



# ZKUŠEBNICTVÍ NA POLI POŽÁRNÍ BEZPEČNOSTI STAVEB

Petr HEJTMÁNEK  
UCEEB Požární laboratoř  
15. 11. 2023



## velikost počet opakování

- mikroměřítko
- malorozměrové
- středněrozměrové
- velkorozměrové

## příslušnost

- mezinárodní/evropské harmonizované
- národní
- ostatní

## uplatnitelnost PTCH

- PTCH legislativou požadované/definované
- PTCH uplatnitelné při modelování požáru

2



## PTCH – POŽÁRNĚTECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>legislativně požadované/definované</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>třída reakce na oheň</u></li> <li>▪ index šíření plamene po povrchu</li> <li>▪ odkapávání a odpadávání</li> <li>▪ <u>požární odolnost konstrukcí</u></li> <li>▪ teplota vzplanutí, teplota vznícení</li> <li>▪ spalné teplo, výhřevnost a efektivní výhřevnost</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>uplatnitelné jinak (např. při modelování)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ reakční teplo</li> <li>▪ rychlost uvolňování tepla</li> <li>▪ celkové a max. uvolněné teplo, MARHE</li> <li>▪ <u>toxická</u> (účinek na osoby / materiály)</li> <li>▪ optická hustota kouře</li> <li>▪ a spousta dalších...</li> </ul> </li> </ul> |
|--|---|

4



ČVUT  
UCEEB

## TŘÍDA REAKCE NA OHEŇ

- 7 tříd charakterizujících příspěvek výrobku k rozvoji požáru a prostorovému vzplanutí (flashover efekt)
- Požární charakteristika **povrchové úpravy**



5



ČVUT  
UCEEB

## TŘÍDA REAKCE NA OHEŇ

<b>A1</b>	Nepřispívají k růstu požáru a k vývoji kouře	beton, ocel, sklo, minerální vlna	<b>Nehořlavé výrobky</b>
<b>A2</b>	Nepřispívají významně k růstu požáru	SDK, CETRIS	
<b>B</b>	Velmi omezeně přispívají k růstu požáru	heraklit, PVC, systém ETICS, panely Kingspan	<b>Hořlavé výrobky</b>
<b>C</b>	Omezeně přispívají k „flashover“ efektu	linolea, PVC, IPN, PUR, PIR	
<b>D</b>	Přispívají k „flashover“ efektu	dřevo, PUR, PIR	
<b>E</b>	Výrazně přispívají k „flashover“ efektu	fasádní EPS, PUR	
<b>F</b>	Výrobky nezařazené do předchozích tříd		<b>Hořlavé výrobky</b>

6



ČVUT  
UCEEB

## TŘÍDA REAKCE NA OHEŇ

### DOPLŇKOVÁ KLASIFIKACE

- k třídám reakce na oheň A2 - D, popř. E
- vyjadřuje tvorbu doprovodných komponentů při hoření:
  - s1, s2, s3** vývoj kouře („s“ = smoke = kouř)
  - d0, d1, d2** vznik plamenně hořících kapek („d“ = droplet = kapka)
  - a1, a2, a3** kyselost zplodin při hoření kabelů („a“ = acidity)
- vyšší číslo u indexu = vyšší tvorba doprovodných komponentů hoření**

7



ČVUT  
UCEEB

## TŘÍDA REAKCE NA OHEŇ



8

## TŘÍDA REAKCE NA OHEŇ



Zdroj: RISE, Švédsko



## TŘÍDA REAKCE NA OHEŇ

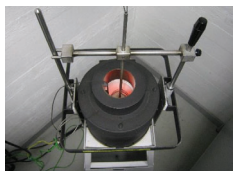
### ČSN EN 13501-1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb – Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň

- Zkouška nehořlavosti (ČSN EN ISO 1182)
- Stanovení spalného tepla (ČSN EN ISO 1716)
- Zkouška jednotlivým hořícím předmětem (ČSN EN 13823)
- Zkouška zápalnosti (ČSN EN ISO 11925-2)



