



LOCAFI+

Lokális tűznek kitett függőleges acélelem hőmérséklet vizsgálata,
disszemináció

Szerződés szám n° 754072

3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

A Liège Egyetemen elvégzett mérések

A tűzbe került elemek hőimpulzusának jellemzői

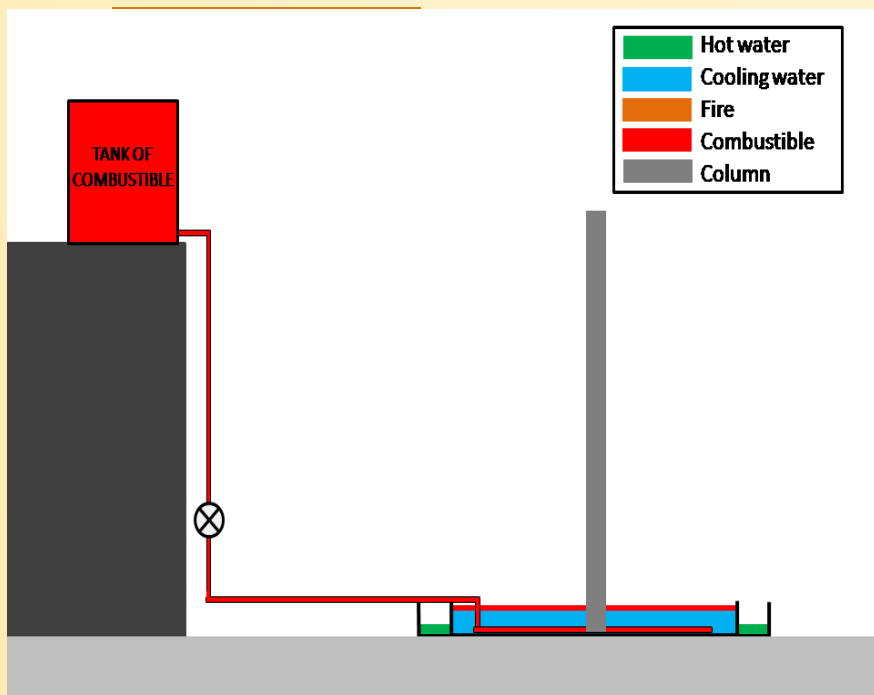


- 24 teszt került elvégzésre a Liègei Egyetemen, változtatva a következőket:
 - A tűz átmérője (5 átmérő : 0.6m, 1.0m, 1.4m, 1.8m és 2.2m)
 - Az éghető anyag típusa (2 különböző éghető folyadék (diesel és N-heptán) + 1 papír tűzterhelés)
 - A tűzbe került oszlop jelenléte
- Minden tűzátmérőhöz és éghető folyadékokhoz:
 - Egy teszt tűzzel, oszlop nélkül
 - Egy teszt oszloppal, a tűz közepén

3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

A Liège Egyetemen elvégzett mérések

Általános teszt elrendezés

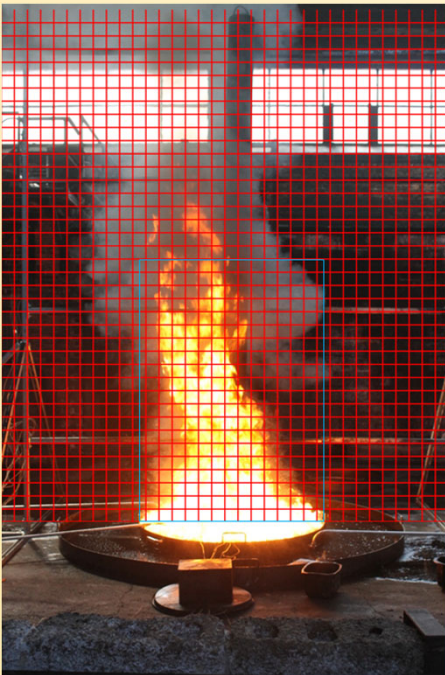


- A két tartály heptánnal és diesellel volt feltöltve és magasan elhelyezve, hogy a tüzelőanyag a gravitáció révén lefolyjon ;
- A hőmérséklet csökkenés aránya a tűznél kontrollálva volt, az áramlás szabályozása által, ami kézi szeleppel történt ;
- Az alap hideg vízzel volt locsolva, hogy a tartály alatti részt hűtse, hogy egy állandó égési folyamatot eredményezzen, adott feltételekkel.

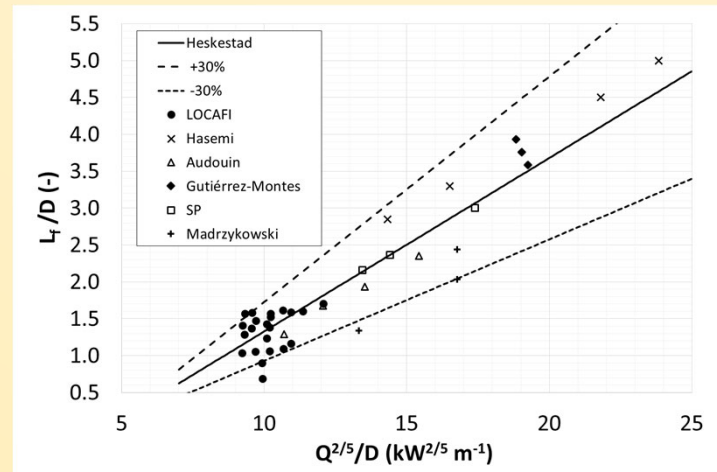
3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

A Liège Egyetemen elvégzett mérések

Kísérleti mérések : tűz magasság



A fő tűz magasság L az a távolság a tűzforrástól, ahol a hőhatás felére csökken, ahol az időszakosság $I(z)$ úgy van definiálva, mint egy időrész, mialatt a tűz a tűzforrás fölött van. A mérést digitális képfeldolgozással végezték.



