



Ministry of Construction and Physical Planning
MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I PROSTORNOGA UREĐENJA



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet

Marija Jelčić Rukavina, Milan Carević, Ivana Banjad Pečur

ZAŠTITA PROČELJA ZGRADA OD POŽARA

Priručnik za projektiranje i izvođenje



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet



Ministry of Construction and Physical Planning
MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I PROSTORNOGA UREĐENJA

Problematika širenja požara po pročelju

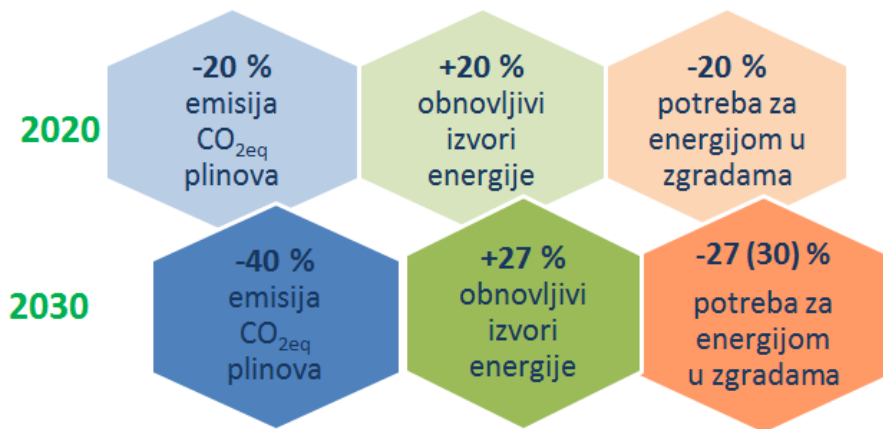
Doc.dr.sc. Marija Jelčić Rukavina

Predstavljanje Priručnika, Zagreb, 17.5.2017.

SADRŽAJ PREZENTACIJE

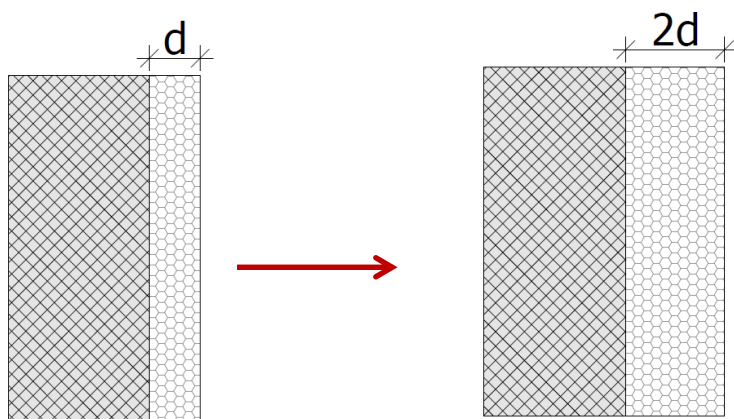
- Poveznica: energetska učinkovitost - zaštita od požara
- Mogući mehanizmi širenja požara po pročelju
- Stvarni požari - primjeri širenja požara preko pročelja
- Regulatorni zahtjevi koji se odnose na razradbu građevnih materijala prema reakciji na požar
- Potreba ispitivanja utjecaja požara na pročelja u velikom mjerilu
- Zaključak

Energetska učinkovitost i zaštita od požara u zgradama



Slika Usporedba ciljeva za energetska učinkovitost do 2020. i 2030. godine

- jedan od načina postizanja energetski učinkovitijih zgrada je ugradnja debljih toplinsko izolacijskih materijala u pročelje zgrade



ukupno požarno opterećenje se povećava, produljuje se trajanje požara, vrijeme gašenja i u konačnici povećava opasnost od širenja požara po pročelju

Toplinskoizolacijski materijali

| Generički opis | Primjeri |
|---|--|
| Negorivi materijali i materijali ograničene gorivosti | Uglavnom proizvodi od mineralnih vlakana kao što su <u>kamena i staklena vuna</u> , kojima se pri proizvodnji dodaje vezivo na bazi smole. |
| Termostabilni proizvodi | Poliuretanska (PUR), poliizocijanuratna (PIR) pjena ili fenolne pjene. |
| Termoplastični proizvodi | Najpoznatiji predstavnici ove grupe su <u>ekspandirani (EPS) i ekstrudirani (XPS) polistiren</u> . Mogu u sebi sadržavati usporivač gorenja. |
| Prirodna vlakna | Primjeri poput drvnih vlakana, pluta, ovčje vune, celuloze i konoplje postaju sve rašireniji u uporabi. Proizvode se općenito natapanjem, grijanjem i komprimiranjem kako bi se u konačnici dobio plošni proizvod. U nekim slučajevima koriste se različita veziva za postizanje zahtijevanih svojstava. |
| Reciklirani materijali | Kao izolacijski proizvodi mogu se koristiti različiti materijali, kao što su reciklirani papir i novinski papir, isjeckana guma i kombinacije drugih materijala, koji se mogu tretirati ili koristiti s vezivima kako bi se postigla zahtijevana svojstva. |

IZVOR:

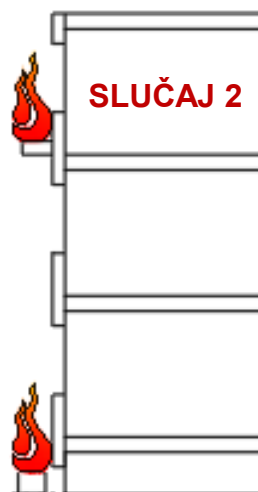
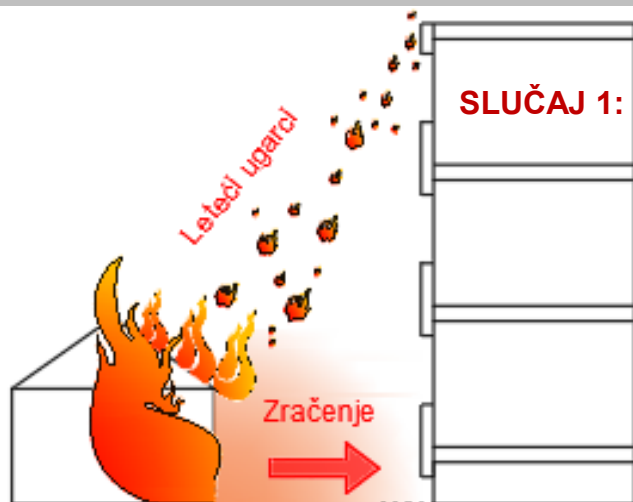
S. Baker, T. Colwell, *Fire Performance of external thermal insulation for walls of multistorey buildings - Third Edition*. 2013

