



LOCAFI+

Določitev temperatur navpičnih elementov izpostavljenih lokaliziranim
požarom
Diseminacija

Grant Agreement n° 754072

3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Testi opravljeni na Univerzi v Liègu

Karakterizacija toplotnih tokov, ki jih prejmejo elementi, zajeti s plameni

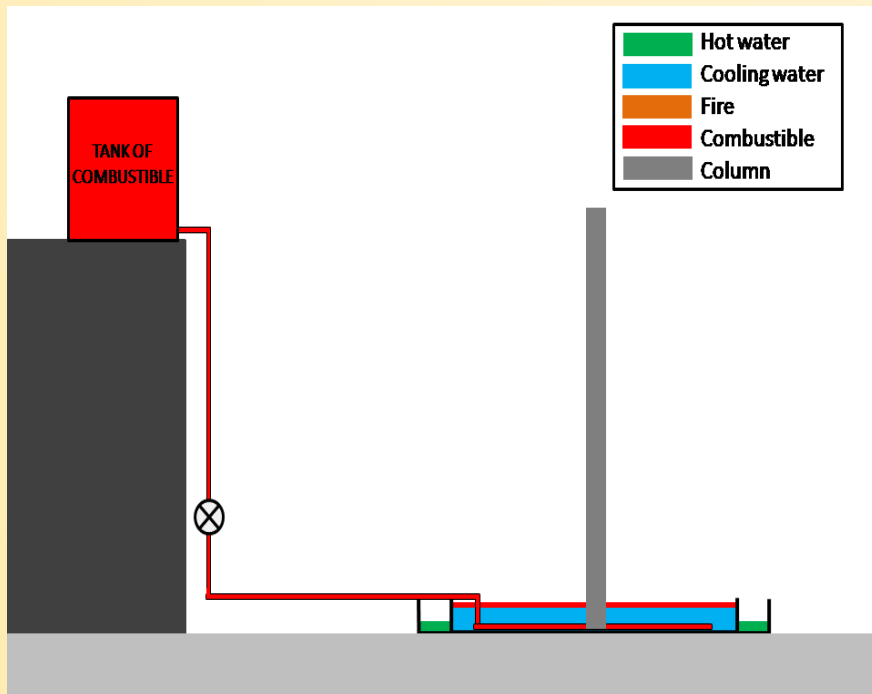


- Na Univerzi v Liègu je bilo opravljenih 24 testov, ki so se razlikovali v:
 - Premeru ognja (5 premerov : 0.6 m, 1.0 m, 1.4 m, 1.8 m in 2.2 m)
 - Vrsti goriva (2 različni gorljivi tekočini (dizel in N-heptan) + 1 celulozna požarna obtežba)
 - Steber zajet s plameni
- Za vsak premer in obe gorljivi tekočini je bil izveden:
 - En test brez prisotnosti stebra v viru požara
 - En test s prisotnostjo stebra v sredini vira požara

3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Testi opravljeni na Univerzi v Liègu

Splošna postavitve testa

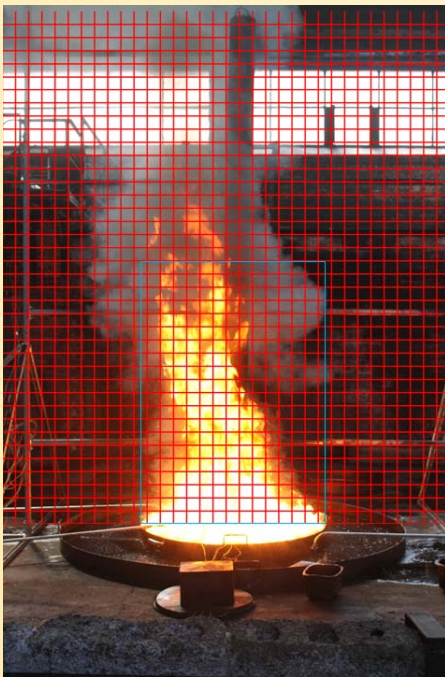


- Dva rezervoarja, napolnjena s heptanom in dizelskim gorivom sta bila nameščena nad nivojem tal, da bi se gorivo lahko dovajalo na prosti pad;
- Hitrost sproščanja toplote v bazenu je bila nadzorovana s prilagoditvijo pretoka vbrizganega goriva z enostavnim ročnim ventilom;
- Pod bazenom je bil stalen dotok mrzle vode, ki je hladil spodnjo plast požarnega bazena, s čimer je bil zagotovljen bolj stabilen režim gorenja.