- ISO 9705: 2016 Reaction to fire tests – Room corner test for wall and ceiling lining products – Part 1: Test method for a small room configuration
- ČSN EN 14390: 2007 Požární zkouška – Velkorozměrová ověřovací zkouška výrobků pro povrchové úpravy

A1	$\Delta T \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ; $\Delta m \leq 50 \%$ ; žádné plamenné hoření	PCS $\leq 2,0 \text{ MJ/kg}$ PCS $\leq 1,4 \text{ MJ/m}^2$	-	-
A2	$\Delta T \leq 50 \text{ }^\circ\text{C}$ ; $\Delta m \leq 50 \%$ ; $t_f \leq 20 \text{ s}$	PCS $\leq 3,0 \text{ MJ/kg}$ PCS $\leq 4,0 \text{ MJ/m}^2$	FIGRA $\leq 120 \text{ W/s}$ LFS < hrana vzorku THR <sub>600s</sub> $\leq 7,5 \text{ MJ}$	-
B	-	-	FIGRA $\leq 120 \text{ W/s}$ LFS < hrana vzorku THR <sub>600s</sub> $\leq 7,5 \text{ MJ}$	F <sub>s</sub> $\leq 150 \text{ m do } 60 \text{ s}$
C	-	-	FIGRA $\leq 250 \text{ W/s}$ LFS < hrana vzorku THR <sub>600s</sub> $\leq 15 \text{ MJ}$	F <sub>s</sub> $\leq 150 \text{ m do } 60 \text{ s}$
D	-	-	FIGRA $\leq 750 \text{ W/s}$	F <sub>s</sub> $\leq 150 \text{ m do } 60 \text{ s}$
E	-	-	-	F <sub>s</sub> $\leq 150 \text{ m do } 20 \text{ s}$
F	Žádné požadavky na chování			



ČSN EN ISO 1182



ČSN EN ISO 1716



ČSN EN 13823

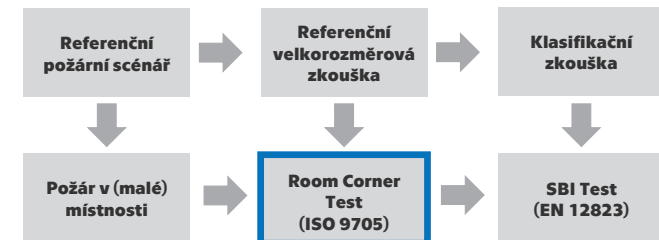


ČSN EN ISO 11925-2



## TŘÍDA REAKCE NA OHEŇ

- Hodnocení výrobků na základě toho, jakým způsobem přispívají k flashover efektu v případě požáru v rohu místnosti?
- Výsledky mají odpovídat tomu, jak by se výrobek choval v případě velkorozměrové zkoušky (ISO 9705 Room Corner Test)
- Pro běžné použití měřítko zmenšeno na SBI (Single Burning Item) Test





