

## EC1 PARAMETARSKÉ KRIVE POŽARA KAO DEJSTVO NA ARMIRANOBETONSKU KONSTRUKCIJU

### EC1 PARAMETRIC FIVE CURVES AS ACTIONS ON REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

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

**Kategorizacija rada:** Stručni rad

#### SAŽETAK

*Standardna kriva požara prema ISO-834 ne odgovara ni jednoj stvarnoj požarnoj situaciji, odnosno postoji samo u kontroliranim uvjetima standardnog ispitivanja u ispitnim pećima. Parametarske krive požara koje uzimaju obzir veličini i geometriju požarnog sektora gdje se požar dešava, vjerovatnoću dešavanja požara, širenje požara i njegovo trajanje, gustinu i raspored požarnog opterećenja, značaj posmatranog nosivog elementa za globalnu stabilnost konstrukcije u cjelini i mnoge druge faktore u Evropi po prvi put u standardizaciju, uvodi Eurocode 1. U radu je prezentiran postupak za razvoj adekvatnih parametarskih krivih požara kao dejstva na armiranobetonsku konstrukciju koji je razmatran u doktorskoj disertaciji autora.*

**Ključne riječi:** parametarske krive požara, požarno opterećenje, armirani beton

#### ABSTRACT

*Standard ISO-834 five curve does not represent any real fire situation, but exists in fully controlled laboratory standardized test conditions only. Parametric five curves take in consideration size and geometry of the fire compartment, probability of fire appearance, fire spread and duration, density and arrangement of fire load, importance of the building element considered for stability of the structure as whole and many other factors. These curves have been introduced in European standardization by Eurocode 1 for the first time. In this paper, procedure for development of the appropriate parametric fire curves as action on the reinforced concrete structure was presented and this approach has been considered in doctoral dissertation by author.*

**Keywords:** parametric five curves, fire load, reinforced concrete

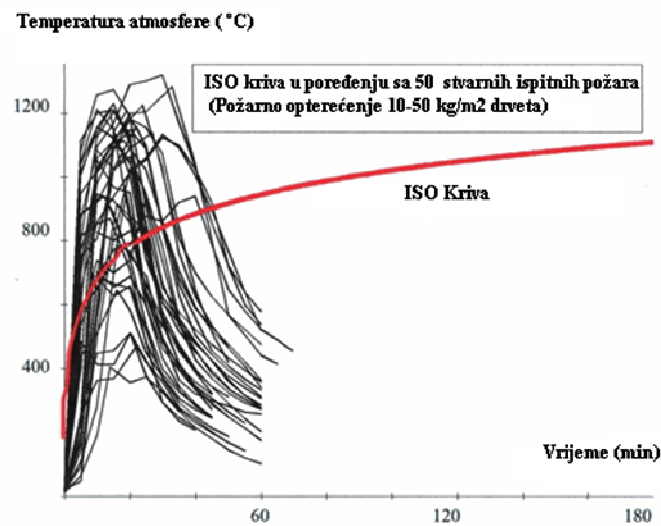
#### 1. UVOD

Standardna kriva požara prema ISO 834-1, koju je prepoznao i Eurocode 1 kao nominalnu krivu požara za ispitivanje otpornosti na požar građevinskih elemenata i konstrukcija ne uzima u obzir niti jedan od parametara koji značajno utiču na rast i razvoj požara u požarnom sektoru kao što su: veličina i geometrija požarnog sektora gdje se požar dešava, vjerovatnoća dešavanja požara, širenje požara i njegovo trajanje, gustina i raspored požarnog opterećenja i

količina odate toplote, uvjeti ventilacije; primjenjene aktivne mjere zaštite od požara na objektu, značaj posmatranog nosivog elementa za globalnu stabilnost konstrukcije u cjelini, uvjete evakuacije, rizik uticaja požara na susjedne objekte, organizacija vatrogasne službe i službe osiguranja, kao i čitav niz drugih, manje relevantnih faktora.

Može se donijeti zaključak da ova i druge nominalne krivulje požara temperatura-vrijeme ne odgovaraju ni jednoj stvarnoj požarnoj situaciji, odnosno postoje samo u kontroliranim uvjetima standardnog ispitivanja u ispitnim pećima. Postavlja se pitanje svrsishodnosti primjene rezultata ispitivanja konstrukcija i elemenata u ovakvim standardnim uvjetima, na realnu konstrukciju ili element, međutim, ovim se otvara i čitav niz drugih pitanja.

Na narednoj slici dato je poređenje između mogućih prirodnih krivih požara sa različitim vrijednostima geometrije požarnog sektora i gustine požarnog opterećenja u odnosu na Standardnu krivu požara prema ISO 834 -1. Slika jasno demonstrira odstupanja Standardne krive i pedeset različitih prirodnih razvoja požara u laboratorijskim uvjetima.