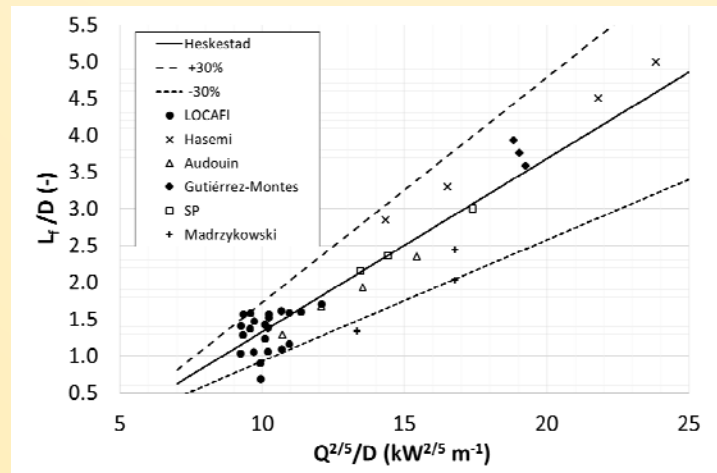
3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Testi opravljeni na Univerzi v Liègu

Eksperimentalne meritve: dolžina plamena



Povprečna dolžina plamena L je razdalja nad virom vžiga, kjer se intermitenca zmanjša na 0.5, pri čemer je intermitenca $I(z)$ definirana kot del časa, ko je plamen nad virom požara. Ta ocena je bila opravljena z digitalno analizo slike gorenja.



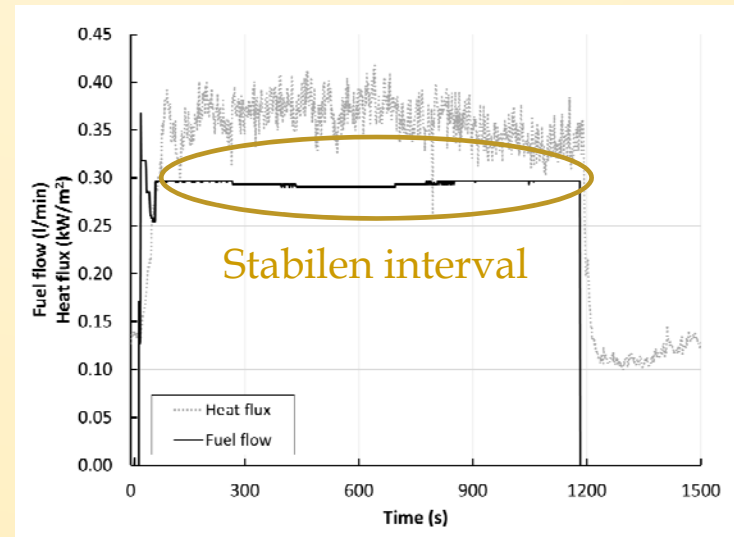
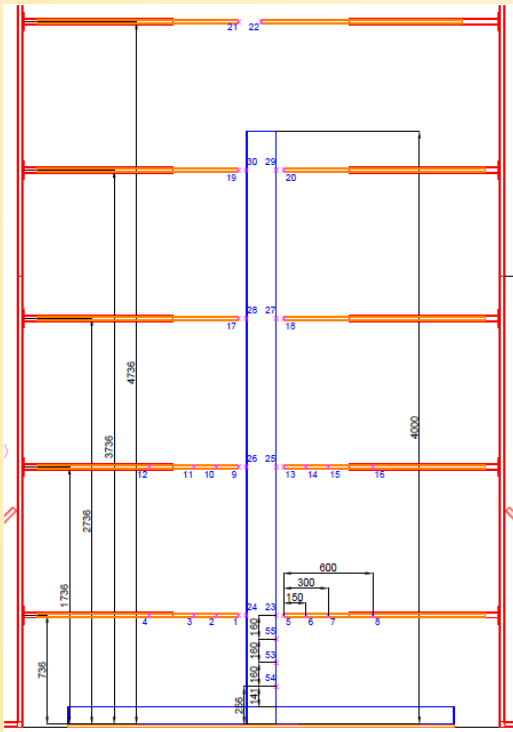
Eksperimentalna dolžina plamena in dolžino plamena, ki jo je predvidel Heskestad, odstopata tudi do $\pm 30\%$, vendar je to v skladu z drugimi raziskavami, ki so bile opravljene z uporabo požarnih bazenov, predvsem pa je to vzrok negotovosti pri učinkovitosti izgorevanja in gostote goriva.

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. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Testi opravljeni na Univerzi v Liègu