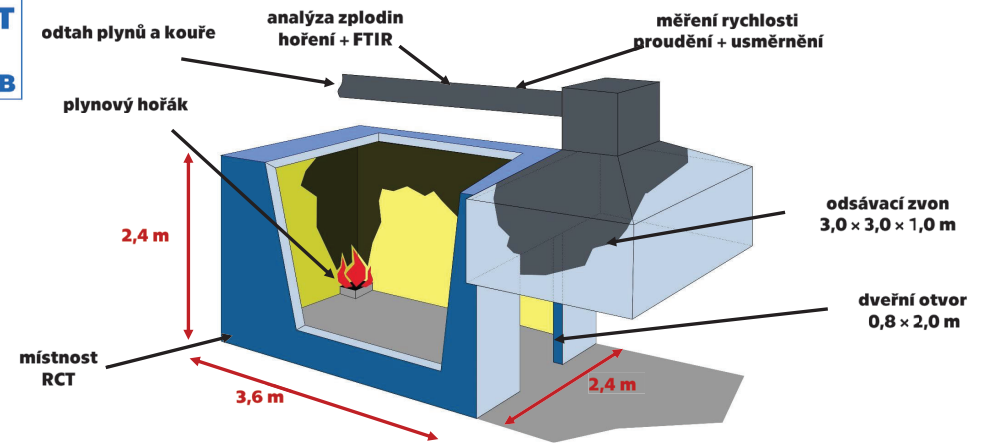
## TŘÍDA REAKCE NA OHEŇ - RCT

- ISO 9705: 2016 Reaction to fire tests – Room corner test for wall and ceiling lining products – Part 1: Test method for a small room configuration
- ČSN EN 14390: 2007 Požární zkouška – Velkorozměrová ověřovací zkouška výrobků pro povrchové úpravy
  - Hodnocení chování povrchových úprav stěn a stropů či jednotlivých hořících předmětů na oheň
  - Data popisující prvotní část rozvoje požáru po dosažení flashover efektu
  - Referenční scénář pro klasifikaci stavebních výrobků do tříd reakce na oheň A-E
  - Přímá klasifikace stavebních výrobků, které
    - nemohou být zkoušeny v malém měřítku
    - není vhodné testovat v malém měřítku

