

**ISPITIVANJE OTPORNOSTI NA POŽAR  
SAMOSTOJEĆIH SENDVIČ PANELA**

**FIRE RESISTANCE TESTING OF THE  
SELF-SUPPORTING SANDWICH PANELS**

**mr. Edin Garaplija, dipl. ing. građ.  
Institut zaštite od požara i eksplozije INZA  
Vitomira Lukića 12A, Sarajevo, BiH**

**doc. dr. Sanin Džidić, dipl. ing. građ.  
Internacionalni BURCH Univerzitet Sarajevo  
Ul. Francuske revolucije b.b. Ilidža, Sarajevo, BiH**

**Vedran Avdić, dipl. ing. maš.  
Institut zaštite od požara i eksplozije INZA  
Vitomira Lukića 12A, Sarajevo, BiH**

**Kategorizacija rada:** Stručni rad

**SAŽETAK**

*Namjera ovog rada je da naučnoj i stručnoj javnosti prezentira iskustva na ispitivanju otpornosti na požar samostojećih sendvič fasadnih panela sa obostranom metalnom oplatom i sa PIR izolacijom debljine 80 mm i 100 mm, a koji su ispitivani na Standardni požar ISO-834, ali i na ponašanje na požar prema vanjskoj krivulji požara. Radi se o jedinstvenim vrstama ispitivanja u jedinoj akreditiranoj laboratoriji za požar u BiH, i jednoj od rijetkih u regiji, čija su iskustva od velikog značaja. Poseban specifikum ovih ispitivanja je da je ispitivano ponašanje ovih panela kako sa aspekta unutarnjeg, tako i vanjskog požara, što nije baš česta praksa kod ovakvih ispitivanja u svijetu.*

**Ključne riječi:** sendvič panel, otpornost na požar, standardna krivulja požara

**ABSTRACT**

*The goal of this paper is to present the experience in fire resistance testing of the self-supporting facade sandwich panels with sheet metal lining and PIR insulation, thickness 80 and 100 mm, that have been tested to the Standard Fire Curve ISO-834 as well as external fire curve, to the scientific and professional community in the field of expertise. These are unique types of testing in only accredited fire laboratory in Bosnia and Herzegovina, which is one of only few in the region, whose experience is of great importance. Particular specialty of such testing is that panels have been exposed to the internal and external fire curves separately, what is not often case in the world.*

**Keywords:** sandwich panel, resistance to fire, standard fire curve

**1. UVOD**

Institut zaštite od požara i eksplozije d.o.o. Sarajevo je ustanova sa preko četrdeset godina iskustva iz oblasti zaštite od požara. Po osnovu Zakona o akreditaciji BiH, INZA je 2010 godine uspješno završila process akreditiranja svoje ispitne laboratorije, na osnovu čega je

dobila potvrdu svoje akreditacije od strane nacionalnog autoriteta BATA Instituta za akreditiranje Bosne i Hercegovine. INZA je akreditirala ispitne metode u oblasti termodinamičkih ispitivanja otpornosti građevinskih proizvoda na požar, a posebno konstruktivnih dijelova građevina i elemenata konstrukcije, nosivih i nenosivih pregradnih zidova, vrata i prozora. U skadu sa akreditacijom, INZA je imenovana od strane Ministarstva vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH kao referentni državni laboratorij za ispitivanje otpornosti na požar.

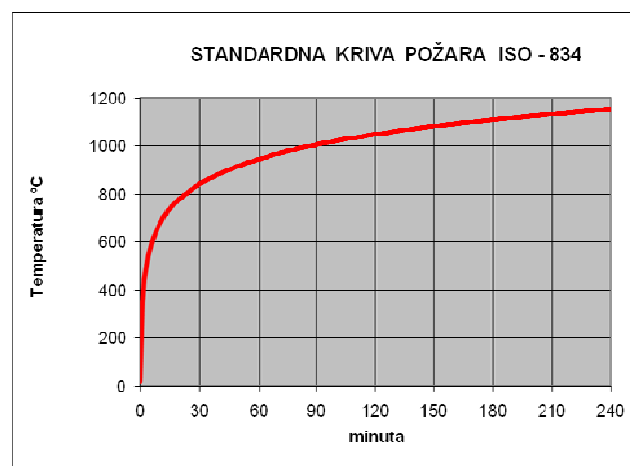
Ispitivanja otpornosti na požar samostojećih sendvič panela u laboratoriju se provodena u skladu sa JUS U.J1.090 (1/1986) - Ispitivanje otpornosti zidova prema požaru. Temperatura je slijedila krivu standardnog požara u skladu sa zahtjevima standarda JUS U.J1.090 (1/1986) i JUS U.J1.070 (2/1986), koja je definisana sljedećim zakonom:

$$T = 345 \log(8t + 1) + T_0 \quad (1)$$

gdje je:

- T – temperatura u peći u vremenu t (°C)
- T<sub>0</sub> – početna temperatura peći (°C)
- t – vrijeme trajanja ispitivanja (min)

Ova standardna kriva požara je data i na Slici 1.



Slika 1. Standardna kriva požara ISO-834, [7]

Kuriozitet u slučaju serije ispitivanja otpornosti na požar prezentiranih u ovom radu je i dodatno ispitivanje u skladu sa JUS U.J1.092 (1/1993) – Ispitivanje otpornosti protiv požara požarnih zidova i nenosećih spoljnih zidova, gdje se uzorak izlaže krivoljki smanjenog požara koja je definisana obrascem (1) za prvih 10 minuta, a nakon prvih 10 minuta, temperatura unutar peći se održava na 658 °C + T<sub>0</sub>. Ova krivoljka odgovara krivoljki tzv. vanjskog požara u cilju ispitivanja prenošenja požara s vana ka unutrašnjosti objekta.

Po završenom ispitivanju, a prema uslovima standarda JUS U.J1.090 (1/1986) – Ispitivanje otpornosti zidova prema požaru, ponašanje elemenata i konstrukcija u požarnim okolnostima se razmatra kroz pojavu sljedećih stanja važnih za konstrukciju:

- Rušenje konstrukcije;

- Prodor plamena za uzorak koji razdvaja prostorije i treba da spriječi prodor plamena iz jedne prostorije u drugu – nastanak pokotina, naprslina ili drugih otvora kroz koje može proći plamen; i
- Otpor temperaturnom valu: uzorak na neizloženoj strani ne smije imati srednju temperatura za 140 °C višu od početne temperature, a ni u kojem slučaju i ni na kojem mjestu ne smije imati maksimalnu temperatura za 180 °C višu od početne. Bez obzira na početnu temperaturu, uzorak ne smije imati veću temperaturu od 220 °C.

## 2. ISPITIVANJE SAMOSTOJEĆIH SENDVIČ PANELA

U narednim izlaganjima, daju se osnovne značajke provedenih ispitivanja otpornosti na požar samostojećih sendvič panela. Predmet ispitivanja su samostojeći zidni sendvič paneli sa obostranom metalnom oplatom sa PIR izolacijom za normalnu montažu debljine 80 i 100 mm proizvođača S.C.MEGAPROFIL S.R.L. Str. Principala Nr. 58, 305 100 Buzias iz Rumunije.

### 2.1 Ispitivanje samostojećih zidnih sendvič panela debljine 80 mm

#### 2.1.1 Podaci o uzorku

<b>Dimenzije uzorka:</b>	3000 mm x 3000 mm (širina x visina)
<b>Broj uzoraka:</b>	Jedan
<b>Dimenzija panela:</b>	(1180 mm x 3000 mm) – 2 kom + (640 mm x 3000 mm) 1 kom (širina x visina)
<b>Broj panela:</b>	Tri
<b>Debljina panela:</b>	80 mm
<b>Debljina vanjske metalne oplata:</b>	0,4 – 0,6 mm
<b>Debljina boje vanjske oplata:</b>	25 µm
<b>Debljina unutrašnje metalne oplata:</b>	0,4 – 0,5 mm
<b>Debljina boje unutrašnje oplata:</b>	15 µm
<b>Gustoća PIR-a:</b>	40 ± 5 kg/m <sup>3</sup>
<b>Oznaka na uzorku:</b>	Nema, osim naziva MEGAPROFIL na spojevima panela
<b>Uzimanje uzoraka:</b>	Dostavljen uzorak od strane naručioca