Eksperimentalne meritve: temperatura in toplotni tokovi

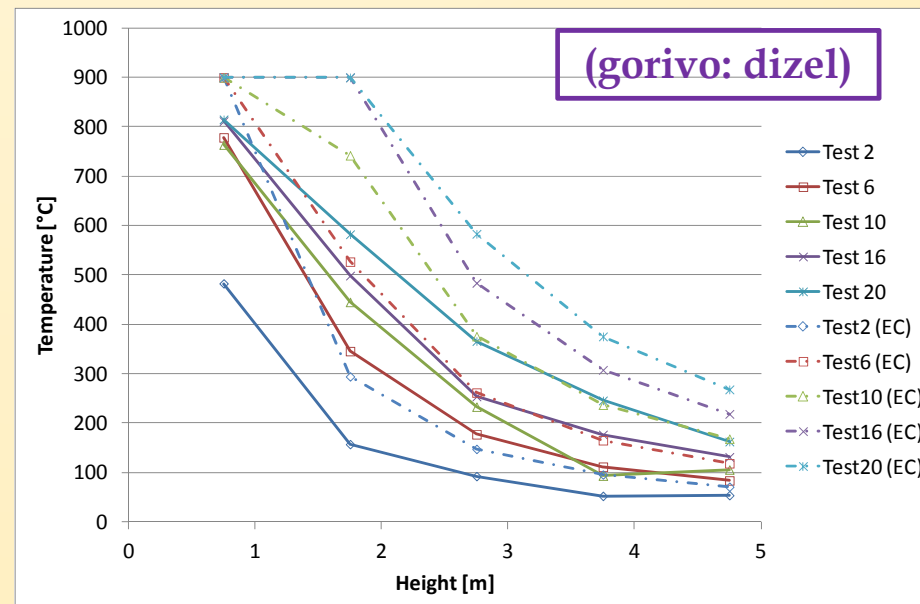
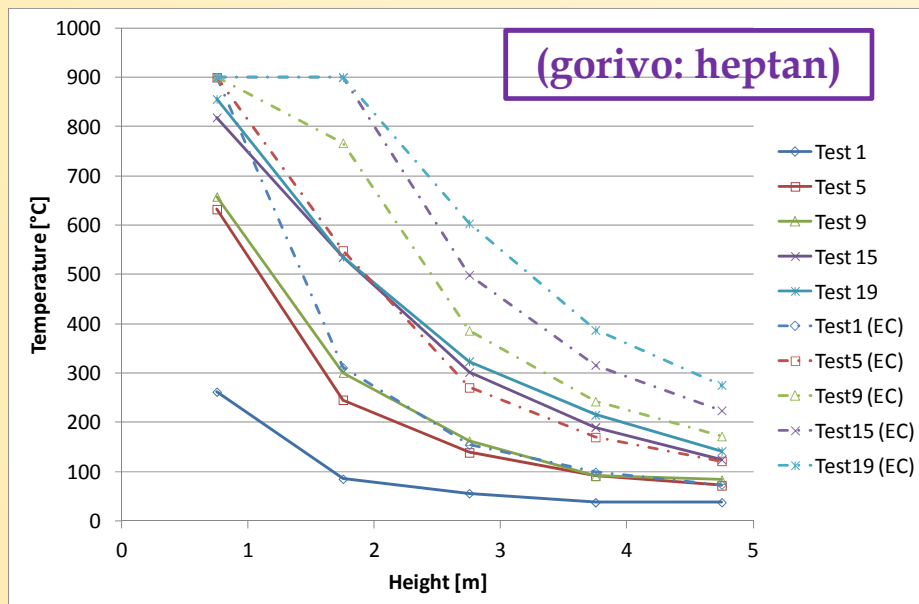


- Testi se izvajajo, dokler se ne doseže stabilna konfiguracija (meritve temperature plinov in sevalnega toplotnega toka se stabilizirajo) ;
- Pri konfiguraciji z jeklenimi stebri, termočleni zagotavljajo meritev temperature.

3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Testi opravljeni na Univerzi v Liègu

