



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski Fakultet

Zagrebački **energetski tjedan** 08.-13. 05. 2017.

*„Uloga gospodarskog sektora
u procesu realizacije
energetski održivog razvoja“*

Energetska učinkovitost i zaštita od požara pročelja zgrada

Doc.dr.sc. Marija Jelčić Rukavina, dipl.ing.građ.

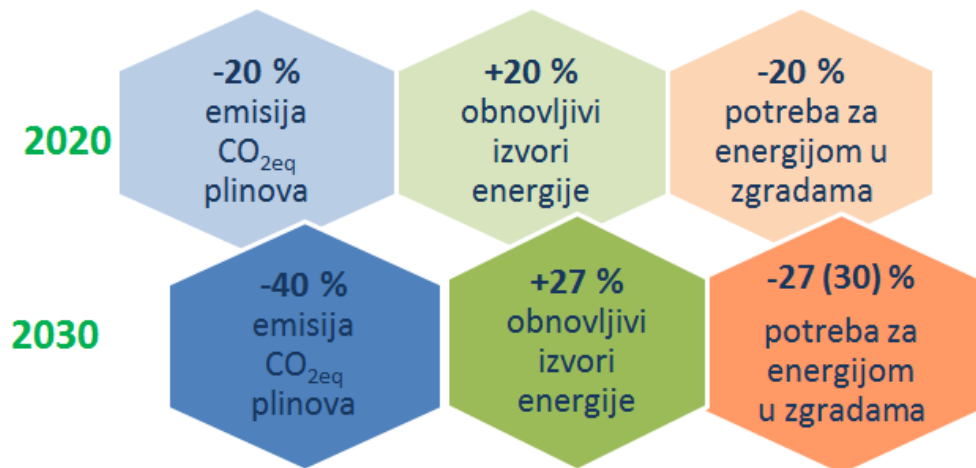
Viši predavač Milan Carević, dipl.ing.arh.



SADRŽAJ PREZENTACIJE

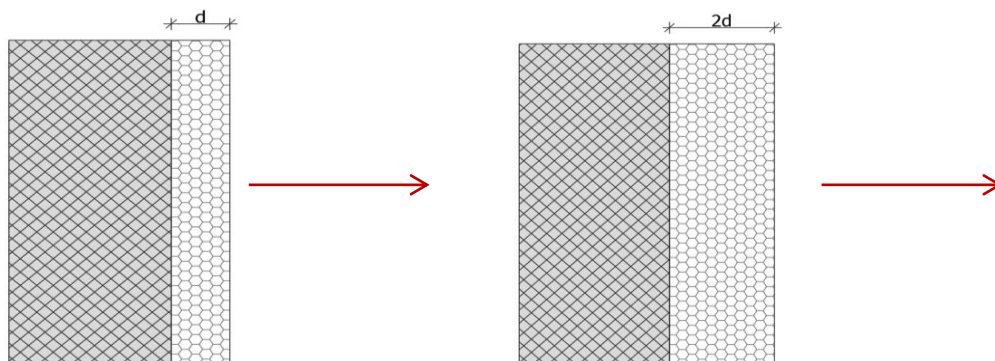
- Energetska učinkovitost i zaštita od požara
- Mogući mehanizmi širenja požara po pročelju
- Stvarni požari- Primjeri širenja požara preko pročelja
- Regulativa u Republici Hrvatskoj vezana za ZOP pročelja
- Potreba ispitivanja utjecaja požara na pročelja u velikom mjerilu
- Zaključak

Energetska učinkovitost i zaštita od požara u zgradama



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

- jedan od načina postizanja energetske učinkovitije zgrade 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