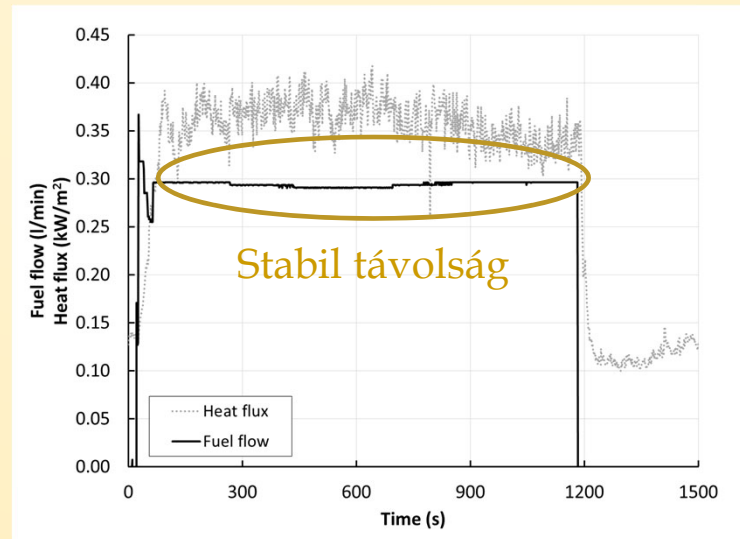
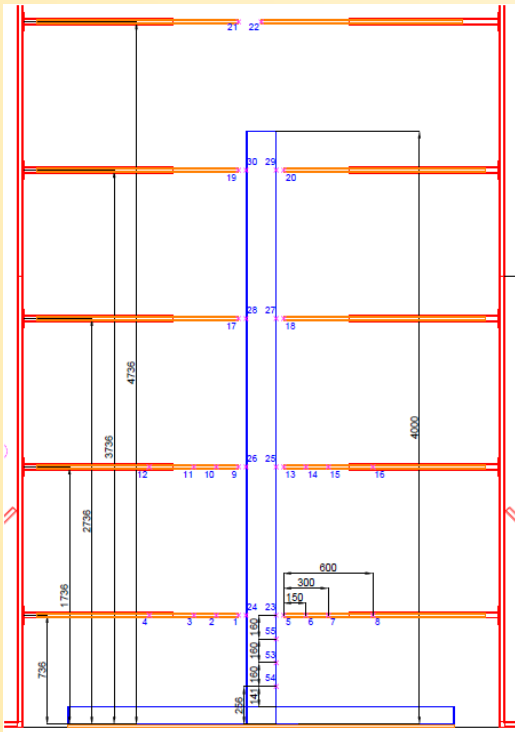
A különbség a kísérleti tűzmagasság és a Heskestad módszerrel meghatározott tűzmagasság között +30% és -30% és ez megegyezik más egyszerű tűzvizsgálatokkal, mutatva a bizonytalanságot az égési hatékonyság és a folyadék sűrűsége között.

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. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