#### 2.1.2 Ugradnja uzorka

Zidni paneli su sastavljeni koristeći vatrootporni silikon (Intoumex AN) na spojevima na vanjskoj strani i “Soudal” zaptivna masa na unutrašnjoj strani (strani izloženoj standardnom požaru). Na unutrašnjoj i vanjskoj strani spojevi su fiksirani metalnim zakivcima na svakih 20 cm. Paneli su zaštićeni sa četiri strane sa dodacima „U” oblika koji se fiksiraju sa samobušećim vijcima kroz panele. Uzorak je montiran na metalni okvir sastavljen od kutijastih profila dimenzija 80 x 80 mm/mm sa prethodno navedenim samobušećim vijcima. Metalni profil je izoliran kamenom vunom prema izvoru toplote. Kondicioniranje uzoraka u prostoru laboratorije je vršeno u trajanju od 50 dana. Korišteni su slijedeći materijal za ugradnju:

*Tabela 1 – Koršteni materijali za ugradnju*

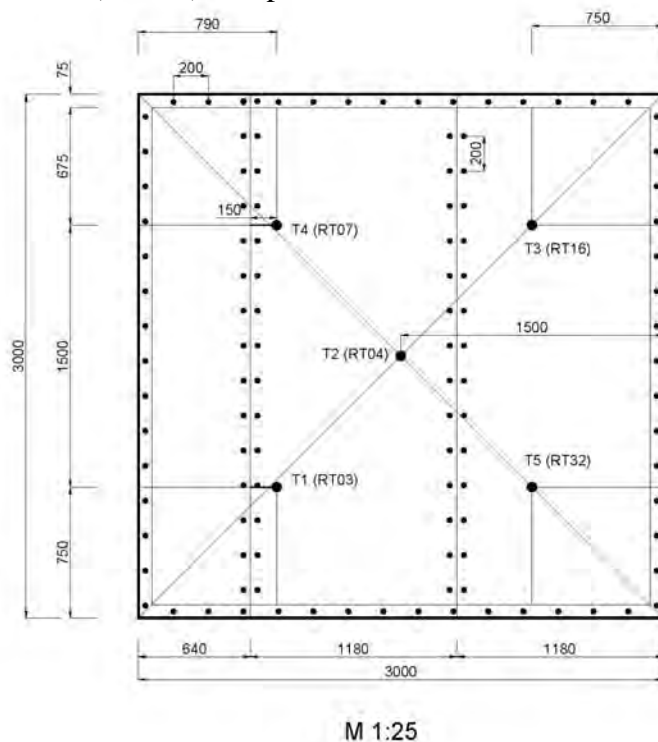
Poz.	Naziv	Materijal	Dimenzije
1	PIR zidni sendvič panel	PIR pjena + metalna oplata	Dužina/širina 3000 mm
2	Samobušeći vijak	Čelik – Gunebo GT 12 SP	5.5/6.3 x 125
3	Zaptivna masa (vanjska strana)	Intoumex AN	
4	Zaptivna masa (na strani vatre)	Soudal	

3	Čelične zakovice	Čelik	4x10 mm
4	PIR pjena	Elastogran PIR 506	40 mm
5	Vanjska metalna oplata	Čelik – Arcelog Gent	0,55 x 1240 mm
6	Unutrašnja metalna oplata	Čelik – Arcelog Gent	0,4 x 1240 mm