TOPLINSKO-IZOLACIJSKI MATERIJALI

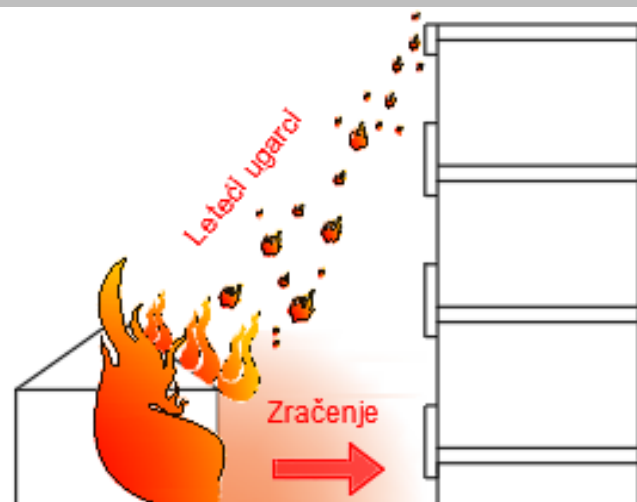
Generički opis	Primjeri
Negorivi materijali i materijali ograničene gorivosti	uglavnom proizvodi od mineralnih vlakana kao što su kamena i staklena vuna kojima se pri proizvodnji dodaje vezivo na bazi smole
Termostabilni proizvodi	poliuretanska (PUR), poliizocijanuratna (PIR) pjena ili fenolne pjene
Termoplastični proizvodi	ekspandirani (EPS) i ekstrudirani (XPS) polistiren
Prirodna vlakna	drvena vlakna, pluto, ovčja vuna, celuloza i konoplja
Reciklirani materijali	različiti materijali, kao što su reciklirani papir i novinski papir, sjeckana guma i kombinacije drugih materijala, koji se mogu tretirati ili koristiti s vezivima kako bi se postigla zahtijevana svojstva.

U RH najčešće korišteni materijali

MEHANIZMI ŠIRENJA POŽARA PO PROČELJU

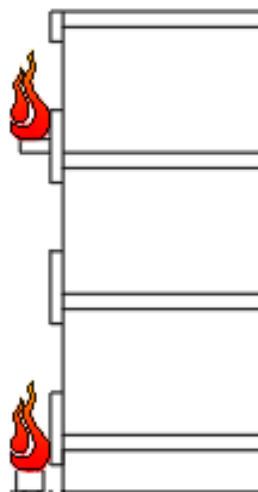
SLUČAJ 1:

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



SLUČAJ 2

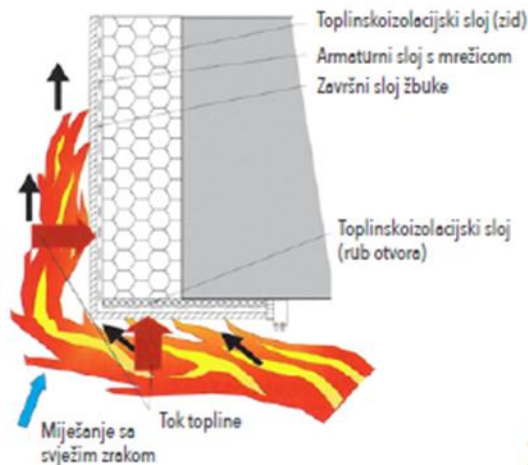
prijenos vanjskog požara na gorivo pročelje sa izvora požara koji se nalaze uz samo pročelje (npr. kontejneri, automobili i sl.)



SLUČAJ 3

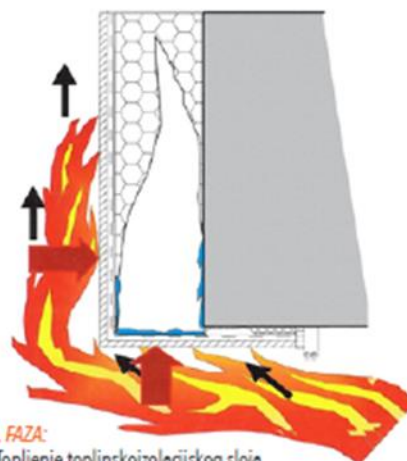
prijenos unutarnjeg požara koji nastaje u nekom prostoru zgrade i prenosi se preko otvora na pročelju





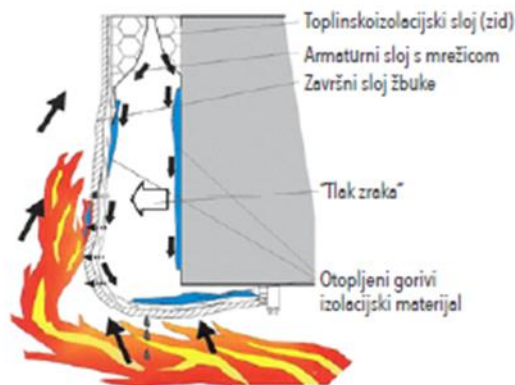
1. FAZA:

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



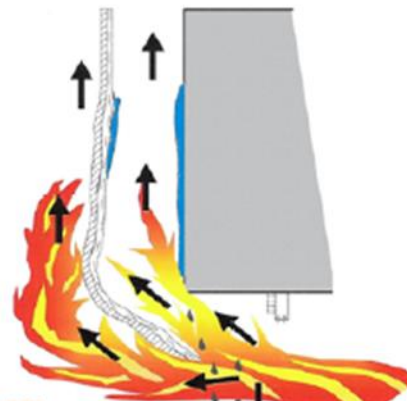
2. FAZA:

- Topljenje toplinskoizolacijskog sloja
- Stvaranje župljine
- Nakupljanje otopljenog materijala na vanjskom zidu i mortu za ljepljenje
- Nakupljanje otopljenog izolacijskog sloja uz gornji rub



3. FAZA:

- Pojava tlačnih naprezanja iza sloja vanjske žbuke (zbog toplog zraka i pirolitičkih plinova)
- Oslobađanje pirolitičkih plinova kroz žbuku
- Izgaranje organske žbuke
- Izbočavanje i pucanje vanjskog sloja žbuke
- Raspadanje ETICS sustava uz rub otvora pod težinom otopljene tvari
- Stvaranje gorivih kapljica

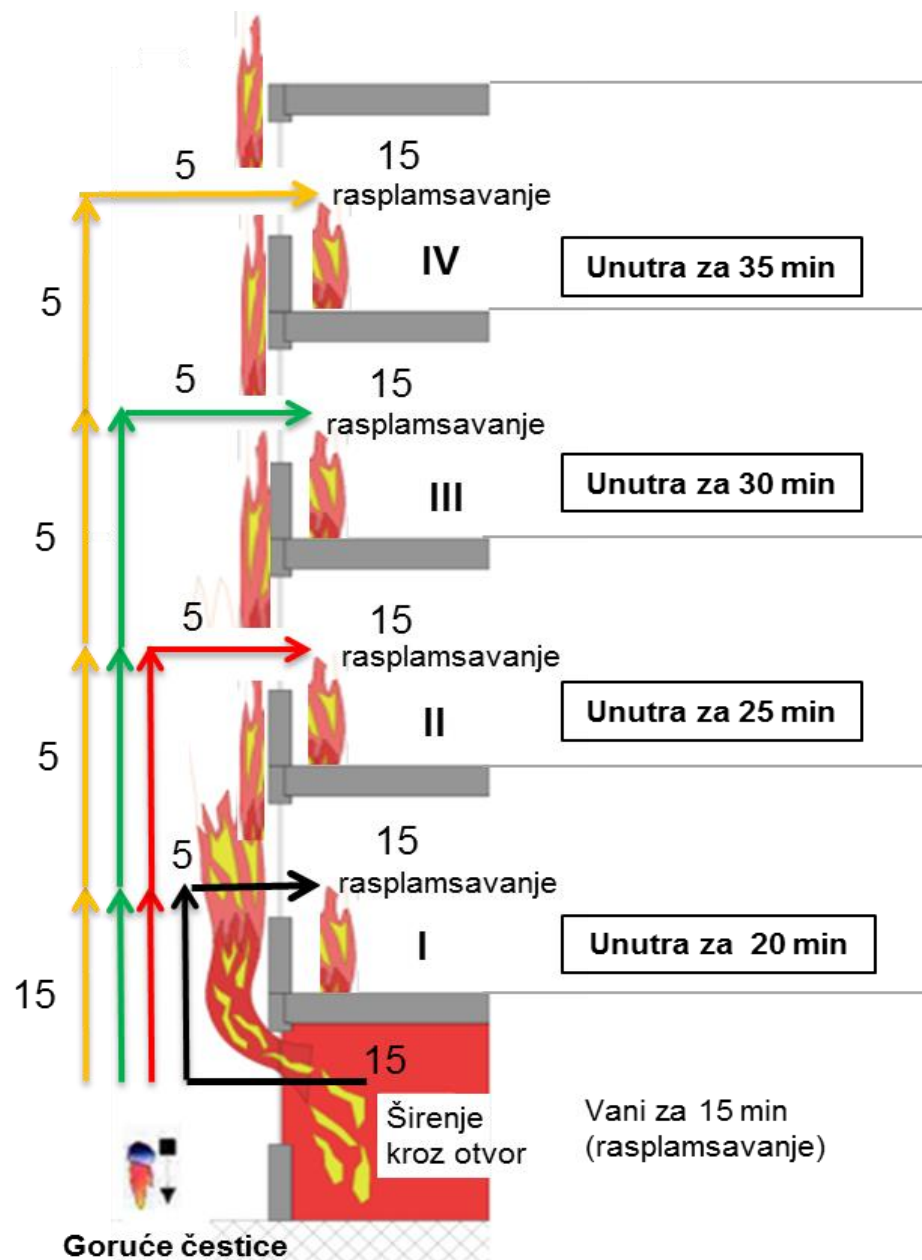
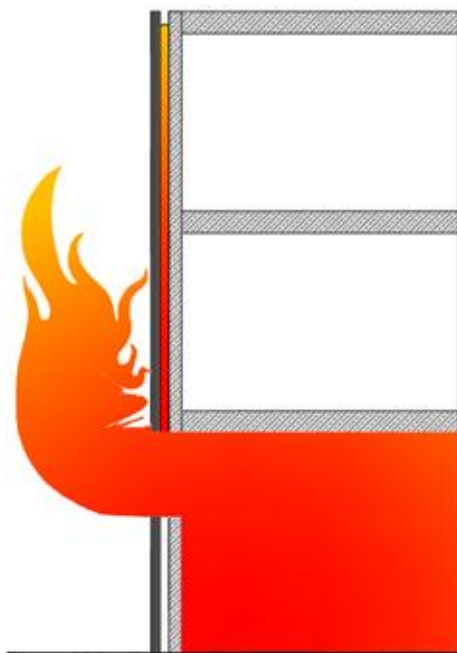