A Liège Egyetemen elvégzett mérések

Kísérleti mérések : hőmérséklet és hőfluxusok

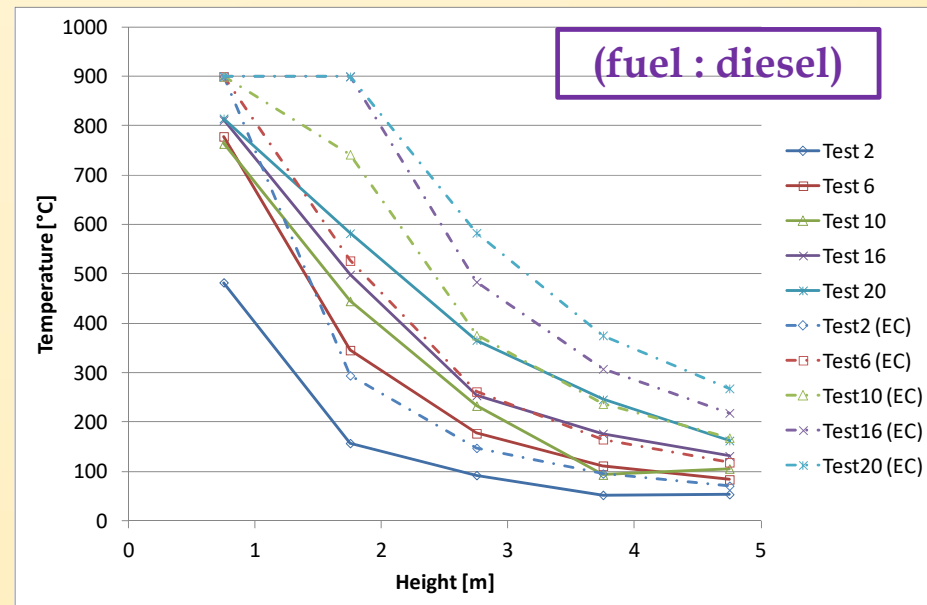
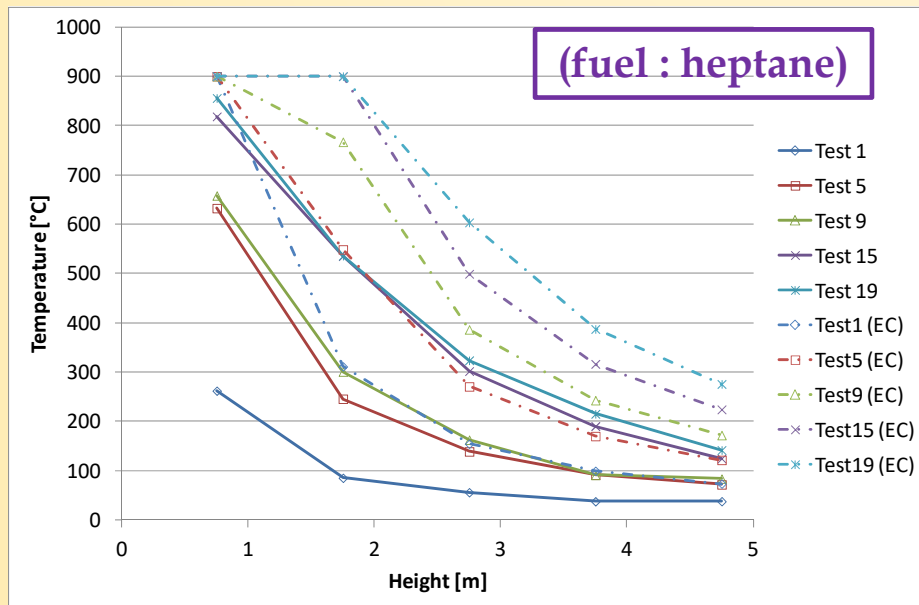


- A tesztet addig folytatták, amíg elértek egy állandósult állapotot (a gáz hőmérséklete és a sugárzó hőfluxus állandósult) ;
- Az acéloszlopok konfigurálásánál hőérzékelőket alkalmaztak az acél hőmérsékletének követésére.

3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

A Liège Egyetemen elvégzett mérések

Kísérleti mérések : hőmérséklet és hőfluxusok

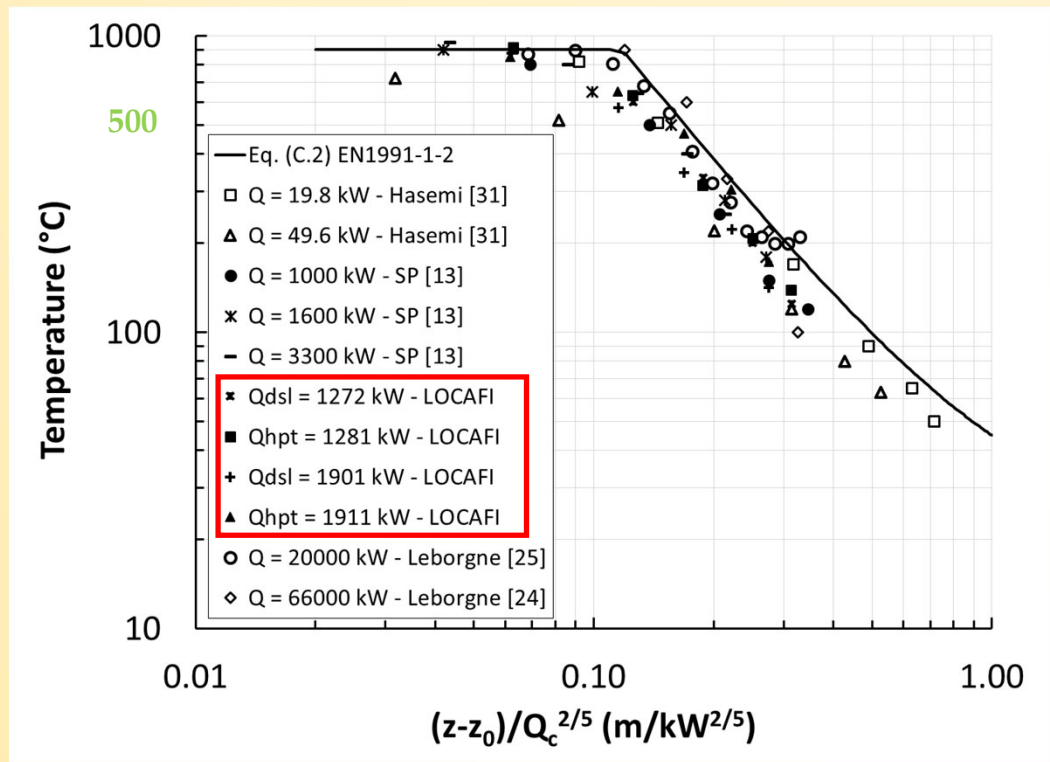


A Heskestad számítás (EN 1991-1-2) felülbecsüli a hőmérsékletet mind a tűz, ($\theta_g \geq 500^\circ\text{C}$) mind a füst tartományon ($\theta_g < 500^\circ\text{C}$)

3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

A Liège Egyetemen elvégzett mérések

Kísérleti mérések : hőmérséklet és hőfluxusok



Az EN 1991-1-2 –vel jó egyezést mutat a hőmérséklet mind a tűz ($\theta_g \geq 500^\circ\text{C}$) és a füst tartományon ($\theta_g < 500^\circ\text{C}$).