Slika 1 - (Schleich J. 2005)

Na bazi ovih saznanja došlo je do razvoja parametarskih krivih razvoja požara, koje u poređenju sa nominalnim krivim požara daju realniju procjenu temperature u požarnom sektoru, a sa osnovnom namjenom utvrđivanja otpornosti na požar elemenata konstrukcije. Ove krive uzimaju u obzir veličinu požarnog sektora, uvjete ventilacije, kao i termičke karakteristike materijala, primjenjenog na graničnim površinama posmatranog, požarnog sektora.

## 2. PARAMETARSKJE KRIVULJE POŽARA

Među prvim parametarskim krivuljama razvoja požara su tzv „Švedske krive“ koje su razvili Magnusson i Thelandersson (1970), koji su predložili familije krivulja u zavisnosti od gustine požarnog opterećenja i faktora otvora. U SAD su rađena slična istraživanja, pa su Ellingwood i Shaver (1979) došli do parametarskih krivulja požara za uredske prostorije -krivulje SDHI-M i SDHI-95, kao i krivulja LDMI-M koja je predstavljala tipični razvoj požara za skladišta vladinih i privatnih ureda. Veći broj autora se nadogrudio na rad Magnussona i Thelanderssona (1970, Švedske krivulje), pa se na osnovu radova Wickströma i drugih (1990), došlo do parametarskih krivulja požara koje u Europi, po prvi put u standardizaciju, uvodi Eurocode 1.

Osnovna zavisnost uzlaznih grana parametarskih krivi je data relacijom:

$$\Theta_g = 20 + 1325(1 - 0.324e^{-0.2t^*} - 0.204e^{-1.7t^*} - 0.472e^{-19t^*}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (1)$$

gdje je:

$$t^* = t \cdot \Gamma \quad [\text{h}] \quad (2)$$

$$\Gamma = \frac{(O/b)^2}{(0.04/1160)^2} \quad (3)$$

$$b = \sqrt{\rho c \lambda}; \quad 100 \leq b \leq 2200 \quad [\text{J}/\text{m}^2\text{s}^{1/2}\text{K}] \quad (4)$$

$$O = \frac{A_v \sqrt{h_{eq}}}{A_t}; \quad 0.02 \leq O \leq 0.2 \quad [\text{m}^{1/2}] \quad (5)$$

U obrascima 1 do 5 oznake znače slijedeće:

- $\rho$  - gustina graničnih elementa požarnog sektora ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );
- $c$  - specifični toplotni kapacitet graničnih elemenata požarnog sektora ( $\text{J}/\text{kg } ^{\circ}\text{K}$ );
- $\lambda$  - toplotna provodljivost graničnih elemenata požarnog sektora ( $\text{W}/\text{m } ^{\circ}\text{K}$ );
- $O$  - faktor otvora požarnog sektora;
- $A_v$  - ukupna površina vertikalnih otvora u zidovima ( $\text{m}^2$ );
- $h_{eq}$  - prosječna visina težišta vertikalnih otvora (m);
- $A_t$  - ukupna površina požarnog sektora (uključujući zidove, plafon, pod i otvore ( $\text{m}^2$ )).

EN 1991-1-2:2002, Annex A, takođe, specificira određena ograničenja kada su u pitanju ove parametarske krive požara. Mogu se primjenjivati samo za požarne sektore veličine do  $500 \text{ m}^2$  osnove. Otvora u plafonu ne smije biti, a maksimalna visina požarnog sektora ne smije biti veća od 4 m. Granične vrijednosti faktora otvora ( $O$ ) i koeficijenta  $b$  date su u prethodnim obrascima. Sa druge strane, treba primjetiti da je došlo do promjene donje granice koeficijenta  $b$  u odnosu na prvobitnu verziju Eurocode 1 iz 1992 godine koja je smanjena sa 1000 na  $100 \text{ J}/\text{m}^2\text{s}^{1/2} \text{ } ^{\circ}\text{K}$ , što je doprinijelo do enormnog porasta maksimalne temperature pri malim vrijednostima koeficijenta  $b$ , a ovo je po nekim autorima upitno.