Mehanizmi širenja požara po pročelju



prijenos vanjskog požara zračenjem sa susjedne, odvojene, zgrade na gorivo pročelje

prijenos vanjskog požara na gorivo pročelje sa izvora požara koji se nalaze uz samo pročelje (npr. kontejneri, automobili i sl.)

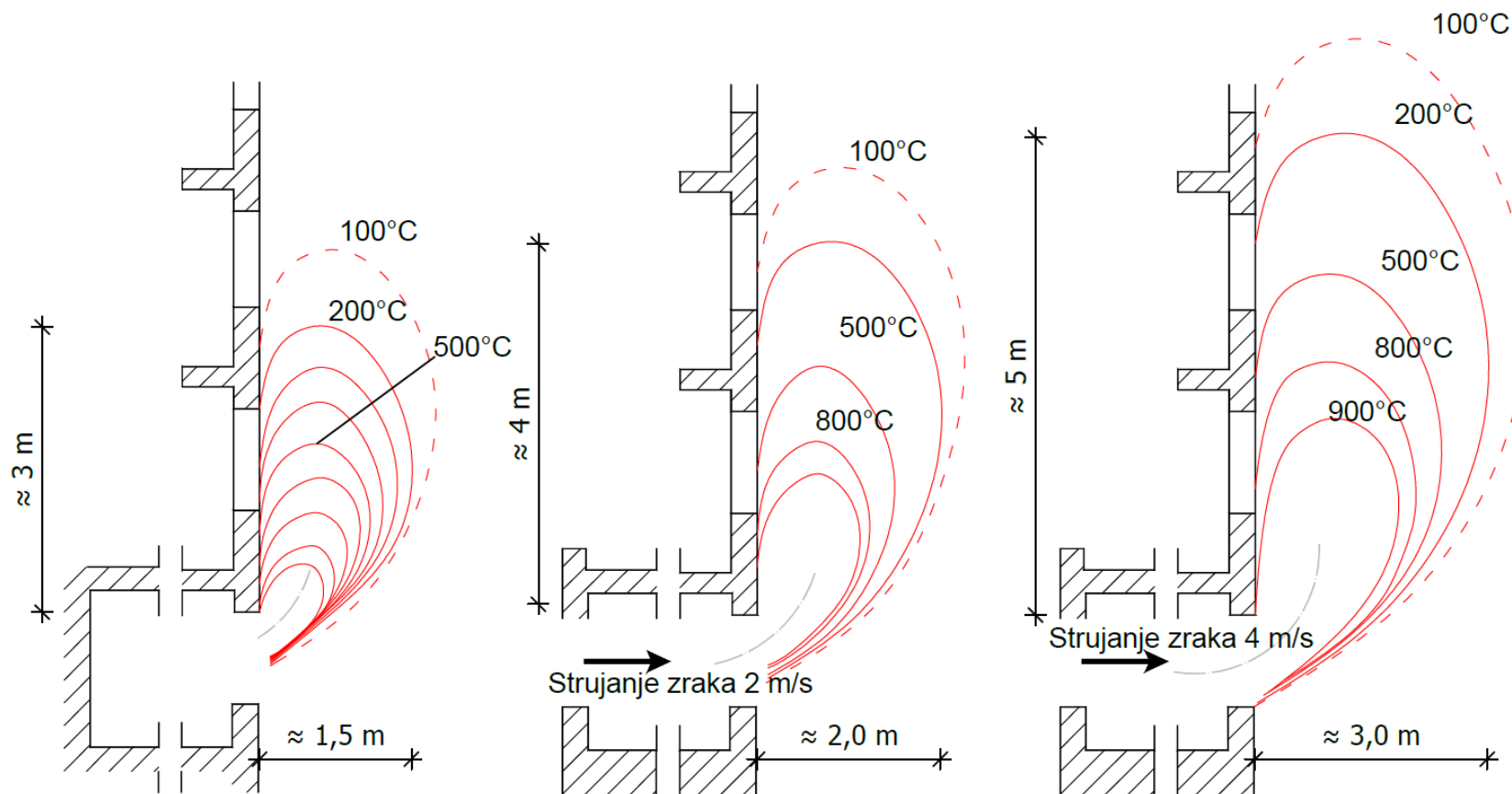
prijenos unutarnjeg požara koji nastaje u nekom prostoru zgrade i prenosi se preko otvora na pročelju



