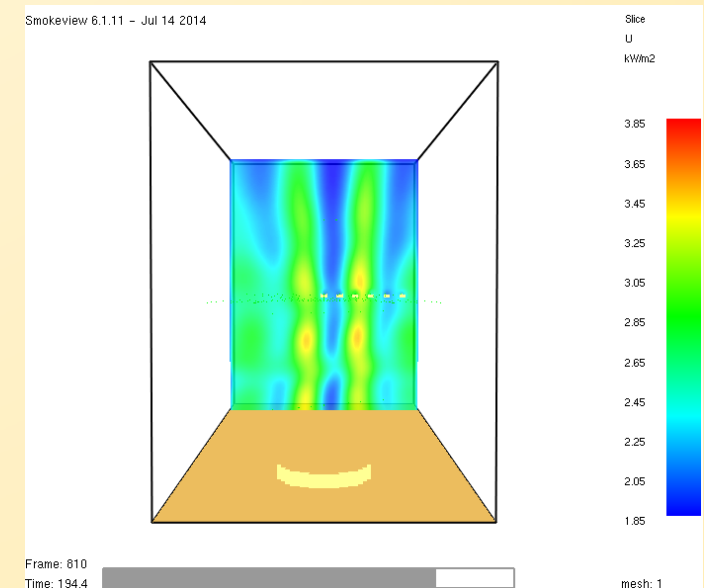
3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Calibratie van een CFD-model met behulp van FDS-software

Parameters voor calibratie

De meest beïnvloedende parameters die tijdens het kalibreren werden aangepast zijn :

- Turbulentiemodel (Smagorinski, $C_s = 0,1$)
- Aan de literatuur ontleende brandstofeigenschappen, met inbegrip van het roetgehalte (overgeventileerde omstandigheden)
- Aantal stralingshoeken (200)
- Stralingsverliesfractie (bereik van 0,2-0,5, voornamelijk afhankelijk van brandstoftype en branddiameter)
- Wind effecten (op basis van metingen)
- Maasroosterafmetingen (gebaseerd op karakteristieke lengte en turbulentieresolutiemeting)



Voorbeeld van fluxvariëaties door onvoldoend aantal stralingshoeken

3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Calibratie van een CFD-model met behulp van FDS-software

Test ULG 06 (D = 1m, heptaan, geen kolom)

Gem. brandstofstroom $q_{\text{brandstof}}$	0,98 l/min
Brandstofdichtheid ρ	675 kg/m ³
Roetopbrengst y_{soot}	0.037
Ideale verbrandingswarmte $\Delta H_{c, \text{ideaal}}$	44600 kJ/kg
Verbrandingswarmte ΔH_c	41200 kJ/kg
RHR berekend met $\Delta H_{c, \text{ideaal}}$	491,7 kW (626,1 kW/m ²)

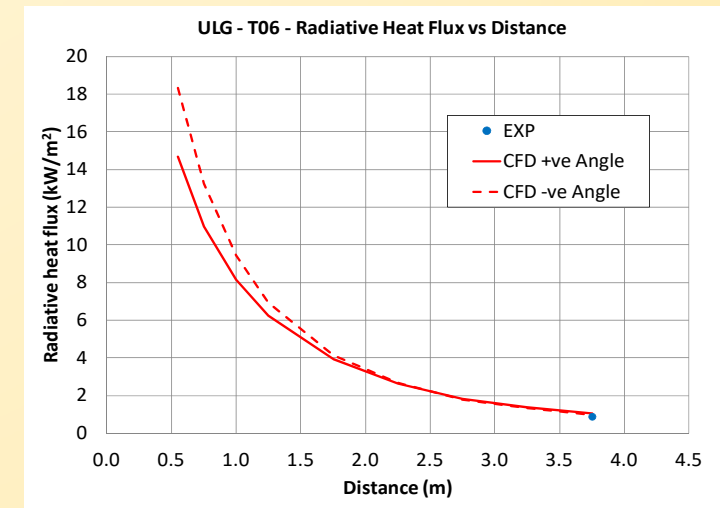
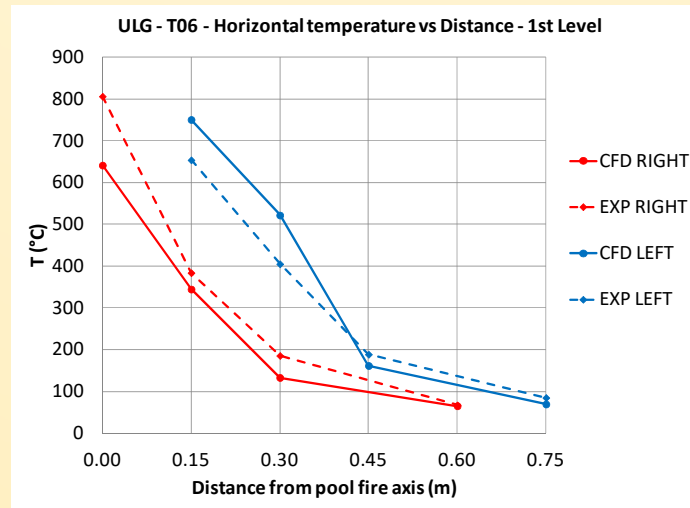
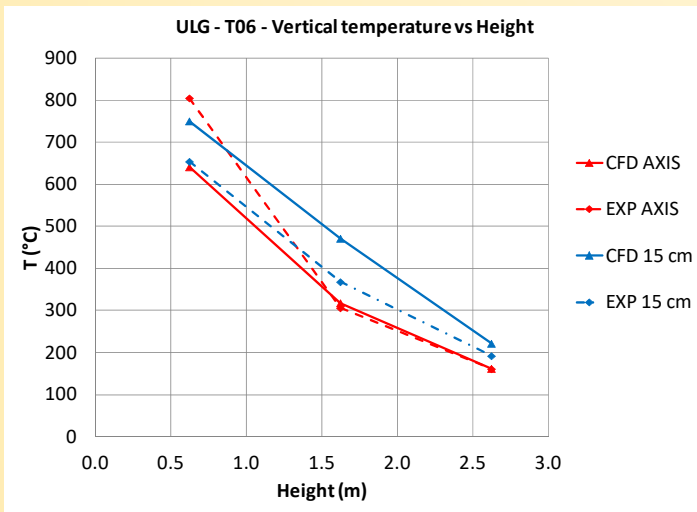
- Afmeting van het CFD-domein : 5,75m x 3m x 4m
- Rooster afmeting: 5cm x 5 cm x 5 cm
- Windsnelheid : 0,22 m/s
- Fractie stralingsverlies: 0,45 (SFPE)