3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

Az Ulsteri Egyetemen elvégzett mérések

A hőfluxus jellemzése a tűzön kívüli elemek által



- 58 teszt került elvégzésre az Ulsteri Egyetemen, változtatva :
 - A plafon jelenléte, vagy hiánya (37 teszt plafonnal / 21 tests nélküle)
 - A tűzmedence száma (1-től 4-ig) a medence átmérője (2 átmérő : 0.7m és 1.6m)
 - Az éghető anyag típusa (2 különböző éghető folyadék (diesel és kerozin) + 1 papír tűzterhelés)
- A 9mx9m -es szerkezet három különböző oszlopból áll (I-szelvény, H-szelvény és O-szelvény)
- A HRR változott az idővel (nem ellenőrzött) és mérve volt kaloriméterrel
- A tűzmagasságot kamerával érzékelték a tűz előfordulási valószínűsége alapján

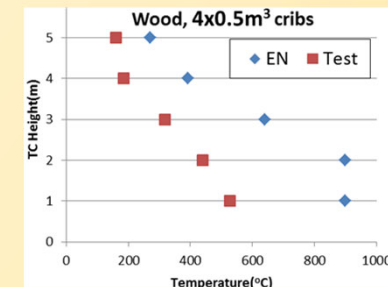
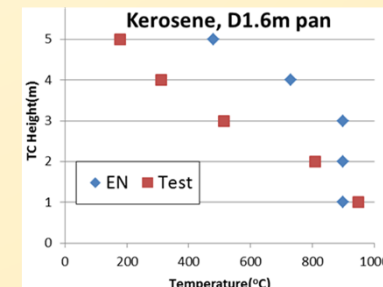
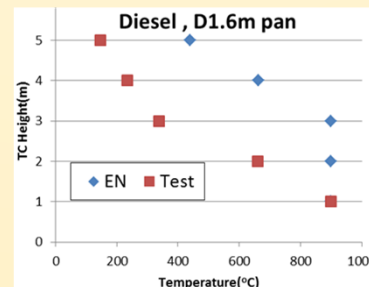
3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

Az Ulsteri Egyetemen elvégzett mérések

Kísérleti mérések : tűz hőmérséklet

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

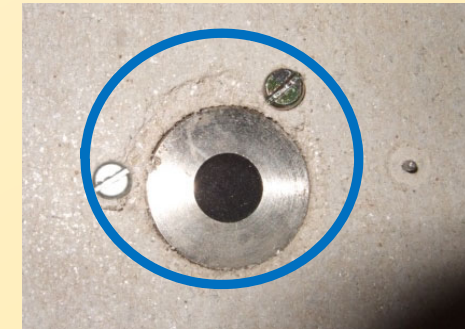
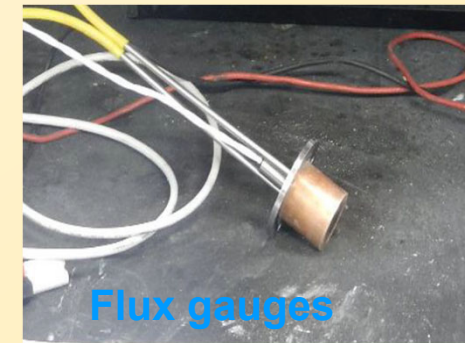
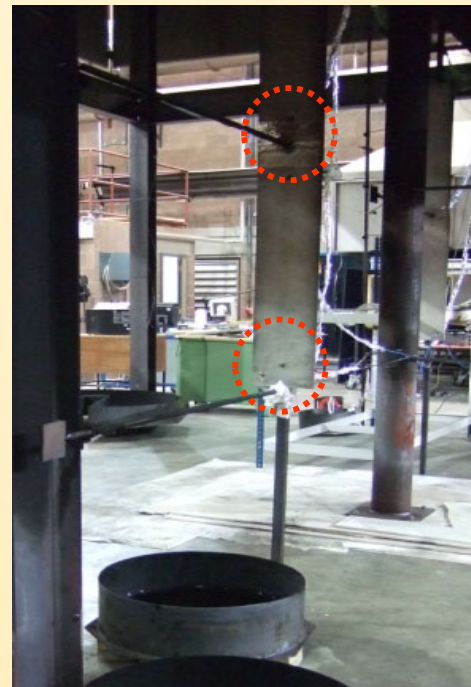
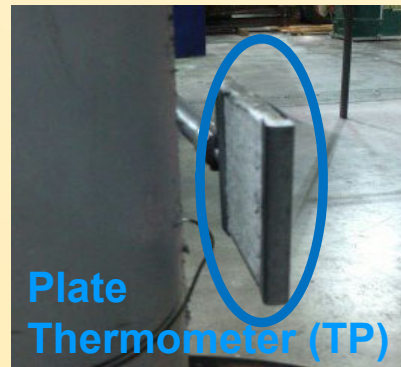
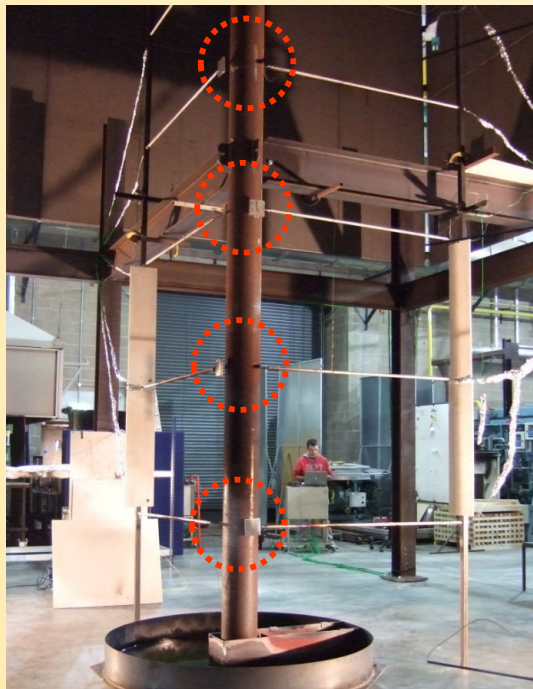
Ezek a tesztek megerősítették, hogy a Heskestad módszer (EN 1991-1-2) túlbecsüli a hőmérsékletet mind a tűzben ($\theta_g \geq 500^\circ\text{C}$) mind a füstben ($\theta_g < 500^\circ\text{C}$).