Usporedba svojstava požara iz vanjskog i unutarnjeg izvora

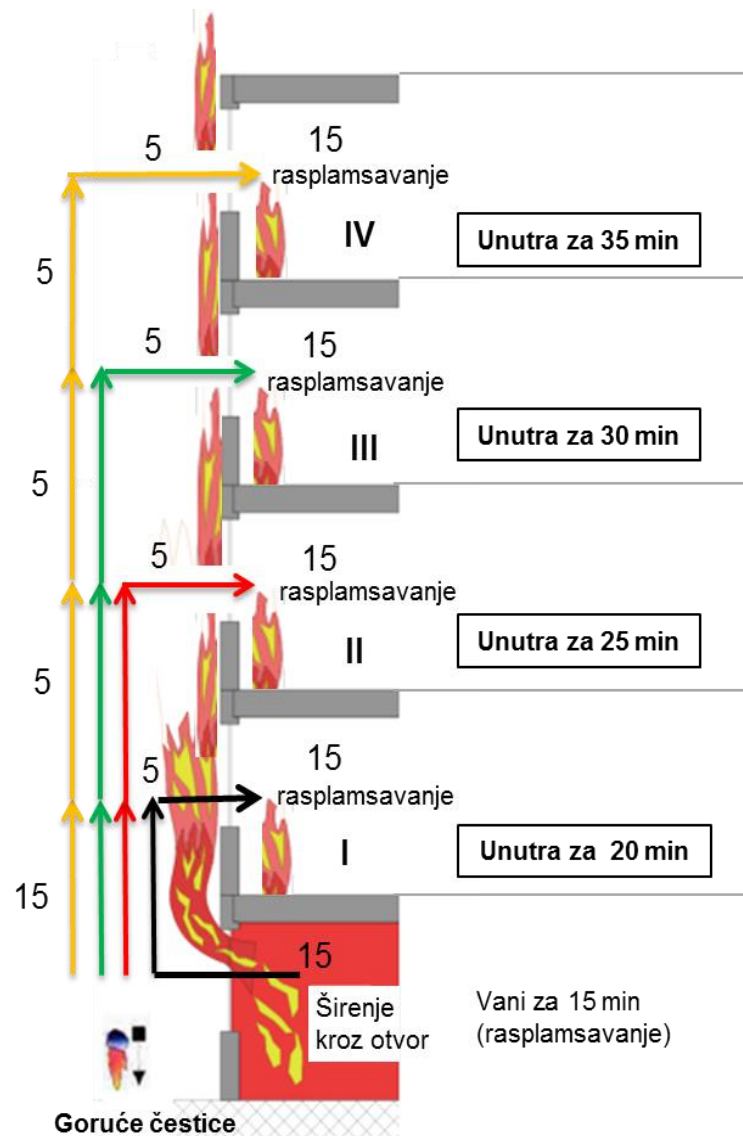
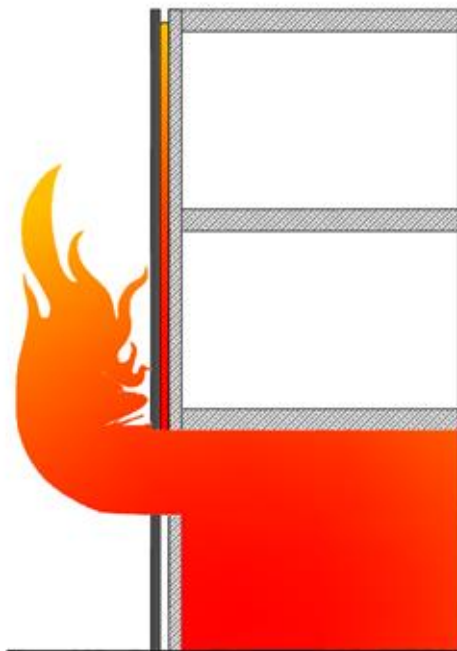
| | Požar ispred pročelja | Požar u unutarnjem prostoru |
|--------------------------------------|--|--|
| Izvor požara | Kontejner za smeće  | Požar u zatvorenom prostoru  |
| Maks. oslobođena energija | 1,2 - 1,5 MW | 1- 2 MW |
| Prosječna visina plamena | 2,5 - 3,0 m | 2,8 - 3,0 m |
| Početak izloženosti plamenu pročelja | 3 - 7 minuta | 12 - 13 minuta (nakon rasplamsavanja) |

Razvoj temperatura na pročelju nakon rasplamsavanja

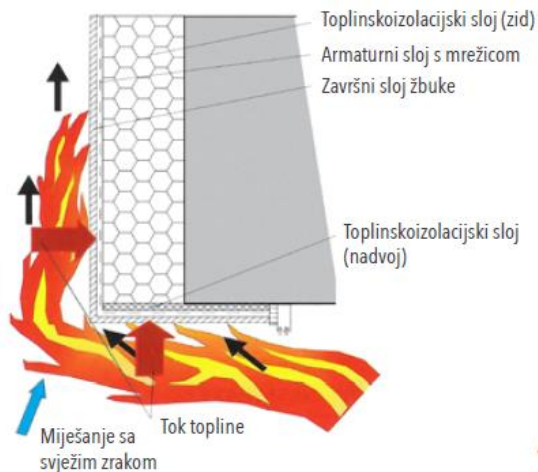


Problematika širenja požara po pročelju zgrada

- Na širenje požara u zgradi preko pročelja utječu:
 - svojstva **reakcije na požar** materijala,
 - postojanje šupljina u pročelju (npr. ventilirana pročelja),
 - otvori na pročelju (prozori/vrata).

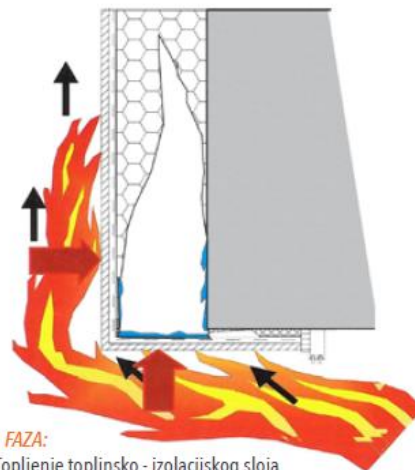


Problematika širenja požara po pročelju zgrada



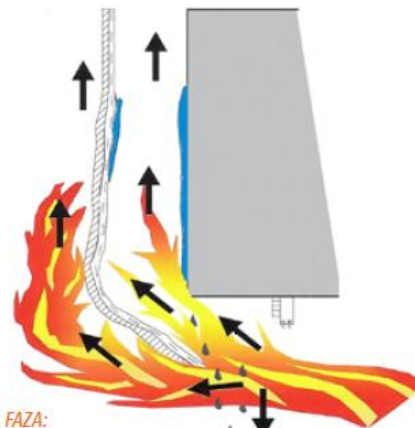
1. FAZA:

Toplinsko djelovanje na pročelje s donje i prednje strane u ETICS sustav



3. FAZA:

- Pojava tlačnih naprezanja iza sloja vanjske žbuke (zbog toplog zraka i pirolitičkih plinova)
- Oslobođanje pirolitičkih plinova kroz žbuku
- Izgaranje organske žbuke
- Izbočavanje i pucanje vanjskog sloja žbuke
- Raspadanje nadvoja pod težinom otopljene tvari
- Stvaranje kapljevih čestica



4. FAZA:

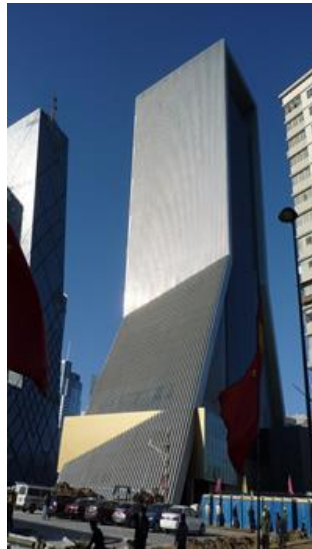
- Potpuno raspadanje nadvoja, otvaranje sustava pročelja
- Prodiranje plamena iza žbuke
- Izgaranje sustava na unutarnjoj i vanjskoj strani
- Otpadanje kapljica gorivog materijala

Slika Prikaz razvoja požara preko gorivih toplinskih izolacija
(izvor: Handbuch Brandschutzatlas Grundlagen)

Primjer širenja požara po pročelju

POŽAR TORNJA TELEVISION CULTURAL CENTERA (TVCC) U PEKINGU (KINA) 2009. GODINE

- PROJEKTANTI:
Rem Koolhaas i Ole Scheeren
- požar je počeo na krovu kao posljedica ilegalnog zavarivanja
- iskre od zavarivanja zahvatile su unutrašnjost metalnih panela te zapalile izolacijski sloj od XPS-a (ekstrudirani polistiren)
- kako je u isto vrijeme puhao i jak vjetar, cijeli toranj bio je u plamenu za manje od 20 minuta
- požar se proširio od krova prema donjim katovima.



Slika Zgrada TVCC-a a) prije, b) za vrijeme i c) nakon požara

Primjer širenja požara po pročelju

ZGRADA STUDENTSKOG DOMA CVJETNO NASELJE, ZAGEB, 2017. god.

- požar je počeo na krovu nižeg objekta i proširio se na pročelje višeg objekta
- ETICS sustav sa toplinsko-izolacijskim slojem od ekspaniranog polistirena (EPS-a)
- snažan vjetar za vrijeme požara
- nisu bili ugrađeni pojesevi od negorivog materijala



Slika a) Požar u studentskom domu i b) Izgled fasade nakon gašenja požara

Problematika širenja požara po pročelju zgrada

Ostali primjeri širenja požara po pročelju

SVIJET....



Ajman, UAE
(ožujak, 2016)



Dubai, UAE
(siječanj, 2016)



Dubai, UAE
(veljača, 2015)



Makedonija
(veljača, 2016)



Paris, France
(rujan, 2015)



Dijon, France
(studenj, 2010)



Miskolc, Mađarska
(kolovoz, 2009)



Berlin, Njemačka
(travanj, 2005)

Ostali primjeri širenja požara po pročelju

HRVATSKA....



ZLATAR BISTRICA (veljača, 2016)

POS-ova zgrada u Klari (prosinac , 2015)



Savski Gaj (listopad, 2016)

Zadatak zaštite od požara na pročeljima

- **Spriječiti brzo širenje požara preko više od 2 etaže** iznad ili ispod mjesta nastanka požara prije reakcije vatrogasnih postrojbi (u većini slučajeva 15-20 min)
- Spriječiti **padanje velikih dijelova pročelja**