3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Calibratie van een CFD-model met behulp van FDS-software

Test ULG 06 (D = 1m, heptaan, geen kolom)



3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Calibratie van een CFD-model met behulp van FDS-software

Test Ulster O29 (D = 0,7 m, diesel, met plafond op 3,5 m)

Brandstofdichtheid ρ	823 kg/m ³
Roetopbrengst y_{soot}	0.10
Ideale verbrandingswarmte $\Delta H_{c, \text{ideaal}}$	44000 kJ/kg
Verbrandingswarmte ΔH_c	41200 kJ/kg
RHR berekend met $\Delta H_{c, \text{ideaal}}$	491,5 kW (1277,1 kW/m ²)

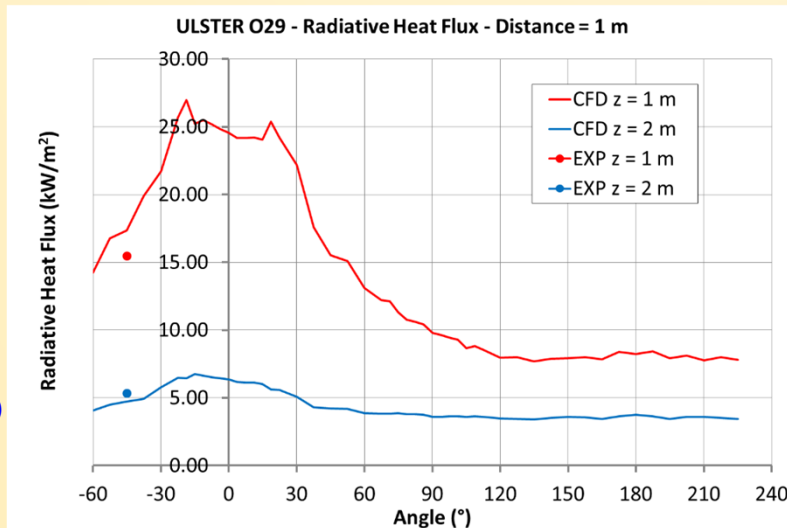
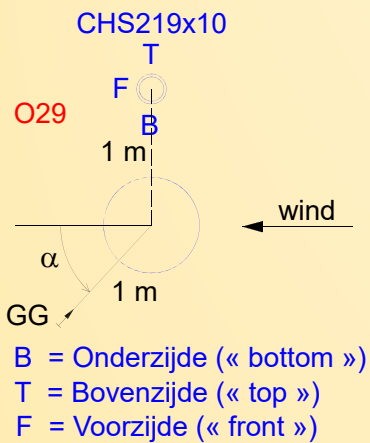
- Afmeting van het CFD-domein : 7m x 7m x 3,5m
- Rooster afmeting: 5cm x 5 cm x 5 cm
- Windsnelheid : 0,76 m/s
- Fractie stralingsverlies: 0,45 (SFPE)