### 2.1.3 Postupak ispitivanja prema JUS U.J1.090(1/1986)

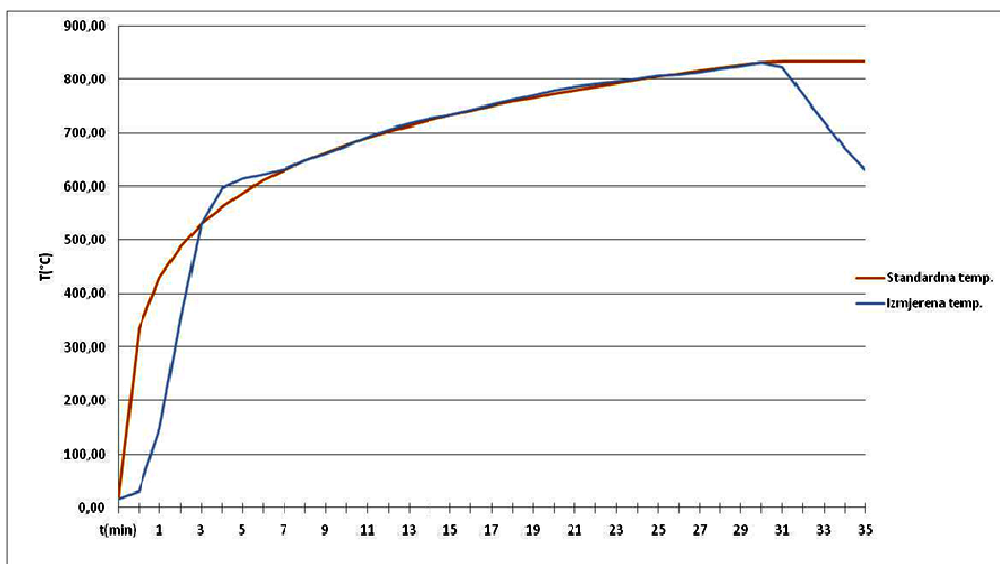
Jednostrano ispitivanje je izvedeno u skladu sa zahtjevima standarda JUS U.J1.090 (1/1986) - Ispitivanje otpornosti zidova prema požaru. Ispitivanje otpornosti na požar je vršeno u ispitnoj peći gdje se razvoj požara odvijao prema krivoj normalnog razvoja požara.

Temperatura u peći je mjerena termoelementima tipa K (NiCr-Ni) WIKA TC80. Mjerenje otpora temperaturnom valu (povećanje temperature na neizloženoj stani uzorka) je mjereno pomoću 5 termoelemenata tipa K (NiCr-Ni) postavljenih na uzorak na neizloženu stranu prema JUS U.J1.200. (2/1986). Raspored termoelemenata na neizloženoj strani je dat na Slici 2.



Slika 2 - Raspored termoelemenata na neizloženoj strani panela

Dijagram porasta temperature u peći tokom ispitivanja je dat na Slici 3, a zapažanja tokom ispitivanja su data u Tabeli 2. Tokom ispitivanja nije došlo do rušenja konstrukcije. Prodor plamena se takođe nije desio, a srednja temperatura uzorka na neizloženoj strani se povećala na preko 140 °C od početne u vremenu trajanja ispitivanja od 27 minuta i 54 sekunde. Maksimalna temperatura veća od 180 °C od početne se pojavila na termoelementu T3 (RT 16) u vremenu trajanja ispitivanja od 28 minuta i 36 sekundi. Maksimalna dozvoljena temperatura od 220 °C pojavila se na termoelementu T2 (RT 04) u vremenu trajanja ispitivanja od 29 minuta i 58 sekundi.



Slika 3 – Dijagram porasta temperature u ispitnoj peći

U zaključku, a na osnovu dobijenih rezultata jednostranog ispitivanja uzorka proizvoda samostojećeg sendvič panela sa obostranom metalnom oplatom sa PIR izolacijom debljine 80 mm i dimenzija 3000 x 3000 mm/mm a prema uslovima standarda JUS U.J1.090 (1/1986) – Ispitivanje otpornosti zidova prema požaru, utvrđeno je da ispitivani uzorak zadovoljio uslove otpornosti prema požaru u trajanju **15 minuta**.

Tabela 2 – Zapažanja tokom ispitivanja

Vrijeme (min:sec)	Zapažanja
01:44	Pojava dima u gornjem desnom uglu okvira uzorka
02:06	Pojava dima u donjem desnom uglu okvira uzorka koji se lagano počeo širiti po donjoj strani uzorka)
03:00	Pojava neprijatnog mirisa
03:50	Povlačenje dima sa donje strane uzorka i konstantni izlaz dima sa gornje strane uzorka
14:00	Konstantno izbijanje dima sa gornje desne strane uzorka
16:00	Pojava deformacije lima: lijeva strana na sredini okvira uzorka - blago udubljenje
18:00	Stanje deformacije: lijeva strana lima se udubila prema unutrašnjoj strani
23:00	Izbijanje žutog dima u donjem lijevom uglu okvira uzorka i vizuelna deformacija lijeve strane okvira
23:30	Pojava crnih područja (nagorjelih dijelova površine uzorka) u gornjem dijelu panela (između T4 i T3)
24:00	Izbijanje dima po čitavoj lijevoj strani okvira uzorka
25:00	Pojave crnih područja po cijelom uzorku (nagorjeli dijelovi površine)
27:00	Konstantno širenje crnog područja (nagorjelih dijelova površine) po cijelom uzorku
27:54	Srednja temperatura uzorka na neizloženoj strani se povećala na preko 140°C od početne
28:36	Maksimalna temperatura veća od 180°C od početne se pojavila na termoelementu T3(RT 16)
29:58	Temperatura na termoelementu T2(RT 04) prešao maksimalno dozvoljenu temperaturu od 220°C