4. FAZA:

- Potpuno raspadanje ETICS sustava uz rub otvora
- 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)

- Na širenje požara u zgradi preko pročelja utječu:
 - svojstva *reakcije na požar* materijala,
 - postojanje šupljina u pročelju,
 - otvori na pročelju.



PRIMJER ŠIRENJA POŽARA PO PROČELJU

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

- PROJEKTANTI:
Rem Koolhaas and 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 ekspandiranog 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

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)*

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

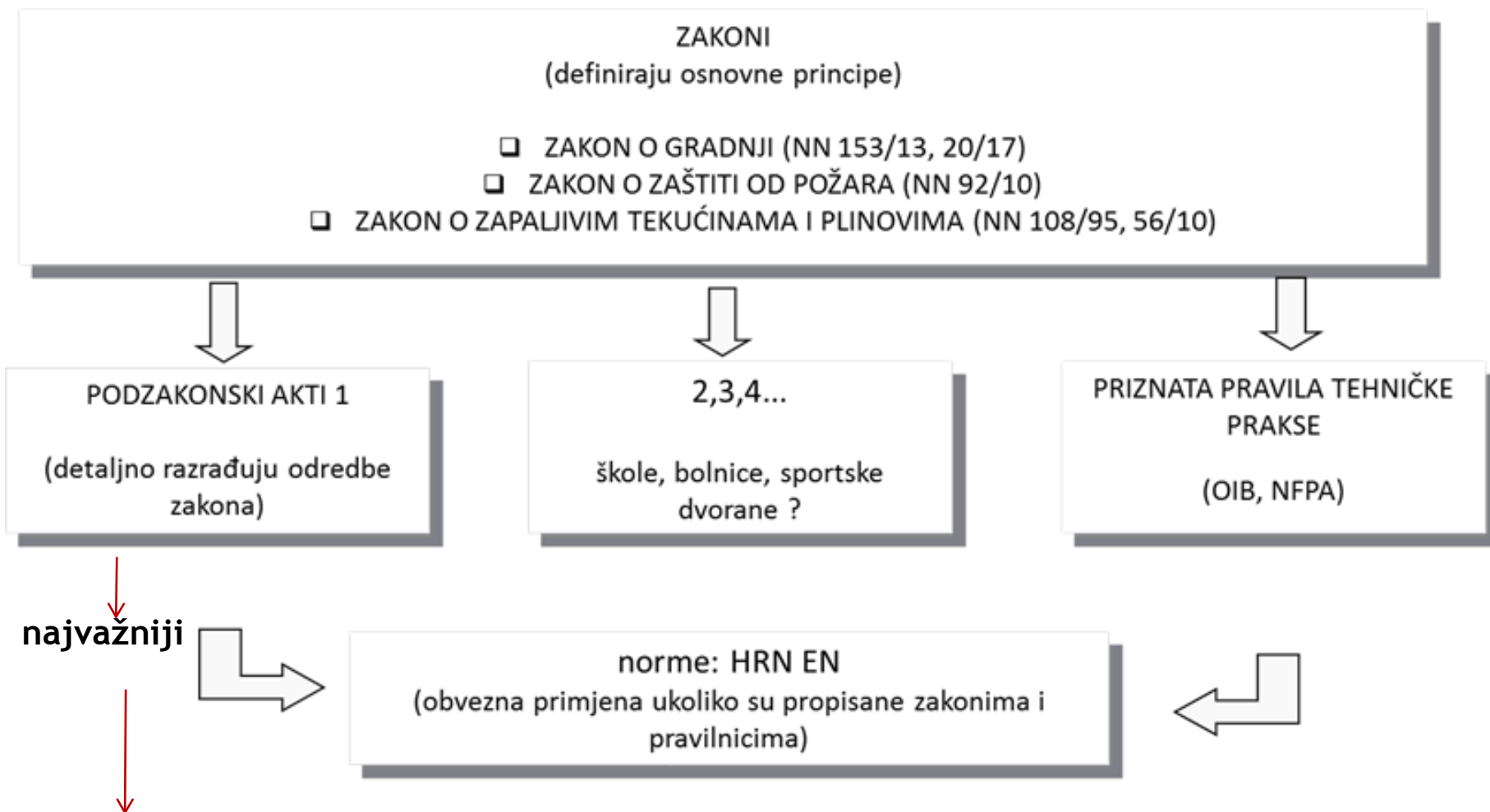
- **Spriječiti brzo širenje požara preko više od 2 etaže** iznad ili ispod mjesta nastanka požara prije reakcije vatrogasnih postrojbi (u većini slučajeva 15-20 min)
- **Spriječiti padanje velikih dijelova pročelja**



Slike: širenje požara po pročelju **bez toplinskoizolacijskog sloja**, izvor Khotoff, 2015

Rasplamsavanje 1. etaža Rasplamsavanje 2. etaža

HRVATSKA REGULATIVA U PODRUČJU ZAŠTITE OD POŽARA



Prema Pravilniku o otpornosti na požar i drugim zahtjevimaPODSKUPINE 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 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

Prema Pravilniku o otpornosti na požar i drugim zahtjevimaZAHTJEVI ZA PROČELJA

Građevni dijelovi	Zgrade podskupine (ZPS)						Visoke zgrade	
	ZPS1	ZPS2	ZPS3	ZPS4		ZPS5		
Ovješeni ventilirani elementi pročelja								
Klasificirani	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 sustav pročelja								
Klasificirani	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 za sve građevne proizvode osim podova (HRN EN 13501-1):

7 razreda:

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

Eurorazred	Ponašanje materijala
A₁ A2	Negoriv materijal
B	Materijal ograničenog gorenja
C	Izgara u periodu od 10-20 minuta
D	Izgara u periodu od 2-10 minuta
E	Izgara u periodu od 2 minute
F	Materijal nema nikakvu otpornost na požar

Razredi reakcije na požar za sve građevne proizvode osim podova (HRN EN 13501-1):