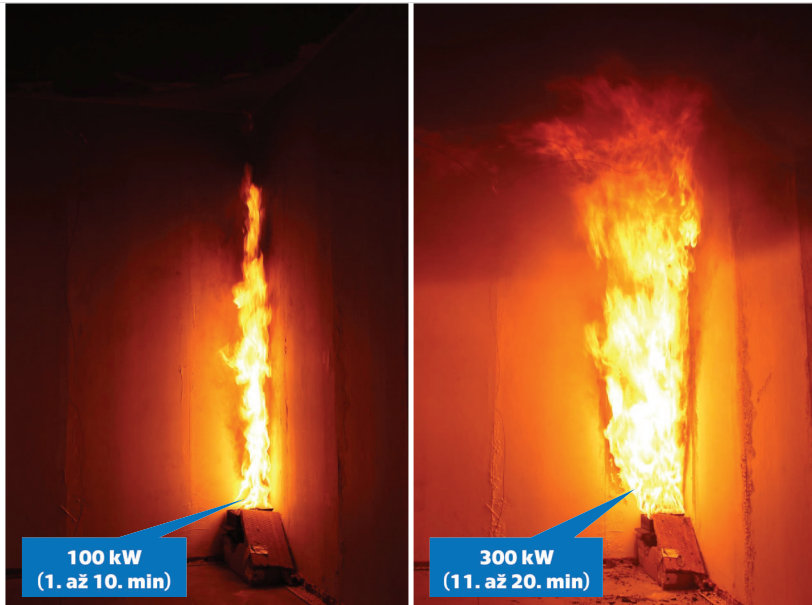
13



## TŘÍDA REAKCE NA OHEŇ - RCT



14



15



## TŘÍDA REAKCE NA OHEŇ - RCT

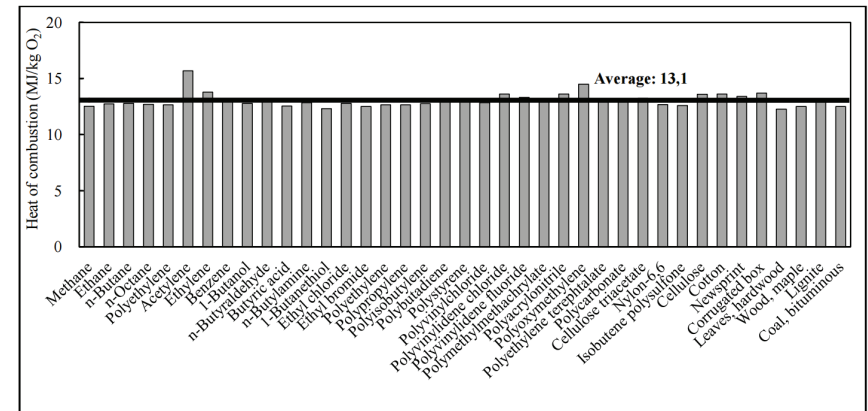


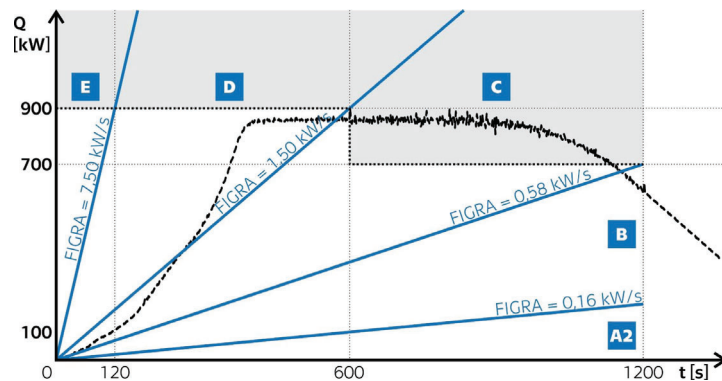
Figure 2 Heat of combustion for a range of different fuels. Data source: HUGGETT, Clayton. 1980.

16



## TŘÍDA REAKCE NA OHEŇ – KLASIFIKACE DLE RCT

- ČSN EN 13501-1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb – Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň



17

## INDEX ŠÍŘENÍ PLAMENE PO POVRCHU ODKAPÁVÁNÍ ODPADÁVÁNÍ

Foto: J. Seidl & spol.



### Index šíření plamene po povrchu

- ČSN 73 0863 (model hořící chodby)
- ČSN 73 0822 (tabulky materiálů)
- $i_s$  (mm/min.)
  - fasádní systémy
  - požární pásy
  - stěny a podhledy

### Odkapávání / odpadávání (ne)hořících hmot z podhledů stropů a střeš

- ČSN 73 0865 (model místnosti)
- POZOR nezaměňovat s doplňkovou klasifikací „d0“** u třídy reakce na oheň (např. C s2, d0 neznamená, že neodkapává dle ČSN 73 0865)



18



## POŽÁRNÍ ODOLNOST

- mezní stavy a doba do jejich porušení
- požární charakteristika **konstrukce jako celku**



19



## POŽÁRNÍ ODOLNOST

Schopnost nosné a požárně dělící konstrukce odolávat účinkům požáru bez porušení požadované funkce:

- mezní stav** – požadovaná funkce (může být více)
- doba** – v minutách
- druh konstrukce** – požadavek konstrukčního systému

**REI 30 DP1**

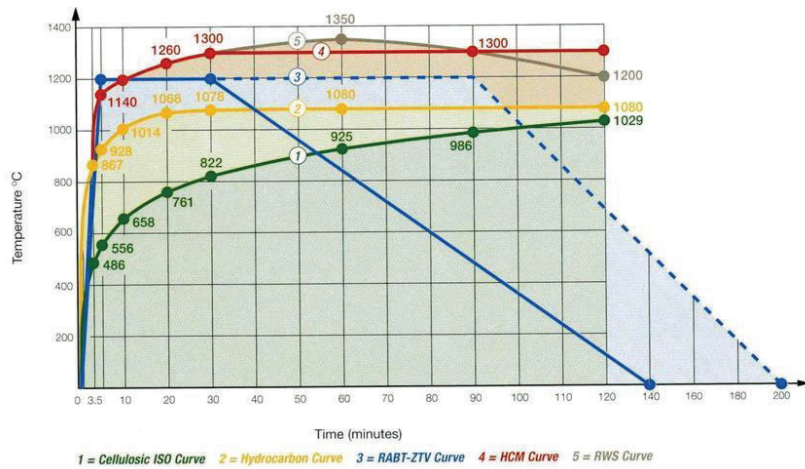
**R** (nosnost), **E** (celistvost), **I** (izolační schopnost), **W** (radiace)  
**C** (samozavírač), **S** (kouřotěsnost)

- 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120 a 180 minut
- DP1, DP2, DP3