12 minuta
Rasplamsavanje 1. etaža



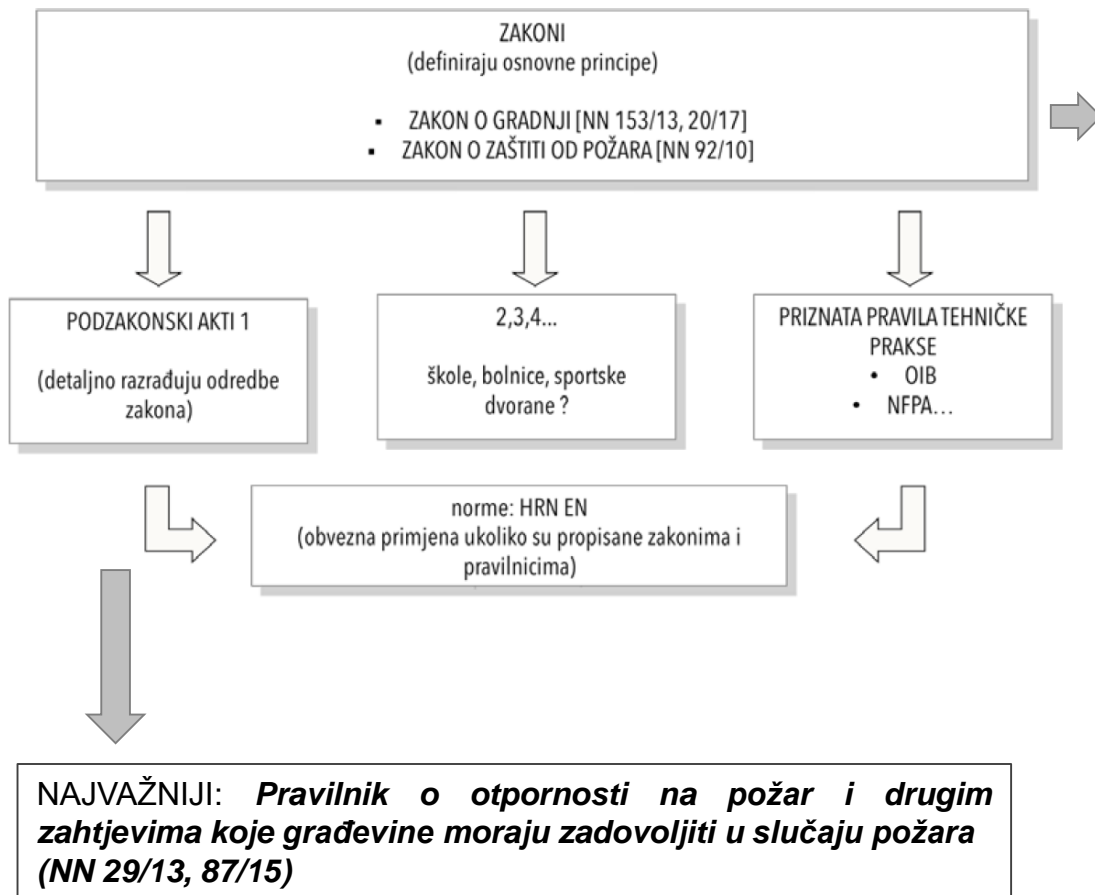
20 minuta
Rasplamsavanje 2. etaža



25 minuta

Slike širenje požara po pročelju **bez toplinske izolacije** (IZVOR: Khotoff, 2015)

Regulativa iz područja zaštite od požara u RH



Članak 25, stavak 1 ZOP-a: Prilikom projektiranja i građenja građevine mora se osigurati zaštita od požara, kao jedan od bitnih zahtjeva za građevinu propisanih posebnim propisom kojim se uređuje područje prostornog uređenja i gradnje, tako da se u slučaju požara:

- očuva nosivost konstrukcije tijekom određenog vremena utvrđena posebnim propisom,
- **spriječi širenje vatre i dima unutar građevine,**
- **spriječi širenje vatre na susjedne građevine,**
- **omogući da osobe mogu neozlijeđene,** napustiti građevinu, odnosno da se omogući njihovo spašavanje,
- omogući zaštita spašavatelja.

Problematika širenja požara po pročelju zgrada

Prema Pravilniku o otpornosti na požar i drugim zahtjevima...
(NN 29/13, 87/15)**PODSKUPINE ZGRADA**

| Zahtjevi / Podskupina zgrada | ZPS1 | ZPS2 | ZPS3 | ZPS4 | ZPS5 | Visoke zgrade |
|--|----------------------|-----------------------|------------------|---|-------------------------------|--|
| Kota poda najviše etaže za boravak ljudi, h | 7 m | 7 m | 7 m | 11 m | < 22 m | ≥ 22 m |
| Ukupna površina | ≤ 400 m ² | ≤ 1200 m ² | Nema ograničenja | Nema ograničenja | Nema ograničenja | Nema ograničenja Posebni Pravilnik u izradi |
| Pojedinačna bruto površina poslovnih, odnosno stambenih jedinica | ≤ 400 m ² | ≤ 400 m ² | Nema ograničenja | Nema ograničenja ako je jedna stambena ili poslovna jedinica ≤ 400 m ² po poslovnoj ili stambenoj jedinici | Nema ograničenja | Nema ograničenja Posebni Pravilnik u izradi |
| Max. broj jedinica | 1 | ≤ 3 | Nema ograničenja | Nema ograničenja | Nema ograničenja | Nema ograničenja Posebni Pravilnik u izradi |
| Broj korisnika | ≤ 50 ukupno | ≤ 100 ukupno | ≤ 300 ukupno | ≤ 300 ukupno | ≥ 300 u pojedinačnom prostoru | Nema ograničenja Posebni Pravilnik u izradi |

Problematika širenja požara po pročelju zgrada

Prema Pravilniku o otpornosti na požar i drugim zahtjevima... (NN 29/13, 87/15)**ZAHTJEVI ZA PROČELJA**

Reakcija na požar je doprinos materijala/proizvoda razvoju požara uslijed vlastite razgradnje do koje dolazi izlaganjem tog materijala određenim ispitnim uvjetima

| Građevni dijelovi | Zgrade podskupine (ZPS) | | | | | | | |
|---|-------------------------|------|------|-------|-----|------|---------------|-------|
| | ZPS1 | ZPS2 | ZPS3 | ZPS4 | | ZPS5 | Visoke zgrade | |
| Ovješeni ventilirani elementi pročelja | | | | | | | | |
| Klasificirani sustav | E | D-d1 | D-d1 | C-d1 | | B-d1 | A2-d1 | |
| ili | | | | | | | | |
| Izvedba sa sljedećim klasificiranim komponentama | | | | | | | | |
| Vanjski sloj | E | D | D | A2-d1 | ili | B-d1 | B-d1 | A2-d1 |
| Potkonstrukcija | | | | | | | | |
| - štapasta | E | D | D | D | ili | D | C | A2 |
| - točkasta | E | D | A2 | A2 | | A2 | A2 | A2 |
| Izolacija | E | D | D | B | | A2 | A2 | A2 |
| Toplinski kontakti pročelja | | | | | | | | |
| Klasificirani sustav | E | D | D-d1 | C-d1 | | B-d1 | A2-d1 | |
| ili | | | | | | | | |
| Sastav slojeva sa sljedećim klasificiranim komponentama | | | | | | | | |
| - pokrovni sloj | E | D | D | C | | B-d1 | A2-d1 | |
| - izolacijski sloj | E | D | C | B | | A2 | A2 | |

Razredi reakcije na požar prema normi HRN EN 13501-1: 2010

7 razreda reakcije na požar:

A1, A2, B, C, D, E, F

| Eurorazred | Ponašanje materijala |
|----------------|---|
| A ₁ | Negoriv materijal |
| A ₂ | |
| B | Materijal ograničenog gorenja |
| C | Izgara u periodu od 10 do 20 minuta |
| D | Izgara u periodu od 2 do 10 minuta |
| E | Izgara u periodu od 2 minute |
| F | Proizvodi za koje nije određeno svojstvo reakcije na požar ili koji ne zadovoljavaju zahtjeve razreda A1, A2, B, C, D ili E. U pravilu lako zapaljivi materijali. |

Razredi reakcije na požar prema HRN EN 13501-1:2010

DODATNA RAZRADBA:

DIM: s1, s2, s3

| | |
|----|--|
| S1 | Dopuštena mala količina dima |
| S2 | Ograničena proizvodnja, ali i porast količine dima |
| S3 | Nije ograničena količina dima |