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

HRN EN 13501-1

**Kobinacija sva 3
parametra:**

> reakcija na požar

> dim

> kapanje / otpadanje

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

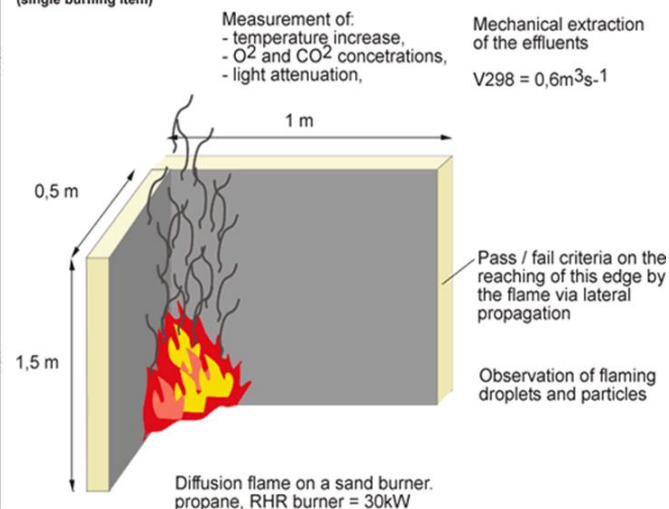
E-d2

F

HRN EN 13501-1 - GRAĐEVNI PROIZVODI IZUZEV PODOVA

SBI (single burning item) ispitivanje

Scheme of the SBI test
(single burning item)

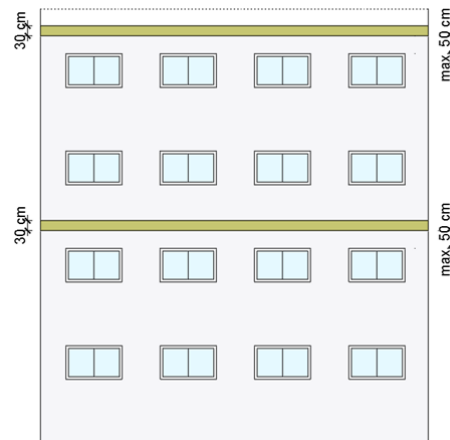
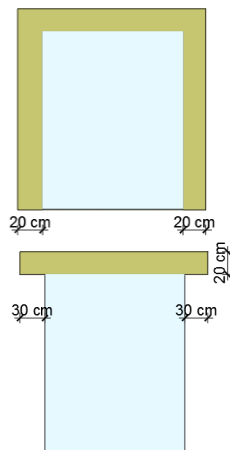
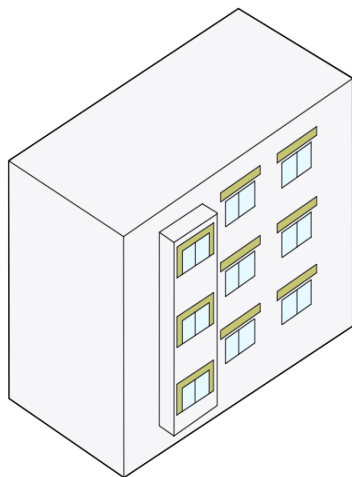


Class	Test method(s)	Classification criteria	Additional classification
A1	EN ISO 1182 ⁽¹⁾ ; and	$\Delta T \leq 30^{\circ}\text{C}$; and $\Delta m \leq 50\%$; and $t_f = 0$ (i.e. no sustained flaming)	
	EN ISO 1716	$\text{PCS} \leq 2.0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ ⁽¹⁾ ; and $\text{PCS} \leq 2.0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ ⁽²⁾ ^(2a) ; and $\text{PCS} \leq 1.4 \text{ MJ.m}^{-2}$ ⁽³⁾ ; and $\text{PCS} \leq 2.0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ ⁽⁴⁾	
A2	EN ISO 1182 ⁽¹⁾ ; or	$\Delta T \leq 50^{\circ}\text{C}$; and $\Delta m \leq 50\%$; and $t_f \leq 20\text{s}$	Smoke production ⁽⁵⁾ ; and Flaming droplets/ particles ⁽⁶⁾