20

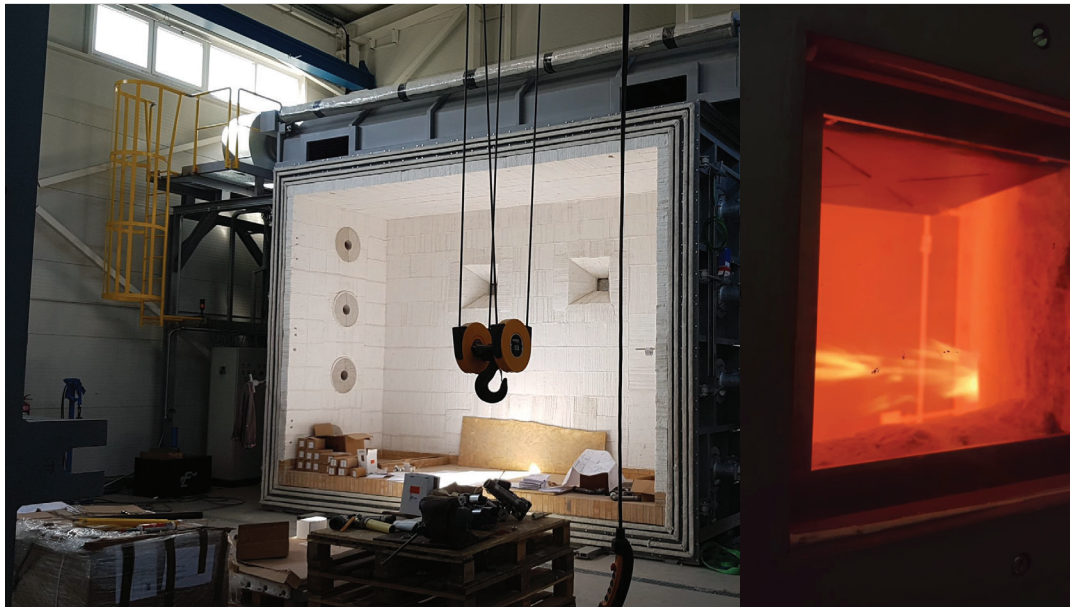


## POŽÁRNÍ ODOLNOST



## POŽÁRNÍ ODOLNOST

- klasifikační norma ČSN EN 13501-2
- zkušební normy řady ČSN EN 136x
  - 1363-1: základní požadavky
  - 1363-2: alternativy
  - 1364-1: nenosné stěny
  - ...
  - 1366-11: systémy ochrany kabelových rozvodů





## POŽÁRNÍ ODOLNOST

malý rozměr (např. DIN 4102-8)



velkorozměrové (ČSN EN 1363-x)



## PŘEDBĚŽNÁ POŽÁRNÍ ODOLNOST



## PŘEDBĚŽNÁ POŽÁRNÍ ODOLNOST





ČVUT

UCEEB

## MÉNĚ ZNÁMÉ PTCH



ČVUT

UCEEB

## TEPLOTA VZPLANUTÍ A VZNÍCENÍ

- SIT (self-ignition temperature)
- FIT (flame ignition temperature)
- teplota vznícení SIT [°C]: teplota, při níž dojde k samovolnému zapálení vzorku nebo produktů rozkladu bez přítomnosti zápalného zdroje
- teplota vzplanutí FIT [°C]: teplota, při níž dojde k zapálení směsi plynných produktů rozkladu vzorku působením vnějšího zápalného zdroje

**SIT > FIT**

30



ČVUT

UCEEB

## TEPLOTA VZPLANUTÍ A VZNÍCENÍ

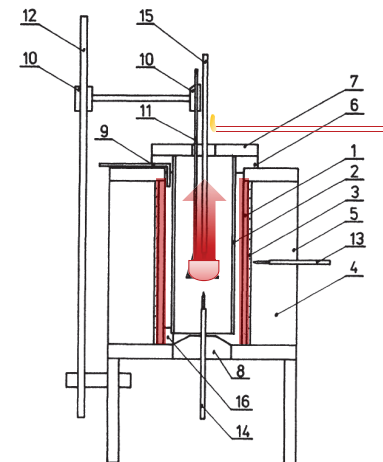
- proč?
  - hodnocení materiálů (ETICS)
  - hodnocení konstrukcí (DPx);
  - pokud není FIT, uvažuje se 180 °C, u střešních pláštů 140 °C