3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

Az Ulsteri Egyetemen elvégzett mérések

Kísérleti tesztek : hőmérséklet és hőfluxusok a tűzön kívül

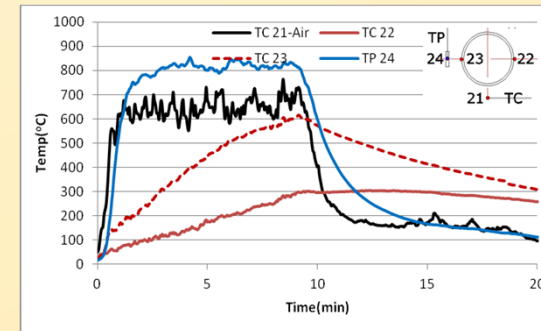
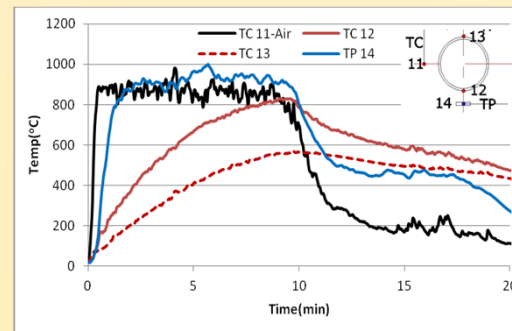
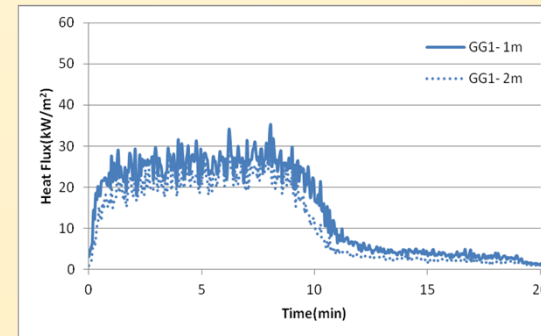
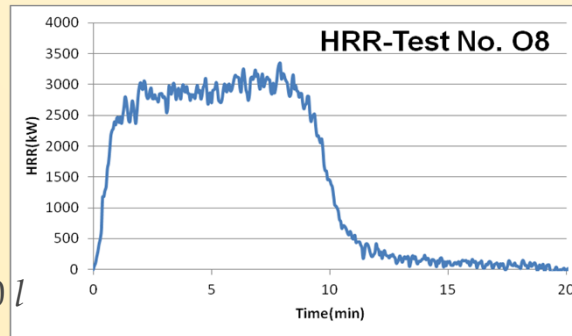


3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

Az Ulsteri Egyetemen elvégzett mérések

Kísérleti mérések : O8-as tesztből származó eredmények

- Égéstér száma : 1
- Égéstér átmérője : 1.6 m
- Éghető anyag : Kerosene
- Éghető anyag mennyiség: 60 l
- Égéstér-oszlop távolság : 0 m
- Mérőműszer-oszlop táv. : 1.5 m
- Nincs plafon



3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

A CFD modell kalibrációja, FDS szoftvert alkalmazva

A célok:

- A **tesztek száma** korlátozott és a tesztek alatt végzett **mérések** szintén korlátozottak.
- Az épület/labor méreteiből adódóan ahol a kísérleti mérések zajlottak, nem volt **lehetőség a lokalizált tűz vizsgálatára a teljes tartományon** (C Függelék, EN 1991-1-2 szabvány elmegy $D = 10$ m és $Q = 50$ MW értékekig).