	EN ISO 1716; and	$\text{PCS} \leq 3.0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ ⁽¹⁾ ; and $\text{PCS} \leq 4.0 \text{ MJ.m}^{-2}$ ⁽²⁾ ; and $\text{PCS} \leq 4.0 \text{ MJ.m}^{-2}$ ⁽³⁾ ; and $\text{PCS} \leq 3.0 \text{ MJ.kg}^{-1}$ ⁽⁴⁾	
	EN 13823 (SBI)	$\text{FIGRA} \leq 120 \text{ W.s}^{-1}$; and $\text{LFS} < \text{edge of specimen}$; and $\text{THR}_{600\text{s}} \leq 7.5 \text{ MJ}$	
B	EN 13823 (SBI); and	$\text{FIGRA} \leq 120 \text{ W.s}^{-1}$; and $\text{LFS} < \text{edge of specimen}$; and $\text{THR}_{600\text{s}} \leq 7.5 \text{ MJ}$	Smoke production ⁽⁵⁾ ; and Flaming droplets/ particles ⁽⁶⁾
	EN ISO 11925-2 ⁽⁸⁾ ; Exposure = 30s	$F_s \leq 150\text{mm}$ within 60s	
C	EN 13823 (SBI); and	$\text{FIGRA} \leq 250 \text{ W.s}^{-1}$; and $\text{LFS} < \text{edge of specimen}$; and $\text{THR}_{600\text{s}} \leq 15 \text{ MJ}$	Smoke production ⁽⁵⁾ ; and Flaming droplets/ particles ⁽⁶⁾
	EN ISO 11925-2 ⁽⁸⁾ ; Exposure = 30s	$F_s \leq 150\text{mm}$ within 60s	
D	EN 13823 (SBI); and	$\text{FIGRA} \leq 750 \text{ W.s}^{-1}$	Smoke production ⁽⁵⁾ ; and Flaming droplets/ particles ⁽⁶⁾
	EN ISO 11925-2 ⁽⁸⁾ ; Exposure = 30s	$F_s \leq 150\text{mm}$ within 60s	
E	EN ISO 11925-2 ⁽⁸⁾ ; Exposure = 15s	$F_s \leq 150\text{mm}$ within 20s	Flaming droplets/ particles ⁽⁷⁾
F	No performance determined		