ČVUT

UCEEB

## TEPLOTA VZPLANUTÍ A VZNÍCENÍ

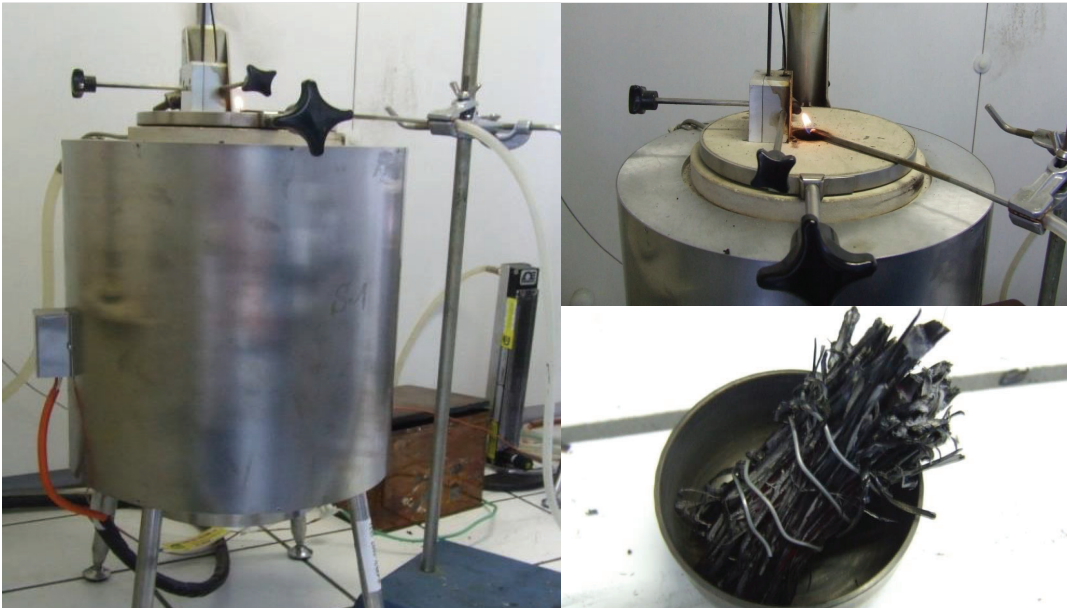


- vzorek: 2–3 g
- tvrdý vzorek: 15 x 15 mm
- +/- systém pokus – omyl
- doba trvání 1 pokusu 15 minut
- maximální teplota 750 °C

32

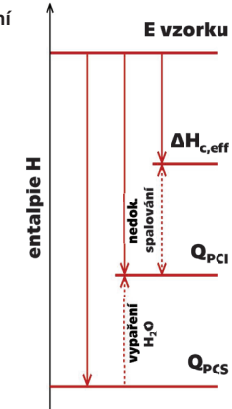
31





## SPALNÉ TEPLO X VÝHŘEVNOST X EFEKTIVNÍ VÝHŘEVNOST

- energie uvolněná při spalování z jednotky hmotnosti [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]
- energie celková (absolutní) bez ohledu na průběh hoření
- jak?
  - ČSN 73 0824:1992
- proč?
  - výpočet požárního rizika
  - POP x ČPOP x PUP

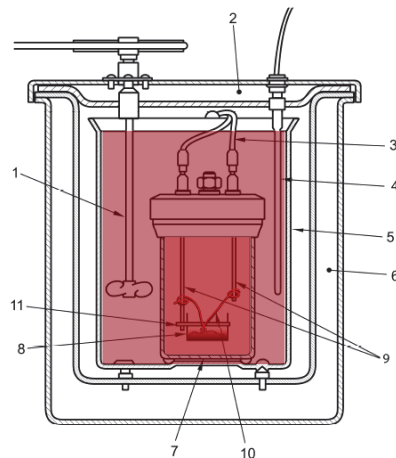


- $\Delta H_{c,eff}$  – **efektivní výhřevnost (effective heat of combustion)**
  - teplo uvolněné nedokonalým spalováním (saze, uhlíkaté zbytky, tvorba  $\text{CO} \dots$ )
- $H_c (Q_{PCl})$  – **výhřevnost (net HV)**
  - teplo uvolněné dokonalým spalováním, voda zůstává přeměněna na páru
- $Q (Q_{PCS})$  – **spalné teplo (gross HV)**
  - teplo uvolněné dokonalým spalováním, voda je zcela zkondenzována