→ A modell(ek) validálása után a CFD szimuláció egy költségtakarékos és hatékony módszer, hogy nagyszámú eredményt szolgáltatson az analitikus számítási eredmények validálásához

- **FDS szoftver** ingyenes program a NIST által kifejlesztve, mely széles körben alkalmazott a tűzvédelmi szakemberek körében

Az FDS modell kalibrációja úgy történt, hogy **5 tesztet** az alábbi kritériumok alapján kiválasztottak és reprodukáltak:

- A teszteket állandó és ellenőrzött körülmények között végezték (Liège) és szabad körülmények között (Ulster)
- A tesztek hosszú stabil és nem változó eredményeket mutattak
- Különböző éghető folyadékkal, kis és nagy átmérőjű felületen, plafonnal és plafon nélkül,...

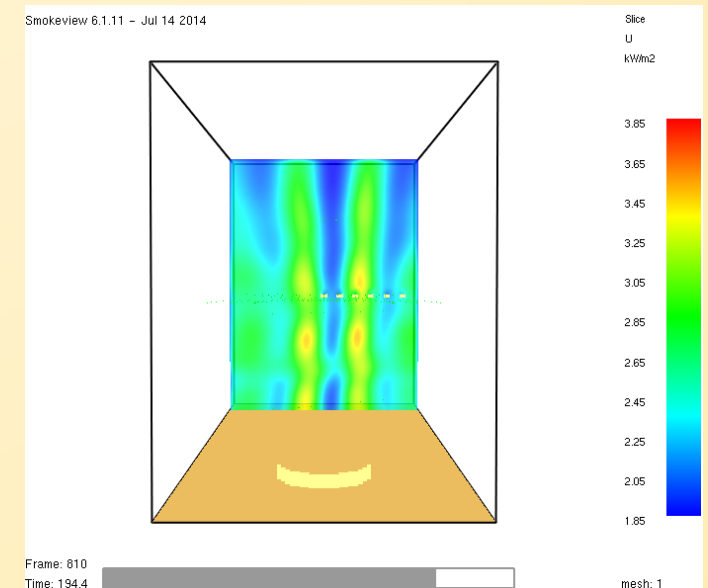
3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

A CFD modell kalibrációja, FDS szoftvert alkalmazva

Kalibrációs paraméterek

A leginkább fontos paraméterek értékei a kalibrációs folyamat során :

- Turbulencia modell (Smagorinski, $C_s = 0.1$)
- Éghető anyag jellemzői, tekintve a koromképződést is, irodalomból átvéve, (túlszellőztetett körülményeket tekintve)
- A sugárzási szög nagysága (200)
- Sugárzási veszteség (0.2-0.5 között, függ az éghető anyagtól és a tűzátmérőtől)
- Szélhatások (méréseken alapuló értékek)
- Hálóméret (karakterisztikus hosszúságok és turbulencia felbontás mértéke alapján)



Példa a hőáramlás változására, nem megfelelő sugárzási szög esetén

3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

A CFD modell kalibrációja, FDS szoftvert alkalmazva

Teszt ULG 06 ($D = 1$ m, heptán, nincs oszlop)

Átlagos éghető anyag áramlás q_{fuel}	0.98 l/min
Éghető anyag sűrűsége ρ	675 kg/m ³
Korom képződés y_{soot}	0.037
Ideális égéshő $\Delta H_{\text{c,ideal}}$	44600 kJ/kg
Égéshő ΔH_{c}	41200 kJ/kg
Számított RHR $\Delta H_{\text{c,ideal}}$ -al	491.7 kW (626.1 kW/m ²)