Eksperimentalne meritve: temperatura in toplotni tokovi

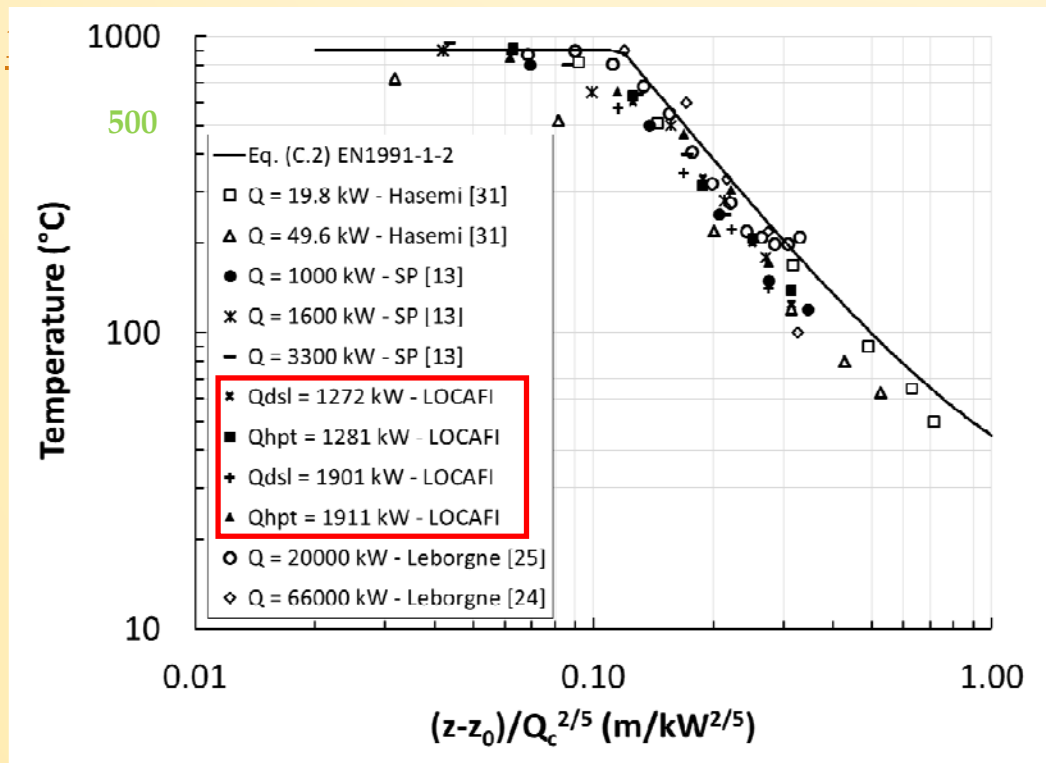


Heskestadova korelacija (EN 1991-1-2) preceni vrednost temperature tako znotraj plamena ($\theta_g \geq 500$ °C), kot tudi v zublju plamena ($\theta_g < 500$ °C)

3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Testi opravljeni na Univerzi v Liègu

Eksperimentalne meritve: temperatura in toplotni tokovi



Korelacija EN 1991-1-2 zagotavlja dobro oceno temperatur tako znotraj plamena ($\theta_g \geq 500$ °C), kot tudi v zublju plamena ($\theta_g < 500$ °C).

3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Testi opravljeni na Univerzi Ulster

Karakterizacija toplotnih tokov, ki jih prejmejo elementi izven plamena



- Na Univerzi Ulster je bilo opravljenih 58 testov, ki so se razlikovali v:
 - Prisotnosti stropa ali ne (37 testov brez / 21 testov z)
 - Številu požarnih bazenov (*od 1 do 4*) in premeru teh bazenov (2 premera: 0.7 m in 1.6 m)
 - Vrsti gorljivega materiala (2 različni gorljivi tekočini (*dizel in kerozin*) + 1 celulozna požarna obtežba)
- Konstrukcija dimenzij 9 m x 9 m je sestavljena iz treh tipov stebrov (*I-prerez, H-prerez in O-prerez*)
- HRR se je s časom spreminjal (ni kontrolirano) in je bil merjen s kalorimetričnim pokrovom
- Dolžina plamena se ocenjuje z uporabo kamere in na podlagi verjetnosti prisotnosti plamena

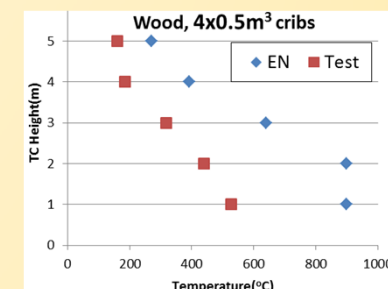
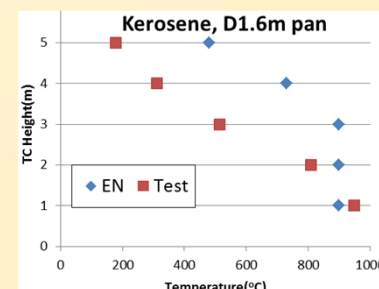
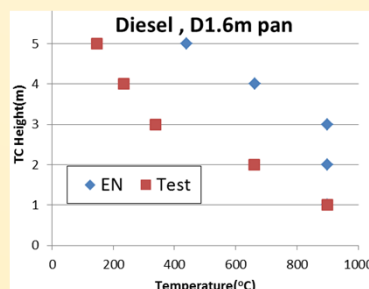
3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Testi opravljeni na Univerzi Ulster

Eksperimentalne meritve: temperatura plamena

VIŠINA	TESTA O8, I9 (KEROZIN, D1.6M)		TEST O10 (DIZEL, D1.6M)		TESTA O1,O2 (KEROZIN, D0.7M)		TESTA O3,O4 (DIZEL, D0.7M)		TEST O14 (LESENE GAJBICE)	
	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

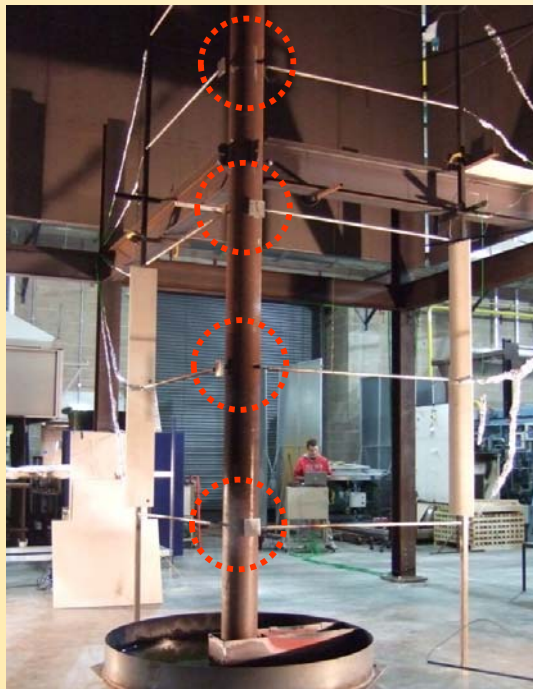
Ti testi potrjujejo, da korelacija Heskestad (EN 1991-1-2) preceni vrednost temperature v plamenu ($\theta_g \geq 500^\circ\text{C}$) in zublju plamena ($\theta_g < 500^\circ\text{C}$).