34



## SPALNÉ TEPLO X VÝHŘEVNOST X EFEKTIVNÍ VÝHŘEVNOST



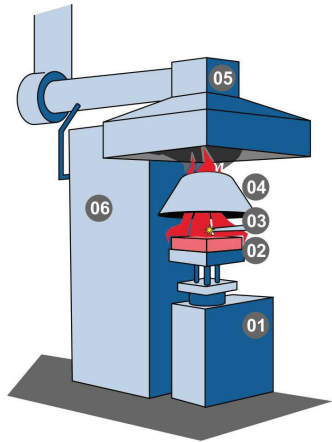
- vzorek (drcený): 0,5 g
- kyselina benzoová v sytkém stavu (katalyzátor): 0,5 g
- bomba natičková čistým kyslíkem 3,0–3,5 MPa
- voda okolo bomby destilovaná
- elektrická jiskra zapálí vzorek
- sleduje se nárůst teploty vody
- absolutní hodnota

35



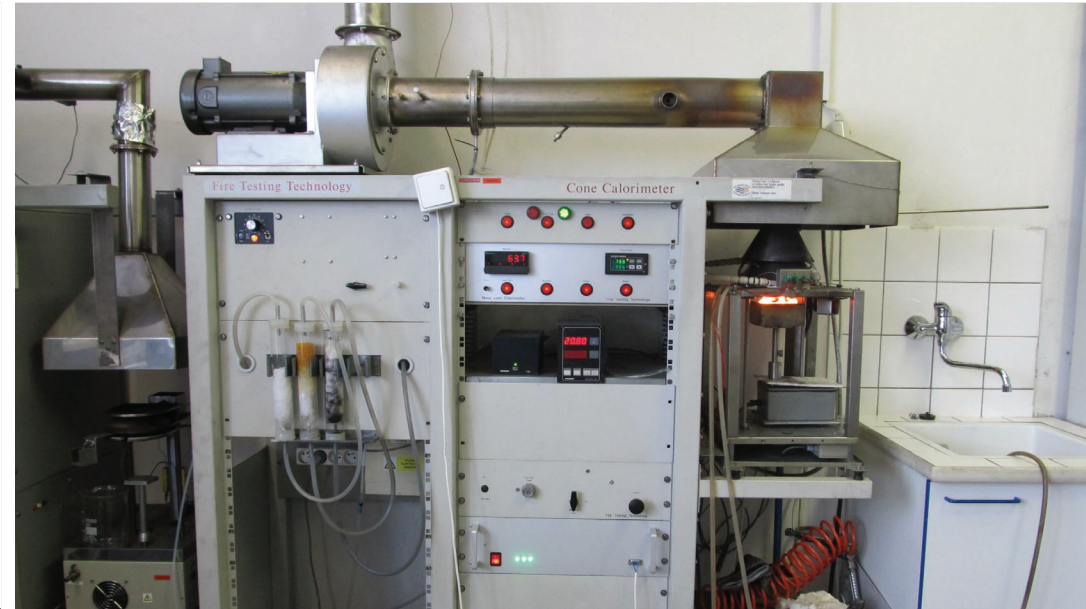


## SPALNÉ TEPLO X VÝHŘEVNOST X EFEKTIVNÍ VÝHŘEVNOST



- vzorek: 100 x 100 x 50 mm
- vodorovná/svislá orientace
- normová expozice 35 a 50 kW · m<sup>-2</sup>
- vzorek usazen na váhy
- nad vzorkem zapalování
- měří se zejména úbytek hmotnosti a zastoupení kyslíku ve zplodinách
- základní předpoklad reakční kalorigmetrie:  
1 kg O<sub>2</sub> spotřebovaný pro spalování uvolní cca 13,1 MJ energie