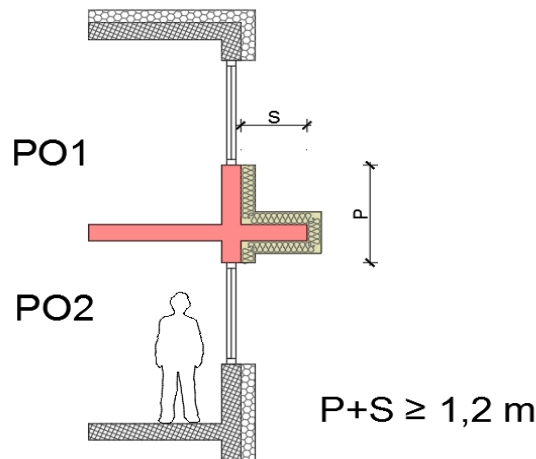
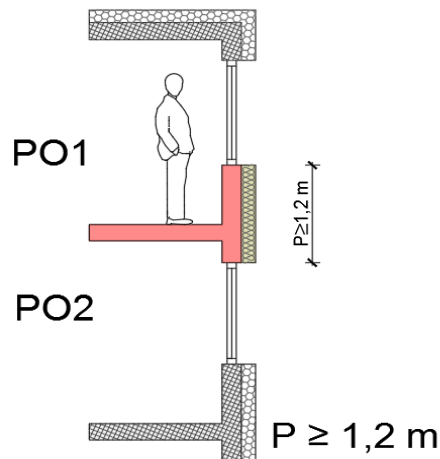
- ⁽¹⁾ For homogeneous products and substantial components of non-homogeneous products.
⁽²⁾ For any external non-substantial component of non-homogeneous products.
^(2a) Alternatively, any external non-substantial component having a $\text{PCS} \leq 2.0 \text{ MJ/m}^2$, provided that the product satisfies the following criteria of EN xxxxx(SBI): $\text{FIGRA} \leq 20 \text{ W.s}^{-1}$; and $\text{LFS} < \text{edge of specimen}$; and $\text{THR}_{600\text{s}} \leq 4.0 \text{ MJ}$; and s1; and d0.
⁽³⁾ For any internal non-substantial component of non-homogeneous products.
⁽⁴⁾ For the product as a whole.
⁽⁵⁾ s1 = $\text{SMOGR} \leq 30 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$ and $\text{TSP}_{600\text{s}} \leq 50 \text{ m}^2$; s2 = $\text{SMOGR} \leq 180 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$ and $\text{TSP}_{600\text{s}} \leq 200 \text{ m}^2$; s3 = not s1 or s2.
⁽⁶⁾ d0 = No flaming droplets/ particles in ENxxxxx (SBI) within 600s; d1 = No flaming droplets/ particles persisting longer than 10s in ENxxxxx (SBI) within 600s; d2 = not d0 or d1; Ignition of the paper in EN ISO 11925-2 results in a d2 classification.
⁽⁷⁾ Pass = no ignition of the paper (no classification); Fail = ignition of the paper (d2 classification).
⁽⁸⁾ Under conditions of surface flame attack and, if appropriate to the end-use application of the product, edge flame attack.