3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Testi opravljeni na Univerzi Ulster

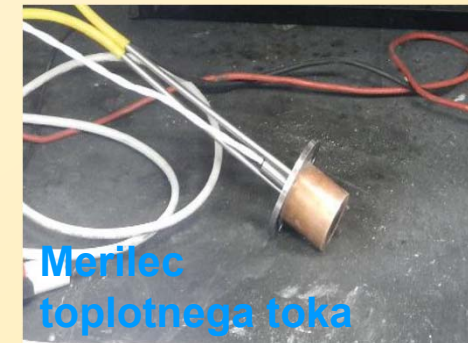
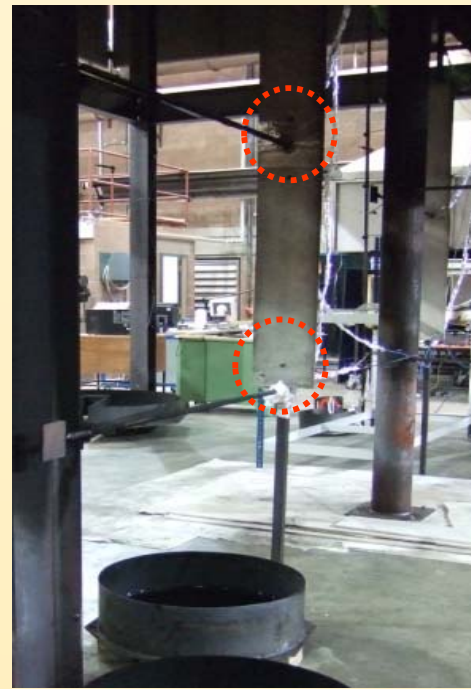
Eksperimentalne meritve: temperatura in toplotni tokovi izven plamena



Termočleni
(TC)



Ploščati
Termometer (TP)



Merilec
toplotnega toka

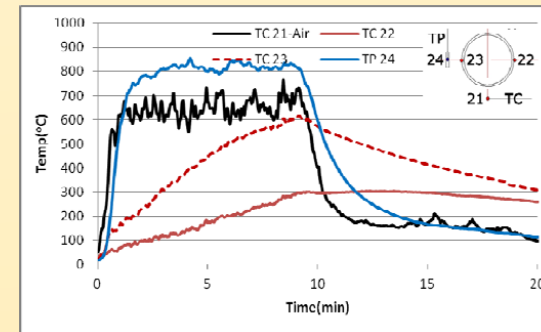
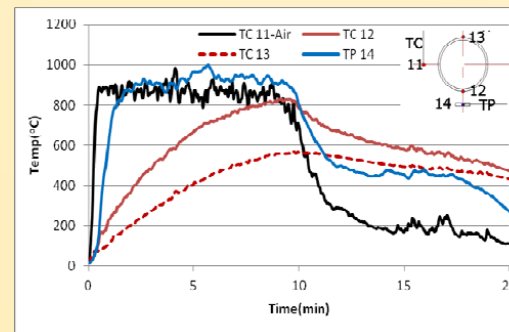
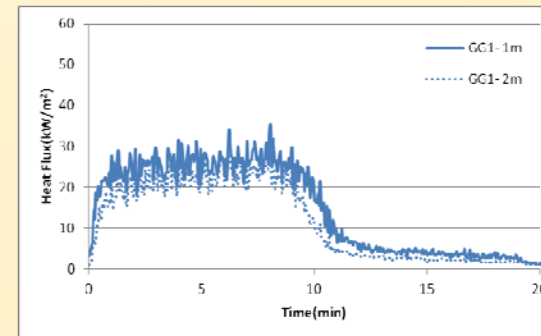
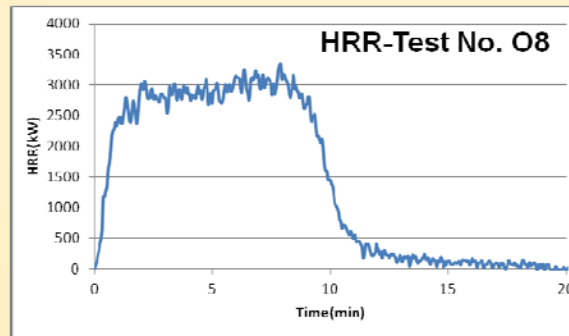


3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Testi opravljani na Univerzi Ulster