37



Zhao a Kruppa, Structural behaviour of an open car park under real fire scenarios



www.gobizkorea.com

39



# FIRELAB



ČVUT

UCEEB

## VYBAVENÍ

- Zkušební plocha stěn/stropu: 23,0 m<sup>2</sup>/8,6 m<sup>2</sup>
- Plynový hořák (1 až 300 kW)
- Teplota plynů, povrchů (termočlánky, deskové snímače teploty)
- Hustota tepelného toku (radiometry; 20, 50 a 100 kW/m<sup>2</sup>)
- Rychlost proudění plynů (obousměrné rychlostní sondy)
- Úbytek hmotnosti (váhy 0,75 x 0,75 m, rozlišení 20 g)
- Koncentrace plynů (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO), rychlost uvolňování tepla (HRR)
- Infračervená spektrální analýza zplodin hoření (FTIR), optická hustota kouře
- Systém pro hašení nízkotlakou vodní mlhou (čerpadlo, trysky)

41





odstupové vzdálenosti (tepelný tok) rohového okna



zkouška FV panelů | FireLAB | 6.9.2022



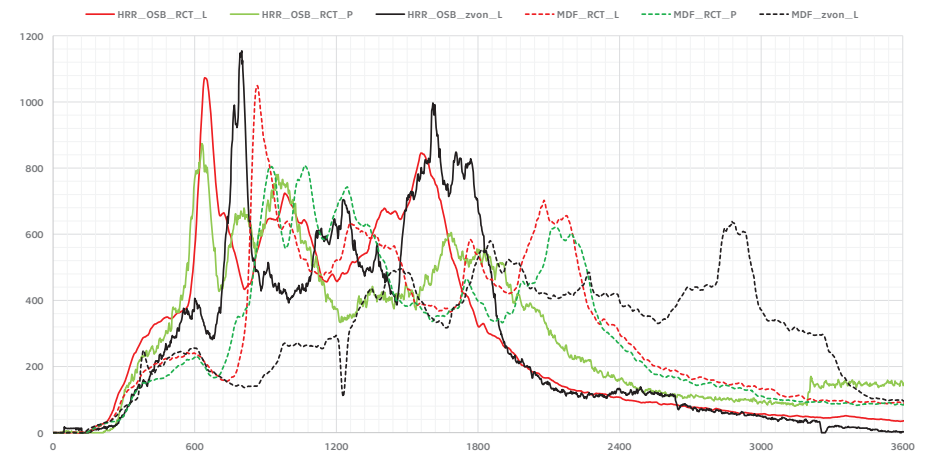
požární zkouška kočárků



sloupy v RCT



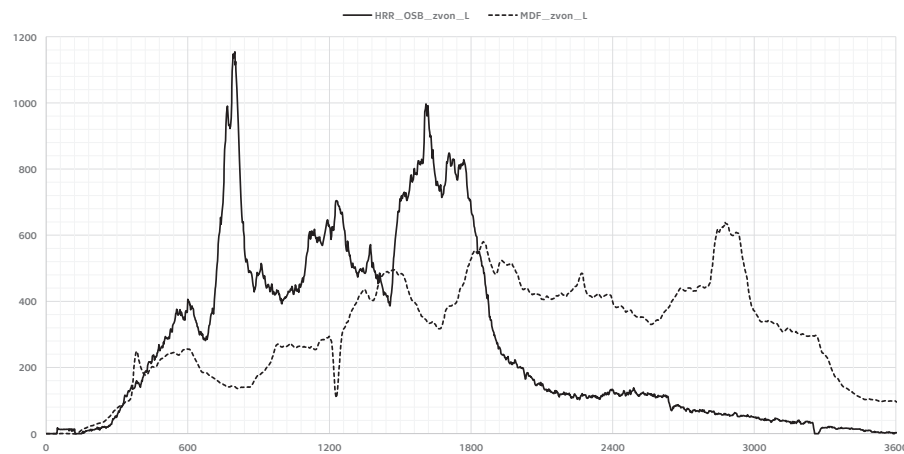
## 2020 – PYROBOARD



50



## 2020 – PYROBOARD



51



**DĚKUJI ZA POZORNOST**

Petr HEJTMÁNEK (petr.hejtmanek@cvut.cz)  
UCEEB Požární laboratoř