Prema Pravilniku o otpornosti na požar i drugim zahtjevimaDODATNI ZAHTJEVI ZA PROČELJA

UGRADNJE NEGORIVIH MATERIJALA



■ NEGORIVA IZOLACIJA



Više o detaljima izvedbe pročelja prema Pravilniku o otpornosti....

Predstavljanje Priručnika

Kada?

17.5.2017. u 11 sati

Gdje?

Velika predavaonica AGG
fakulteta

Kačićeva 26



Potreba ispitivanja sustava pročelja u velikom 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.

-

FIRE FACADE TEST (FFT ISPITIVANJE)

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

- Organizatori:



- Znanstveni partneri:



- Ispitivanje provedeno prema normi BS 8414-1

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)

Rezultati ispitivanja - vizualne karakteristike



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

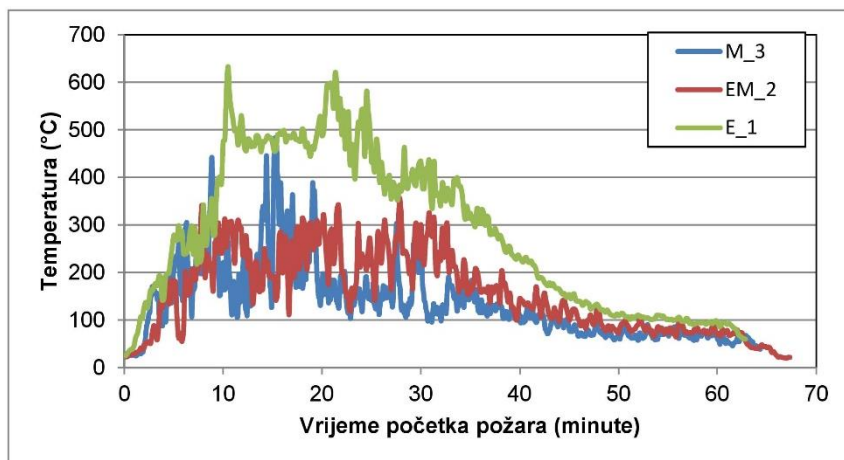


66 minuta nakon početka – vatrogasci polijevaju EM_2 zbog sigurnosnih razloga

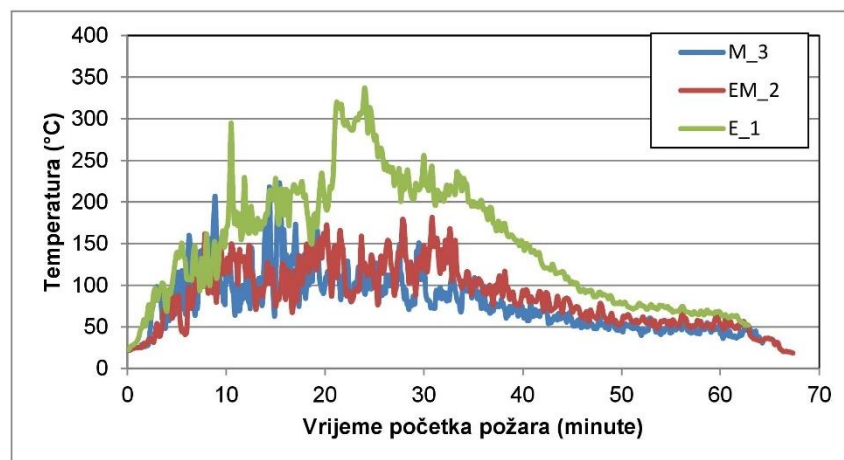


67 minuta od početka – vatrogasci polijevaju E_1 zbog sigurnosnih razloga

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 fasadne sustave, 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 fasadnih elemenata.

Najljepše zahvaljujem na pažnji!

Pitanja?



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