Eksperimentalne meritve: rezultati pridobljeni iz testa O8

- Število bazenov: 1
- Premer bazena: 1.6 m
- Tip goriva: Kerozin
- Količina goriva: 60 L
- Razdalja med bazenom in stebrom: 0 m
- Razdalja med merilci toplotnega toka in stebrom: 1.5 m
- Brez stropa



3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Kalibracija CFD modela z uporabo programa FDS

Cilji

- Število testov je omejeno, kakor tudi meritve opravljene med temi testi.
 - Zaradi dimenzij stavbe/laboratorija v katerem so bili eksperimenti opravljeni, ni bilo možno zajeti celotnega razpona lokaliziranih požarov (Dodatek C standarda EN 1991-1-2 velja do $D = 10\text{ m}$ in $Q = 50\text{ MW}$)
- Po validaciji modela, je za nadaljnjo validacijo analitičnih računskih metod bolj primerna uporaba CFD modelov, ki predstavljajo stroškovno učinkovitejše in zmogljivejše orodje, ki lahko zagotovi zelo veliko število rezultatov
- Programska oprema FDS je brezplačen program, razvit s strani NISTa, njegova uporaba pa je znotraj področja požarnega inženirstva dobro razširjena

Kalibracija FDS modelov je bila izvedena z reprodukcijo 5 testov izbranih na podlagi naslednjih meril

- Testi izvedeni pod konstantnimi in kontroliranimi pogoji (Liège) in prostimi pogoji (Ulster)
- Testi, ki izkazujejo dolgotrajne in stabilne rezultate
- Različne vrste goriva, majhni in veliki premeri bazenov, z in brez stropa, ...

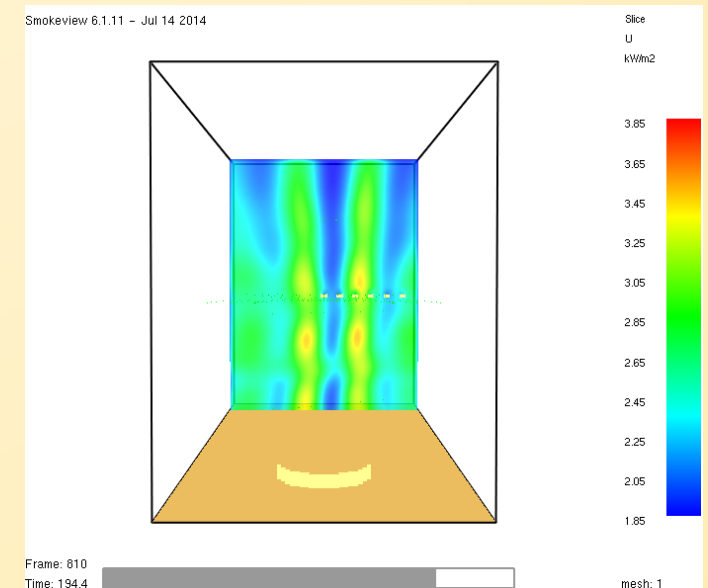
3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Kalibracija CFD modela z uporabo programa FDS

Kalibracijski parametri

Najbolj vplivni parametri, nastavljeni med kalibracijo, so:

- Turbulentni model (Smagorinski, $C_s = 0.1$)
- Lastnosti goriva, ki vključujejo delež saj, vzeto iz literature (pogoji prekomernega prezračevanja)
- Število sevalnih kotov (200)
- Delež sevalnih izgub (razpon med 0.2-0.5, odvisno predvsem od vrste goriva in premera požara)
- Vpliv vetra (temelji na meritvah)
- Dimenzije mreže (temelji na karakteristični dolžini in meritvah turbulence)



Primer spreminjanja toplotnega toka zaradi nazadostnega števila sevalnih kotov

3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Kalibracija CFD modela z uporabo programa FDS

Test ULG 06 (D = 1 m, heptan, brez stebra)

Povprečen dotok goriva q_{fuel}	0.98 l/min
Gostota goriva ρ	675 kg/m ³
Delež saj y_{soot}	0.037
Idealna kalorična vrednost $\Delta H_{\text{c,ideal}}$	44600 kJ/kg
Kalorična vrednost ΔH_{c}	41200 kJ/kg
RHR izračunan z $\Delta H_{\text{c,ideal}}$	491.7 kW (626.1 kW/m ²)