GORIVO OTKAPAVANJE: d0, d1, d2

| | |
|----|---|
| d0 | Nije dopuštena pojava gorućih kapljica/čestica |
| d1 | Ograničena pojava gorućih kapljica/čestica |
| d2 | Nema ograničenja za pojavu gorućih kapljica/čestica |

Razredi reakcije na požar prema normi HRN EN 13501-1: 2010

Kobinacija sva 3 parametra:

> reakcija na požar

> dim

> kapljice/čestice

| A1 | | |
|----------|----------|----------|
| A2-s1,d0 | A2-s1,d1 | A2-s1,d2 |
| A2-s2,d0 | A2-s2,d1 | A2-s2,d2 |
| A2-s3,d0 | A2-s3,d1 | A2-s3,d2 |
| | | |
| B-s1,d0 | B-s1,d1 | B-s1,d2 |
| B-s2,d0 | B-s2,d1 | B-s2,d2 |
| B-s3,d0 | B-s3,d1 | B-s3,d2 |
| | | |
| C-s1,d0 | C-s1,d1 | C-s1,d2 |
| C-s2,d0 | C-s2,d1 | C-s2,d2 |
| C-s3,d0 | C-s3,d1 | C-s3,d2 |
| | | |
| D-s1,d0 | D-s1,d1 | D-s1,d2 |
| D-s2,d0 | D-s2,d1 | D-s2,d2 |
| D-s3,d0 | D-s3,d1 | D-s3,d2 |
| | | |
| E | | |
| E-d2 | | |
| | | |
| F | | |

Usporedba HRN EN 13501-1 i HRN EN 4102-1

| | Dodatni zahtjevi | | HRN EN 13501-1 | HRN EN 4102-1 |
|----------------|-------------------|-------------------------------|----------------|---------------|
| | Nema razvoja dima | Nema gorućih kapljica/čestica | | |
| NEGORIV | x | x | A1 | A1 |
| | x | x | A2-s1,d0 | A2 |
| TEŠKO GORIV | x | x | B-s1,d0 | B1 |
| | | | C-s1,d0 | |
| | x | x | A2-s2,d0 | |
| | | | A2-s3,d0 | |
| | | | B-s2,d0 | |
| | | | B-s3,d0 | |
| | | | C-s2,d0 | |
| | | | C-s3,d0 | |
| | | | x | |
| | A2-s1,d2 | | | |
| | B-s1,d1 | | | |
| | B-s1,d2 | | | |
| | C-s1,d1 | | | |
| | C-s1,d2 | | | |
| | x | x | A2-s3,d2 | |
| B-s3,d2 | | | | |
| C-s3,d2 | | | | |
| NORMALNO GORIV | x | x | D-s1,d0 | B2 |
| | | | D-s2,d0 | |
| | | | D-s3,d0 | |
| | | | E | |
| | x | x | D-s1,d1 | |
| | | | D-s2,d1 | |
| | | | D-s3,d1 | |
| | | | D-s1,d2 | |
| | | | D-s2,d2 | |
| | | | D-s3,d2 | |
| | x | x | x | |
| LAKO ZAPALJIV | | | F | B3 |

Ispitne metode za razredbu materijala prema svojstvu reakcije na požar

| Razred | Norma ispitivanja | Naziv ispitivanja |
|--------|-----------------------------------|--|
| A1 | HRN EN ISO 1182 i HRN EN ISO 1716 | Ispitivanje negorivosti i toplinskog potencijala |
| | HRN EN ISO 1182 ili | Ispitivanje negorivosti ili ispitivanje toplinskog potencijala i ispitivanje pojedinačnim gorućim elementom (SBI – eng. <i>single burning item</i>) |
| A2 | HRN EN ISO 1716 i HRN EN 13823 | |
| B | HRN EN 13823 i HRN EN ISO 11925-2 | SBI ispitivanje i ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena |
| C | HRN EN 13823 i HRN EN ISO 11925-2 | SBI ispitivanje i ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena |
| D | HRN EN 13823 i HRN EN ISO 11925-2 | SBI ispitivanje i ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena |
| E | HRN EN ISO 11925-2 | Ispitivanje pojedinačnim izvorom plamena |
| F | Ponašanje nije određeno | Ispitivanja se ne provode |