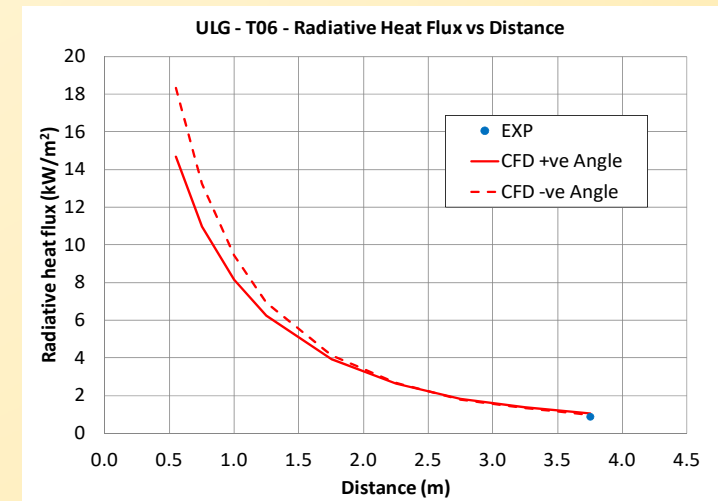
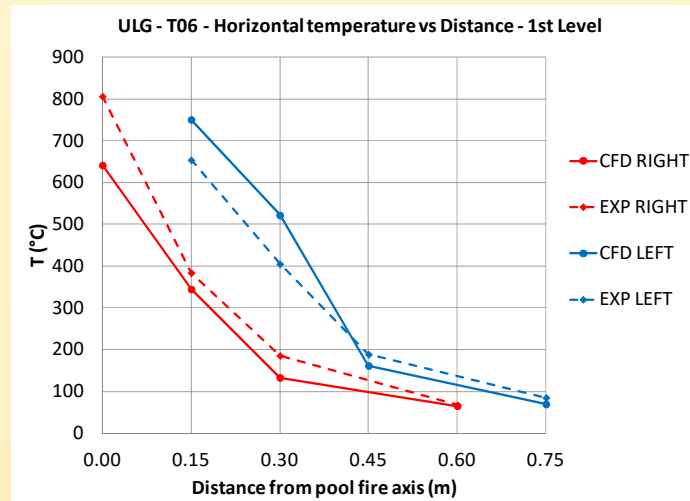
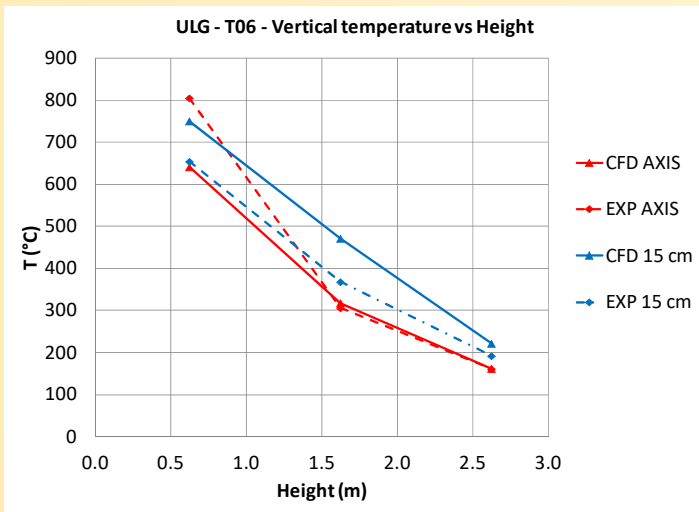
- A CFD terület mérete : 5.75m x 3m x 4m
- Rácsméret : 5cm x 5 cm x 5 cm
- Szélsebesség : 0.22 m/s
- Sugárzó hő veszteség : 0.45 (SFPE)



3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

A CFD modell kalibrációja, FDS szoftvert alkalmazva

Teszt ULG 06 ($D = 1$ m, heptán, nincs oszlop)



3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

A CFD modell kalibrációja, FDS szoftvert alkalmazva

Teszt Ulster O29 ($D = 0.7$ m, diesel, 3.5 m-es plafon)

Éghető anyag sűrűsége ρ	823 kg/m ³
Korom képződés y_{soot}	0.10
Ideális égéshő $\Delta H_{\text{c,ideal}}$	44000 kJ/kg
Égéshő ΔH_{c}	41200 kJ/kg
Számított RHR $\Delta H_{\text{c,ideal}}$ -al	491.5 kW (1277.1 kW/m ²)

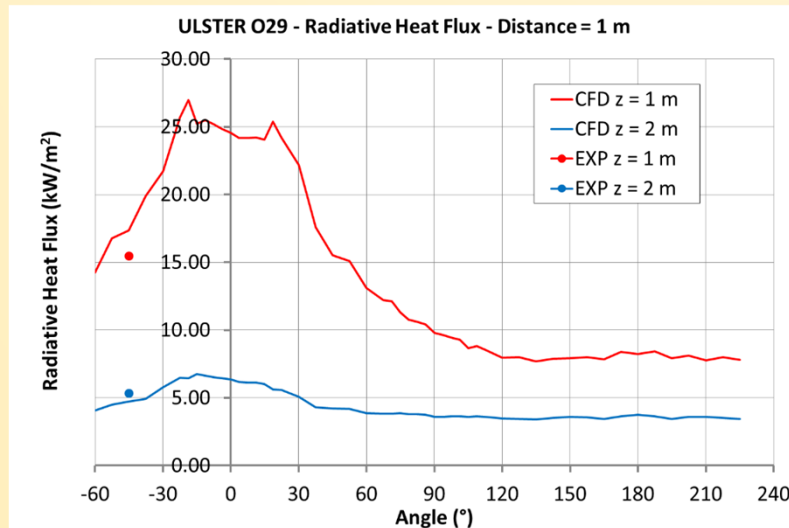
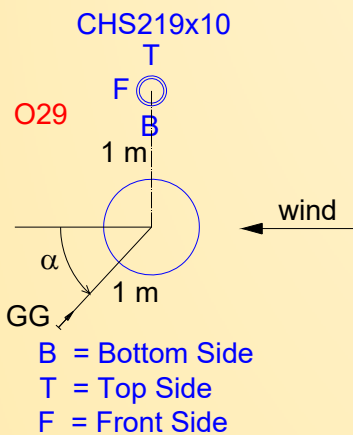
- A CFD terület mérete : 7m x 7m x 3.5m
- Rácsméret : 5cm x 5 cm x 5 cm
- Szélsebesség : 0.76 m/s
- Sugárzó hő veszteség : 0.45 (SFPE)