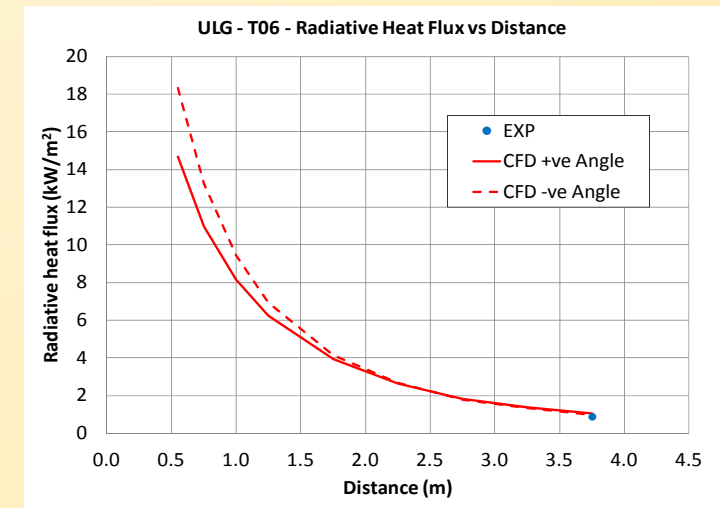
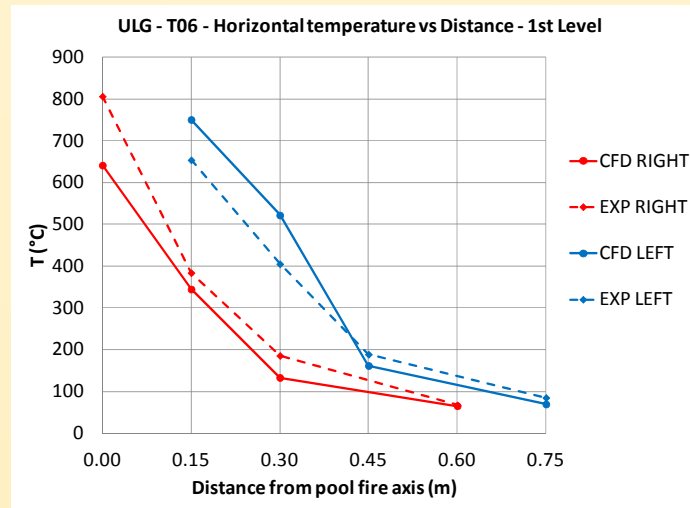
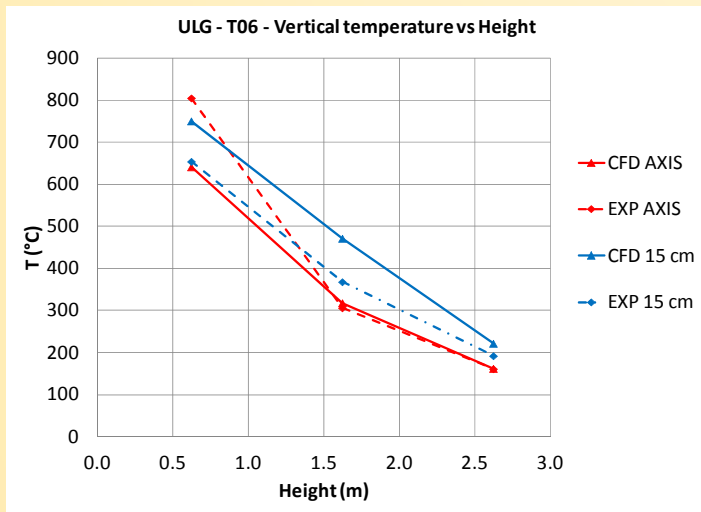
- Dimenzije CFD domene: 5.75 m x 3 m x 4 m
- Velikost mreže: 5 cm x 5 cm x 5 cm
- Hitrost vetra: 0.22 m/s
- Delež sevalne izgube: 0.45 (SFPE)



3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Kalibracija CFD modela z uporabo programa FDS

Test ULG 06 (D = 1 m, heptan, brez stebrov)



3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Kalibracija CFD modela z uporabo programa FDS

Test Ulster O29 (D = 0.7 m, dizel, strop na višini 3.5 m)

Gostota goriva ρ	823 kg/m ³
Delež saj y_{soot}	0.10
Idealna kalorična vrednost $\Delta H_{\text{c,ideal}}$	44000 kJ/kg
Kalorična vrednost ΔH_{c}	41200 kJ/kg
RHR izračunan z $\Delta H_{\text{c,ideal}}$	491.5 kW (1277.1 kW/m ²)