ISPITIVANJE GORENJA POJEDINAČNOG PREDMETA

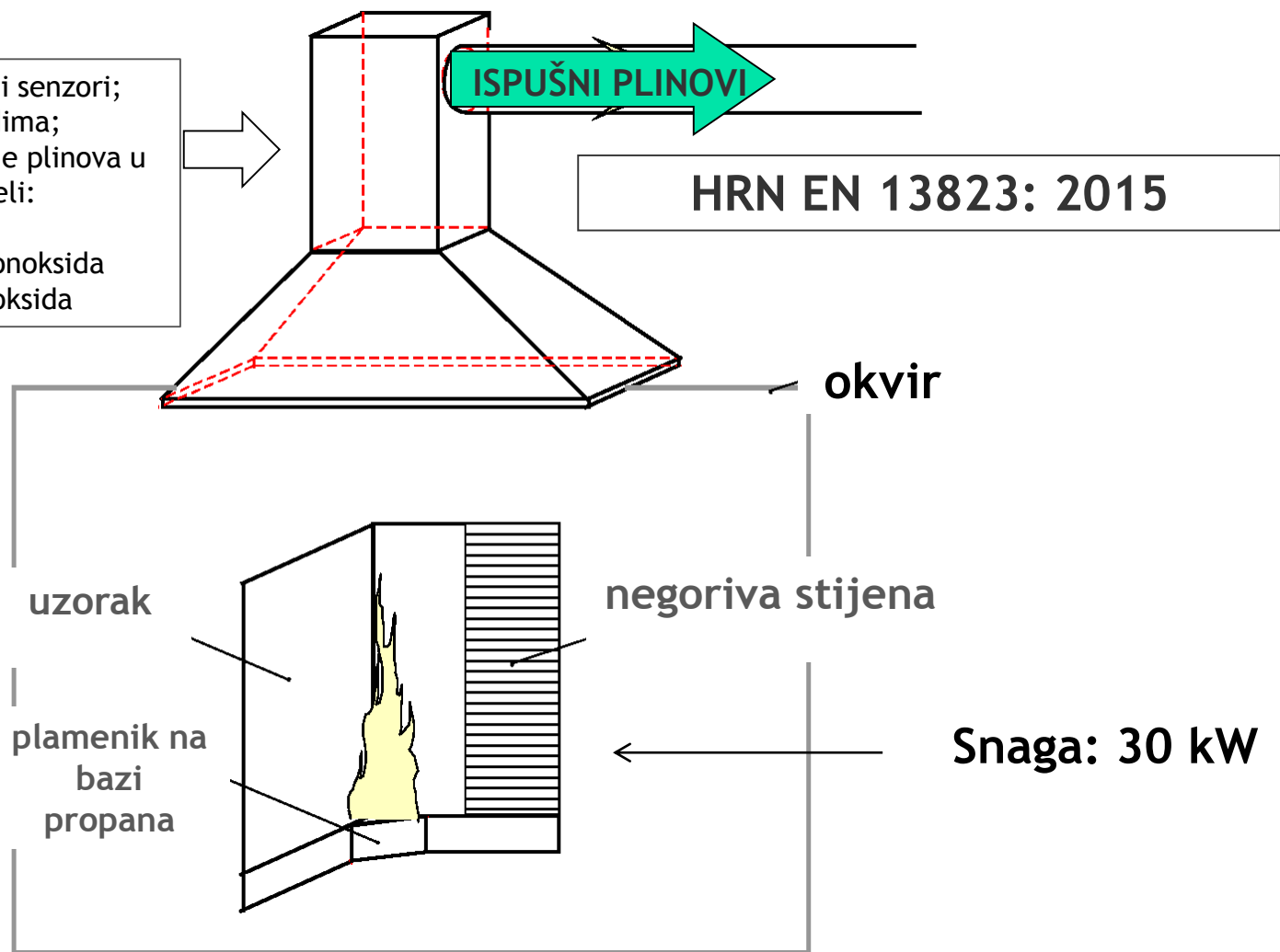
- Ispitivanjem se ocjenjuje potencijalni doprinos razvoju požara građevnog proizvoda u požarnoj situaciji kojom se simulira gorenje pojedinačnog predmeta u kutu prostorije u blizini tog proizvoda
- uzorak se sastoji od 2 vertikalno orijentirana krila koja međusobno formiraju kut od 90°
 - kraće krilo je dimenzija 0,5 x 1,5m visine,
 - duže 1,0 x 1,5m visine.

HRN EN 13823: 2015



ISPITIVANJE GORENJA POJEDINAČNOG PREDMETA

- temperaturni i tlačni senzori;
- mjerac prozirnosti dima;
- sonda za uzorkovanje plinova u kojima se mjeri udjeli:
 - kisika
 - ugljikovog monoksida
 - ugljikovog dioksida



FIGRA

Fire Growth Rate Index

brzina razvoja požara (W/s)

ISPITIVANJE GORENJA POJEDINAČNOG PREDMETA

HRN EN 13823: 2015

LFS

Lateral Flame Spread

bočno širenje plamena na dužem krilu uzorka (m)

THR_{600s}

Total Heat Realease

cjelokupna oslobođena toplina iz uzorka tijekom prvih 600 s izloženosti plamenu iz glavnog plamenika (MJ)

SMOGRA

Smoke Growth Rate

brzina oslobađanja dima - maksimalni količnik brzine proizvodnje dima iz ispitnog uzorka i vremena njegova postanka (m^2/s^2)

TSP600s

Total Smoke Production

cjelokupna količina dima iz ispitnog uzorka tijekom prvih 600 s izloženosti plamenu iz glavnog plamenika (m^2)

Potreba ispitivanja sustava pročelja u velikom ili srednjem mjerilu

Većina razvijenih zemalja ima nacionalnu normu za ispitivanje sustava pročelja u velikom mjerilu, npr.

- **ŠVEDSKA**
 - SP FIRE 105: External wall assemblies and facade claddings reaction to fire.
- **NJEMAČKA**
 - DIN 4102-20: Fire behaviour of building materials and building components - Part 20: Particular verification of the fire behavior of cladding for external walls
- **UJEDINJENO KRALJEVSTVO**
 - BS 8414-1: Fire performance of external cladding systems. Test methods for non-loadbearing external cladding systems applied to the face of building.
- **AUSTRIJA**
 - ÖNORM B 3800-5: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 5: Brandverhalten von Fassaden - Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen
 -

Problematika širenja požara po pročelju zgrada

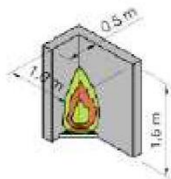
Ispitivanje u velikom mjerilu (sustav s oblogama)

Jedan požarni scenarij: plamen se širi iz otvora

Reakcija na požar (ispitivanje materijala)

SBI

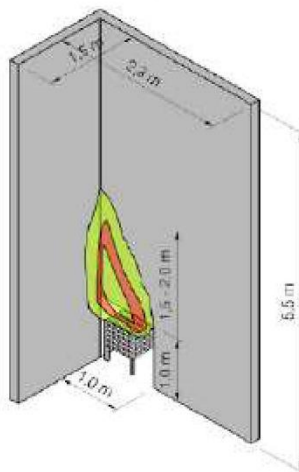
Ukupna visina ispitnog
uzorka H = 1,5 m



a) 30 kW

Razina izloženosti: jedan

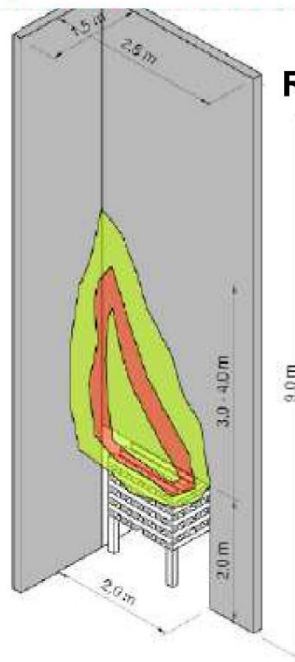
Ukupna visina ispitnog
uzorka H = 5,5 m



b) 320 - 380 kW

Razina izloženosti: dva

Ukupna visina
ispitnog uzorka
H = 9,0 m



c) 3000 - 3500 kW



Slika a) postav ispitivanja prema SBI (i.e. *single burning item*) metodi b) i c) postav ispitivanja u tzv. srednjem i velikom mjerilu