Slika 4 – početak ispitivanja



Slika 5 – 15 minuta ispitivanja



Slika 6 – Kraj ispitivanja

#### 2.1.4 Postupak ispitivanja prema JUS U.J1.092 (1/1993)

Jednostrano ispitivanje je izvedeno u skladu sa zahtjevima standarda JUS U.J1.092 (1/1993) - Ispitivanje otpornosti protiv požara požarnih zidova i nenosećih spoljnih zidova. Ispitivanje otpornosti na požar je vršeno u ispitnoj peći gdje se razvoj požara odvijao prema krivoj smanjenog razvoja požara (vanjska kriva razvoja požara).

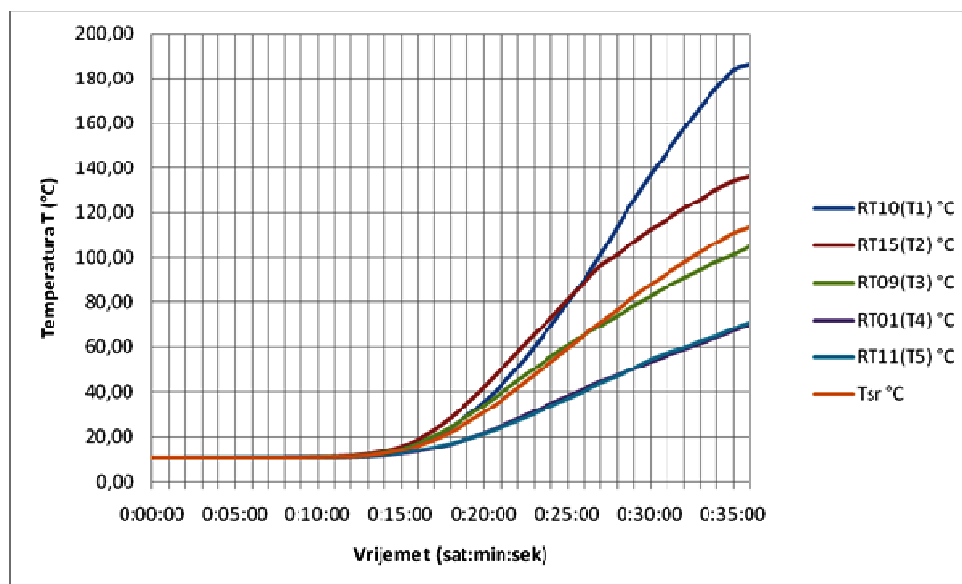
Dijagram porasta temperature na neizloženoj strani panela je dat na Slici 7. Tokom ispitivanja nije došlo do rušenja konstrukcije. Prodor plamena se desio na lijevoj strani panela na spoju „U” držača i panela u 34 minuti i 10 sekundi. Srednja temperatura uzorka na neizloženoj strani se u toku ispitivanja nije povećala iznad 140 °C od početne temperature. Maksimalna temperatura veća od 180 °C od početne se u toku ispitivanja nije pojavila niti na jednom termoelementu. Maksimalna dozvoljena temperatura od 220 °C se u toku ispitivanja nije pojavila niti na jednom termoelementu. Zapažanja tokom ispitivanja su data u Tabeli 3.