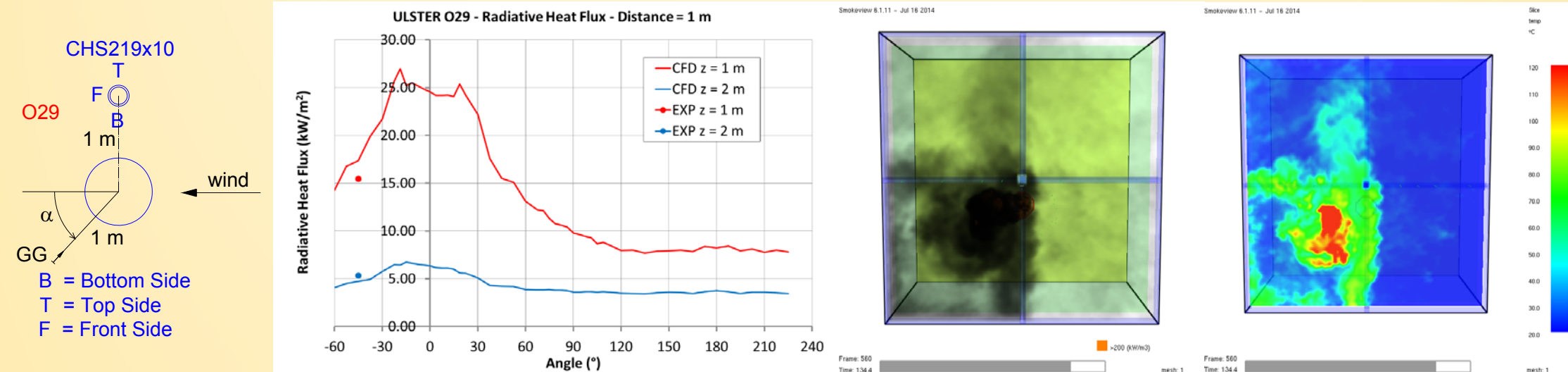
- Dimenzije CFD domene: 7 m x 7 m x 3.5 m
- Velikost mreže: 5 cm x 5 cm x 5 cm
- Hitrost vetra: 0.76 m/s
- Delež sevalne izgube: 0.45 (SFPE)



3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

Kalibracija CFD modela z uporabo programa FDS

Test Ulster O29 (D = 0.7 m, dizel, strop na višini 3.5 m)



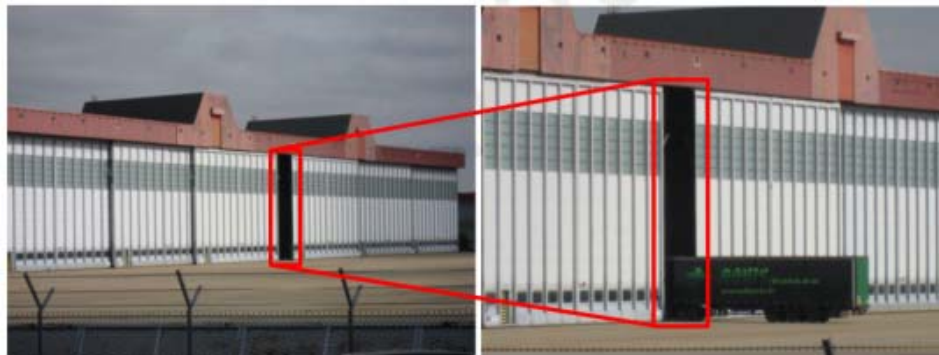
z (m)	CFD RHFG GG (kW/m²)	EXP GG (kW/m²)	Napaka (%)
1	17.35	15.45	12.3
2	4.71	5.32	-11.5

3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija

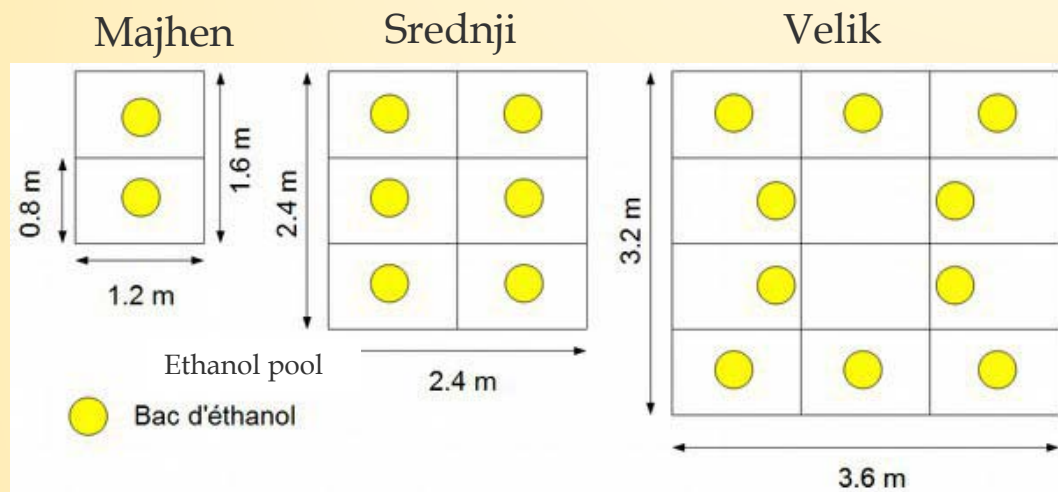
Francoski testi (niso zajeti v projektu LOCAFI+)

Testi, ki jih je izvedel LCPP v naravnem merilu:

- Glavna hala : 300 m x 50 m x 17 m
- 2 vrsti gorljivega materiala: lesene palete / kerozin
- Ponovljeni požarni testi
- Uporaba številnih instrumentov: termočleni, merilec toplotnega toka, video posnetki (IR in normalni)



3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija



Majhen test : ~ 20 palet
Srednji test : ~ 60 palet
Velik test : ~ 110 palet



3. Eksperimentalni testi in CFD kalibracija



HRR ~ 30 MW