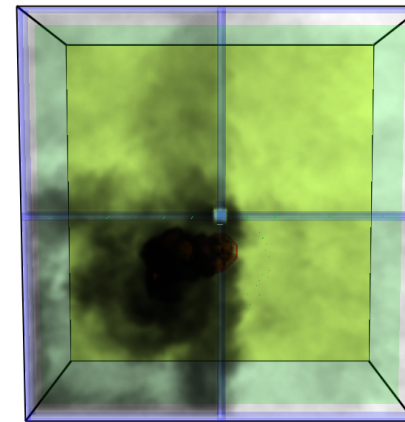
3. Experimentele testen en CFD-calibratie

Calibratie van een CFD-model met behulp van FDS-software

Test Ulster O29 (D = 0,7 m, diesel, met plafond op 3,5 m)

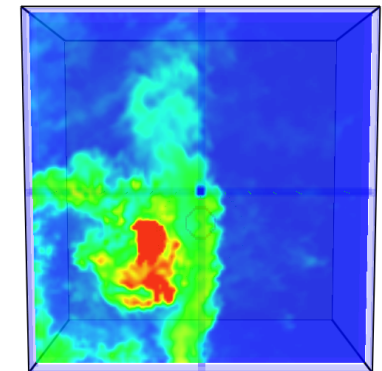


Smokeyview 6.1.11 - Jul 16 2014



Frame: 560
Time: 134.4

Smokeyview 6.1.11 - Jul 16 2014



Smoke
temp
°C

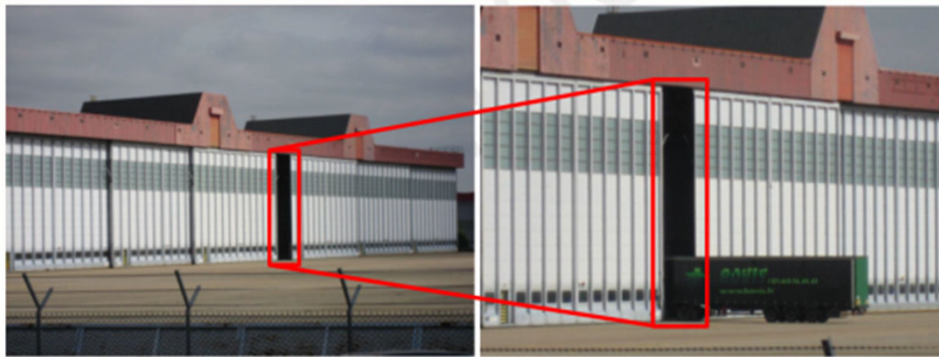


z (m)	CFD RHEG GG (kW/m2)	EXP GG (kW/m2)	Fout (%)
1	17.35	15.45	12.3
2	4.71	5.32	-11.5

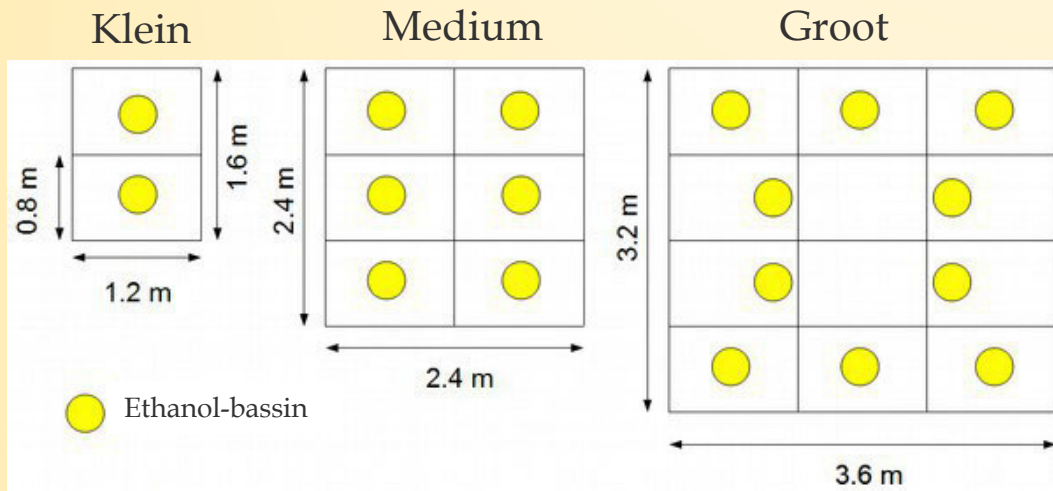
3. Experimentele testen en CFD-calibratie Franse testen (niet in het kader van LOCAFI+)

Tests geïnitieerd door LCPP in een groot volume/ruimte :

- Hoofdhal : 300 m x 50 x 17 m
- 2 soorten brandstoffen : houten paletten / kerosine
- Brandproeven herhaald
- Sterk geïnstrumenteerd : thermokoppels, meter warmte flux, video's (IR en normaal)



3. Experimentele testen en CFD-calibratie



Kleine test: ~ 20 paletten
Middelgrote test: ~ 60 paletten
Grote test : ~ 110 paletten



3. Experimentele testen en CFD-calibratie



HRR ~ 30 MW