FIRE FACADE TEST (FFT ISPITIVANJE)

- U Hrvatskoj održan 28.5.2014. www.grad.unizg.hr/fft

- Organizatori:



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING



- Partneri kod ispitivanja:



- Ispitivanje provedeno prema normi BS 8414-1: 2002

Problematika širenja požara po pročelju zgrada

FIRE FACADE TEST (FFT ISPITIVANJE)



| Oznaka uzorka | E_1 | M_3 | EM_2 |
|---------------|--|---|--|
| Opis uzorka | ETICS sa zapaljivom toplinskom izolacijom (EPS) + organska završna žbuka | ETICS sa nezapaljivom toplinskom izolacijom (MW) + organska završna žbuka | ETICS sa zapaljivom toplinskom izolacijom (EPS) + organska završna žbuka Sa barijerama iznad otvora (njemački standard) |
| | B-s2,d0 | A2-s1,d0 | B-s2,d0 (A2-s1,d0 barijera) |



Problematika širenja požara po pročelju zgrada

Rezultati ispitivanja - vizualna opažanja



Paljenje konstrukcije od drvenih letvica – početak požara



9 minuta nakon početka



19 minuta nakon početka



28 minuta nakon početka



37 minuta nakon početka



54 minute nakon početka – tinjanje uzorka EM_2



64 minute nakon početka – vatrogasci polijevaju M_3 zbog sigurnosnih razloga

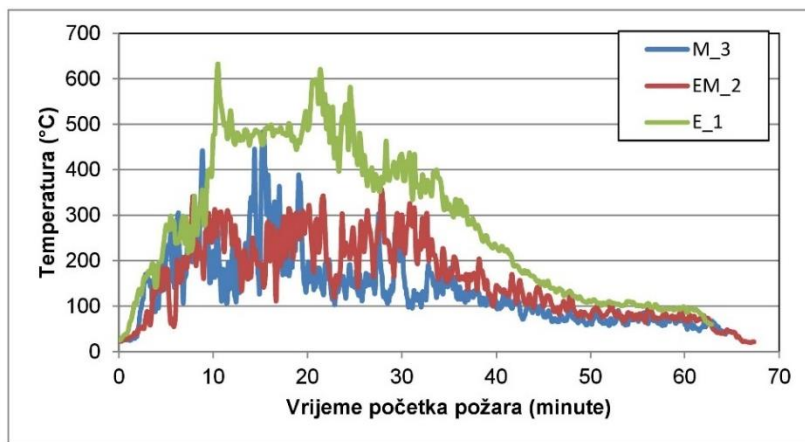


66 minuta nakon početka – vatrogasci polijevaju EM_2 zbog sigurnosnih razloga

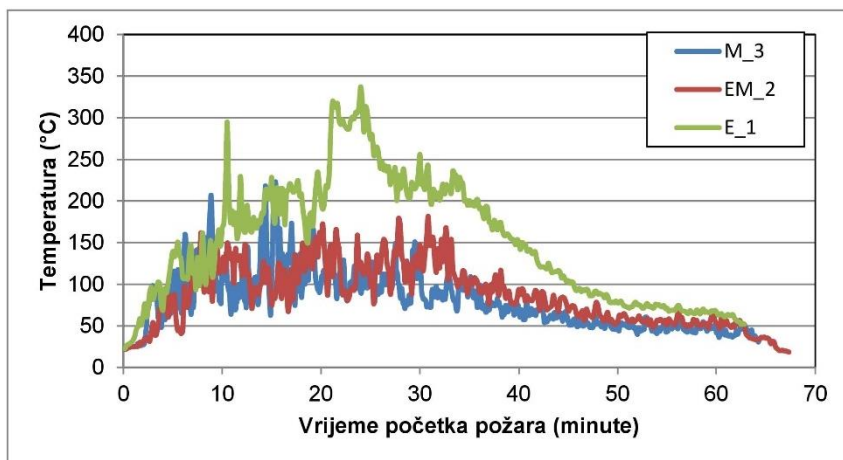


67 minuta od početka – vatrogasci polijevaju E_1 zbog sigurnosnih razloga

Rezultati ispitivanja - temperature vs. vrijeme



Prosječne površinske temperature na razini 1 (2,5 m od vrha ložišta) glavne plohe



Prosječne površinske temperature na razini 2 (5,0 m od vrha ložišta) glavne plohe

Zaključak

- ❑ Zahtjev za povećanom energetsom učinkovitošću zgrada ima za posljedicu veći rizik širenja požara po pročelju zgrada
- ❑ Sadašnja metoda klasifikacije materijala koja se temelji na SBI ispitivanju (reakcija na požar), a koja se koristi za sustave pročelja, ne zadovoljava stvarne požarne snage koje bi se pojavile u realnim požarima. Zemlje EU su pred donošenjem zajedničke, harmonizirane norme, koja će se temeljiti na ispitivanju u velikom mjerilu (eng. *large scale test*) koji će kao izvor požara imati realnu snagu.
- ❑ Potrebno je provesti stručnu analizu većih požara u objektima u kojima borave teško pokretne osobe i/ili osobe koje zahtijevaju pomoć u evakuaciji (bolnice, škole, vrtići i sl.), i po potrebi redefinirati razrede reakcije na požar elemenata pročelja.

Najljepše zahvaljujemo na pažnji!

Pitanja?



jmarija@grad.hr
inspekting@zg.t-com.hr
banjadi@grad.hr