U zaključku, a na osnovu dobijenih rezultata jednostranog ispitivanja uzorka proizvoda samostojećeg sendvič panela sa obostranom metalnom oplatom sa PIR izolacijom debljine 80 mm i dimenzija 3000 x 3000 mm/mm, a prema uslovima standarda JUS U.J1.092 (1/1993) – Ispitivanje otpornosti protiv požara požarnih zidova i nenosećih spoljnih zidova, utvrđeno je da uzorak proizvoda zadovoljava kriterije, te se svrstava u klasu otpornosti prema požaru na **30 min.**

Tabela 3 – Zapažanja tokom ispitivanja

Vrijeme (min:sec)	Zapažanja
00:00	Početak ispitivanja
02:00	Pojava dima u donjem uglu okvira uzorka

03:00	Pojava dima u donjem uglu okvira uzorka koji se lagano počeo širiti po donjoj i gornjoj strani uzorka
03:00	Pojava neprijatnog mirisa
04:00	Konstantni izlaz dima sa donje strane uzorka
05:00	Širenje dima se povuklo
10:00	Stanje: bez promjena
16:00	Pojava deformacije lima: lijeva strana na sredini okvira uzorka - blago udubljenje
20:00	Dim konstantno počinje da izlazi sa gornje strane okvira uzorka
21:00	Stanje deformacije: lijeva strana lima se udubila i vizuelna deformacija lijeve strane okvira
23:00	Dim manje izbija iz okvira uzorka i postepeno se povlači
25:00	Konstantno počinje da dim izbija sa lijeve strane okvira uzorka, gdje je vidljiva i deformacija lima
28:00	Stanje bez promjena
29:47	Sa lijeve strane okvira uzorka veća deformacija lima
30:00	Stanje isto
34.10	Pojava plamena na lijevoj strani uzorka. Kraj ispitivanja



Slika 7 - Dijagram porasta temperature na neizloženoj strani panela

## 2.2 Ispitivanje samostojećih zidnih sendvič panela debljine 100 mm

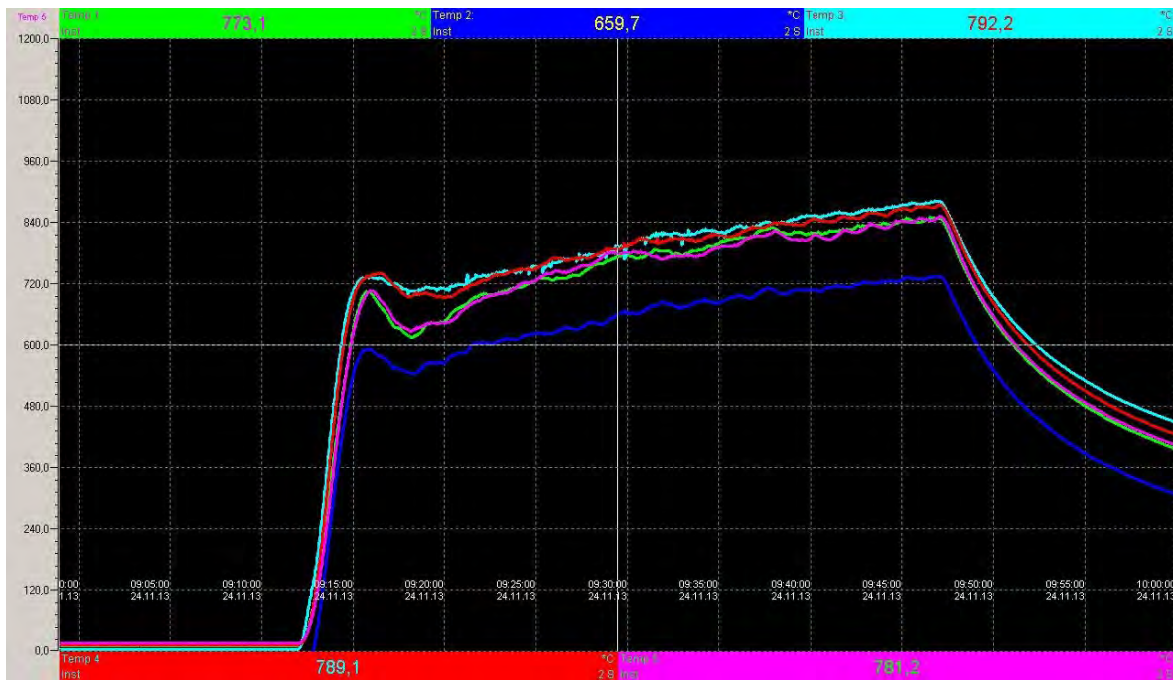
### 2.2.1 Podaci o uzorku

<b>Dimenzije uzorka:</b>	3000 x 3000 mm/mm (širina x visina)
<b>Broj uzoraka:</b>	Jedan
<b>Dimenzija panela:</b>	(1180 mm x 3000 mm) – 2 kom + (640 mm x 3000 mm) – 1 kom (širina x visina)
<b>Broj panela:</b>	Tri
<b>Debljina panela:</b>	100 mm
<b>Debljina vanjske metalne oplata:</b>	0,4 – 0,6 mm
<b>Debljina boje vanjske oplata:</b>	25 µm
<b>Debljina unutrašnje metalne oplata:</b>	0,4 – 0,5 mm