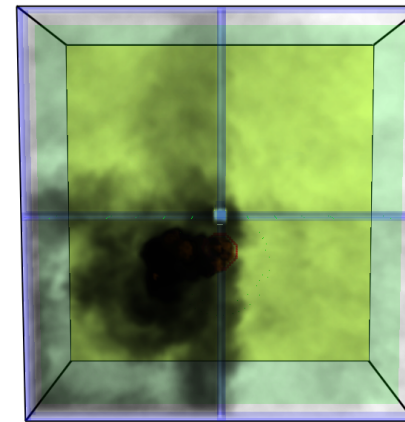
3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

A CFD modell kalibrációja, FDS szoftvert alkalmazva

Teszt Ulster O29 ($D = 0.7$ m, diesel, 3.5 m-es plafon)



Smokeyview 6.1.11 - Jul 16 2014

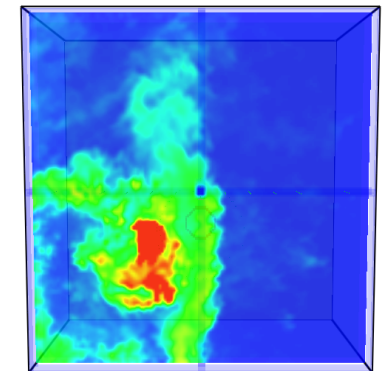


Frame: 560
Time: 134.4

>200 (kW/m3)

mesh: 1

Smokeyview 6.1.11 - Jul 16 2014



Frame: 560
Time: 134.4

mesh: 1

Smoke
temp
°C
120
110
100
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0

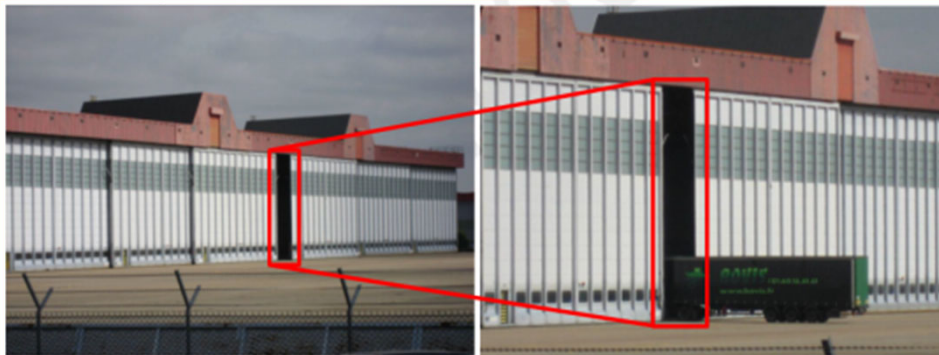
z (m)	CFD RHFG GG (kW/m ²)	EXP GG (kW/m ²)	Error (%)
1	17.35	15.45	12.3
2	4.71	5.32	-11.5

3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció

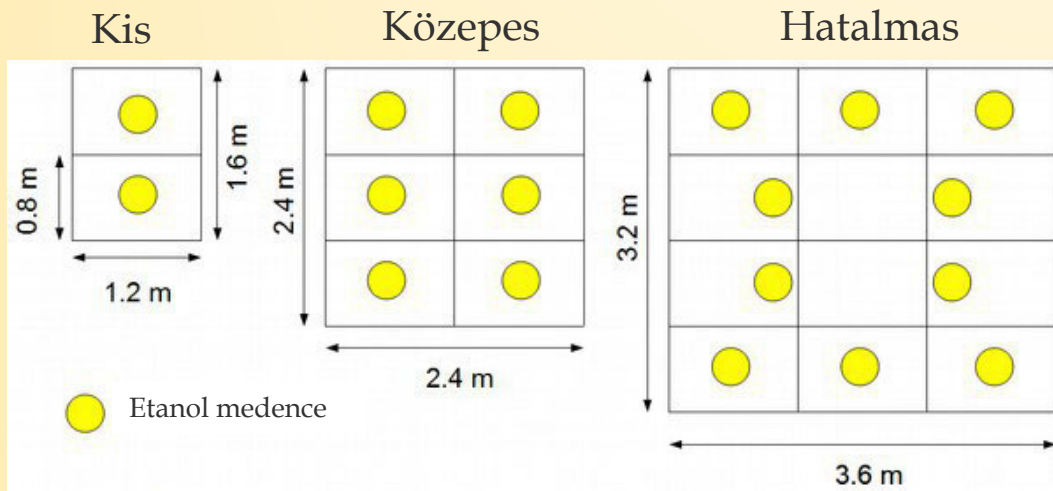
Francia teszt (nem tartozik a LOCAFI+ tárgyához)

A teszt az LCPP által, nagy térfogat esetén :

- Fő csarnok : 300 m x 50 x 17 m
- 2 fajta éghető anyag : fa pellet / kerozin
- A tűzteszt ismételve
- Erősen felszerelt : : hőelemek, hőmérők, videók (IR és normál)



3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció



Kis teszt : ~ 20 paletta
Közepes teszt : ~ 60 paletta
Hatalmas teszt : ~ 110 paletta



3. Kísérleti mérések és CFD kalibráció



HRR ~ 30 MW