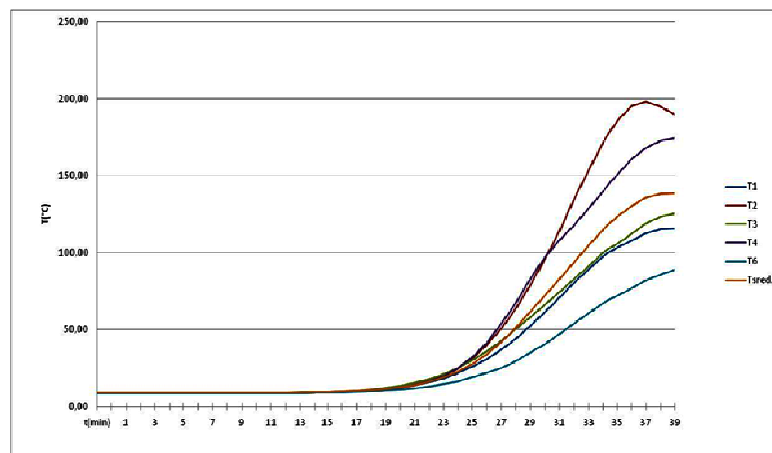
<b>Debljina boje unutrašnje oplata:</b>	15 $\mu\text{m}$
<b>Gustoća PIR-a:</b>	$40 \pm 5 \text{ kg/m}^3$
<b>Oznaka na uzorku:</b>	Nema, osim naziva MEGAPROFIL na spojevima panela
<b>Uzimanje uzoraka:</b>	Dostavljen uzorak od strane naručioca

### 2.2.2 Postupak ispitivanja

Ispitivanje je izvedeno u skladu sa zahtjevima standarda JUS U.J1.090 (1/1986) - Ispitivanje otpornosti zidova prema požaru, a u svemu identično kao u 2.1.2 i 2.1.4. Izmjerene vrijednosti temperature u peći na pojedinim termoelementima su date na Slici 8, dok su vrijednosti temperature na neizloženoj strani uzorka date na Slici 9, a zapažanja tokom ispitivanja su prezentirana u Tabeli 4 .



Slika 8 - Izmjerene vrijednosti temperature u peći na pojedinim termoelementima



Slika 9 - Dijagram porasta temperature na neizloženoj strani panela



Tabela 4 – Zapažanja tokom ispitivanja

Vrijeme (min:sec)	Zapažanja
01:40	Pojava dima u donjoj i desnoj strani okvira uzorka
01:50	Pojava neprijatnog mirisa
02:00	Intenzivno širenje dima po svim stranama okvira uzorka
03:00	Pojava žutog, gustog dima u donjem dijelu uzorka
04:00	Smanjenje dima iz donjeg dijela uzorka
05:00	Konstantni izlaz dima sa gornje strane uzorka
20:00	Znatno smanjenje dima sa gornje strane uzorka
23:40	Pojava dima sa lijeve strane okvira uzorka i deformacija lijeve strane lima: između uzorka i zida peći
25:20	Izbijanje intenzivne količine crnog dima sa lijeve strane uzorka
27:00	Širenje jakog dima sa lijeve strane uzorka i pojava veće deformacije
30:00	Pojave crnih područja (nagorjeli dijelovi površine) po desnoj strani uzorka
34:00	Konstantno širenje crnog područja (nagorjelih dijelova površine) po cijelom uzorku
35:00	Pojava plamena na lijevoj strani uzorka. Kraj ispitivanja

Tokom ispitivanja nije došlo do rušenja konstrukcije, a prodor plamena se desio na lijevoj strani panela na spoju „U” držača i panela u u vremenu 35 minuta i 24 sekunde. Sa aspekta ponašanja otpora temperaturnom valu, srednja temperatura uzorka na neizloženoj strani se u toku ispitivanja nije povećala iznad 140 °C od početne temperature, dok se maksimalna temperatura veća od 180 °C od početne pojavila na termoelementu T2 (RT 04) u vremenu trajanja ispitivanja od 36 minuta i 23 sekunde, a maksimalna dozvoljena temperatura od 220 °C se u toku ispitivanja nije pojavila niti na jednom termoelementu.



Slika 10 – početak ispitivanja



Slika 11 – kraj ispitivanja

Na osnovu dobijenih rezultata jednostranog ispitivanja uzorka proizvoda samostojećeg sendvič panela sa obostranom metalnom oplatom sa PIR izolacijom debljine 100 mm i dimenzija 3000 x 3000 mm/mm, a prema uslovima standarda JUS U.J1.090 (1/1986) – Ispitivanje otpornosti zidova prema požaru, je utvrđeno da je ispitivani uzorak zadovoljio uslove otpornosti prema požaru koje odgovara izmjerenom vremenu od **30 minuta**.

### 3. ZAKLJUČAK

Na osnovu navedenih razmatranja i podataka ispitivanja, može se zaključiti da je obaveznost ispitivanja otpornosti na požar građevinskih elemenata, konstrukcija i proizvoda istovremena prednost, ne samo za investitora nego i distributere i proizvođače građevinskih proizvoda. Ovo prije svega u cilju optimalizacije kvaliteta proizvoda, a što je u interesu svakog od učesnika u gradnji, kao i krajnjeg korisnika. Proizvođači građevinskih proizvoda tokom ispitivanja otpornosti na požar elementa koji su proizveli, mogu uočiti neadekvatnosti u ponašanju, kako po pitanju samog proizvoda, tako i njegove ugradnje. Na osnovu zapažanja iz ispitivanja, često se uz minimalne preinake optimiliziraju kvalitetne karakteristike proizvoda.

Gledano sa legislativne strane, ovakva ispitivanja su u potpunosti u skladu sa zahtjevima Evropske regulative o građevinskim proizvodima (EU Regulation CPR 305/2011).

U dodatku, postojanje laboratorije Instituta za zaštitu od požara i eksplozije za ispitivanje otpornosti i reakcije na požar, kao jedne od najopremljenijih i najadaptibilnijih laboratorija ove vrste u regionu, predstavlja komparativnu prednost BIH u ovoj oblasti.

#### **4. LITERATURA**

- [1] JUS U.J1.090 (1/1986) - Ispitivanje otpornosti zidova prema požaru;
- [2] JUS U.J1.092 (1/1993) -Ispitivanje otpornosti protiv požara požarnih zidova i nenosećih spoljnih zidova;
- [3] EU Regulation CPR 305/2011;
- [4] Izvještaj o jednostranom ispitivanju otpornosti prema unutrašnjem požaru samostojećeg sendvič panela sa obostranom metalnom oplatom i sa PIR izolacijom debljine 80 mm prema JUS U.J1.090 (1/1986) na 30 minuta, Broj: 03-06/13, INZA, 2013;
- [5] Izvještaj o jednostranom ispitivanju otpornosti prema unutrašnjem požaru samostojećeg sendvič panela sa obostranom metalnom oplatom i sa PIR izolacijom debljine 100 mm prema JUS U.J1.090 (1/1986) na 30 minuta, Broj: 03-07/13, INZA, 2013;
- [6] Izvještaj o jednostranom ispitivanju otpornosti prema vanjskom požaru samostojećeg sendvič panela sa obostranom metalnom oplatom i sa PIR izolacijom debljine 80 mm prema JUS U.J1.092 (1/1993) na 30 minuta;
- [7] Džidić, S, Vatrootporni sistemi, određivanje doprinosa vatrootpornosti betonskih elemenata“ – doktorska disertacija, Arhitektonski fakultet u Sarajevu, 2013. godine (COBISS.BH-ID 512098768);
- [8] Hadžiselimović E, Kleut N, Požarna karakterizacija materijala i elemenata građevinskih konstrukcija, Naučnoistraživačka radna organizacija Institut zaštite od požara i eksplozije, Sarajevo 1991.