Maksimalna temperatura uzlazne grane krivulje  $t^*$  mora biti jednaka  $t^*_{max}$ , gdje je:

$$t^*_{max} = t_{max} \cdot \Gamma \quad [\text{h}] \quad (6)$$

$$t_{max} = \max \left[ \left( 0.2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{q_{t,d}}{O} \right); t_{lim} \right] \quad [\text{h}] \quad (7)$$

$$q_{t,d} = q_{f,d} \cdot \frac{A_f}{A_t} \quad 50 \leq q_{t,d} \leq 1000 \quad [\text{MJ}/\text{m}^2] \quad (8)$$

gdje je:

$q_{t,d}$  - računaska vrijednost gustine požarnog opterećenja u odnosu na ukupnu površinu požarnog sektora

$q_{f,d}$  - računski gustina požarnog opterećenja u odnosu na površinu osnove požarnog sektora prema EN 1991-1-2, Annex E.

Na osnovu požarnog opterećenja može se cijeliti količina raspoložive energije. Sa druge strane, dostignuta temperatura zavisi i od brzine rasta temperature. Ovaj fenomen se naziva stopa oslobađanje energije (Rate of Heat Release) ili RHR, a zavisi od uvjeta ventilacije požarnog sektora. Eurocode 1 predviđa tri brzine rasta temperature: spora, sa  $t_{lim} = 25$  minuta, srednja sa  $t_{lim} = 20$  minuta i brza gdje je  $t_{lim} = 15$  minuta. Eurocode 1, Dio 1-2, Anex E specificira RHR primjenu u zavisnost od namjene prostora.

Kada je u pitanju silazna grana (grana hlađenja) parametarske krive požara prema EC 1, ona se definiše u zavisnosti od  $t_{max}^*$  kako slijedi:

$$\Theta_y = \Theta_{max} - 625(t^* - t_{max}^* \cdot x) \quad ; \quad t_{max}^* \leq 0.5 \quad (9)$$

$$\Theta_y = \Theta_{max} - 250(3 - t_{max}^*)(t^* - t_{max}^* \cdot x) \quad ; \quad 0.5 < t_{max}^* < 2 \quad (10)$$

$$\Theta_y = \Theta_{max} - 250(t^* - t_{max}^* \cdot x) \quad ; \quad t_{max}^* \geq 2 \quad (11)$$

Faktor  $x = 1$  ako je  $t_{max} > t_{lim}$  a ako je  $t_{max} = t_{lim}$ , tada je faktor  $x = t_{lim} \cdot \Gamma / t_{max}^*$ .

### 3. PRORAČUN I RAZVOJ PARAMETARSKIH KRIVULJA POŽARA ZA ARMIRANOBETONSKU KONSTRUKCIJU

Faktor otvora  $O$ , je dat u granicama 0.02 kao minimalna vrijednost i 0.20 kao maksimalna vrijednost u skladu sa Eurocode 1; varirat ćemo sa faktorom otvora i to: 0.02; 0.05; 0.10; 0.15 i 0.20.

Koeficijent  $b$  je koeficijent koji zavisi od vrste obloga graničnih elemenata korištenih u posmatranom požarnom sektoru (zidovi, plafon, pod), za koji se izvode krive parametarskih požara, a zavisi od gustine primjenjenog materijala, specifičnog toplotnog kapaciteta, kao i toplotne provodljivosti. Eurocode 1 definiše minimalnu vrijednost koeficijenta  $b$ , od  $100 \text{ J/m}^2 \text{ s}^{1/2} \text{ }^\circ\text{K}$ , i maksimalnu vrijednost od  $2200 \text{ J/m}^2 \text{ s}^{1/2} \text{ }^\circ\text{K}$ . U Tabeli 1. date su vrijednosti koeficijenta  $b$ , kao i vrijednosti gustine  $\rho$ , specifičnog toplotnog kapaciteta  $c$  i toplotne provodljivosti  $\lambda$  za različite materijale na ambijentalnoj temperaturi prema EC1.

Tabela 1, (Wald F, 2010)

Materijal	masa jedinice zapremine $\rho$ kg / m <sup>3</sup>	toplotna provodljivost $\lambda$ W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	specifična toplota $c$ J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	koeficijent $b = \sqrt{\rho c \lambda}$ J m <sup>-2</sup> s <sup>-1/2</sup> K <sup>-1</sup>
Gasbetonski blokovi (EN 1996-1-2)	550	0,14	840	250
Teška opeka (EN 1996-1-2)	2000	1,2	1000	1550
Laka perforirana opeka (EN 1996-1-2)	700	0,15	840	300
Obična opeka (EN 1996-1-2)	1600	0,7	840	970
Laki beton (EN 1992-1-2)	1600	0,8	840	1040
Beton srednje težine (EN 12524)	1800	1,15	1000	1440
Beton normalne težine (EN 1992-1-2)	2300	1,6	1000	1920
Staklena vuna / Kamena vuna	60	0,037	1030	50
Granitni kamen (EN 12524)	2600	2,8	1000	2700
Gipsane ploče (EN 12524)	900	0,25	1000	470
Završne gipsane obloge (EN 12524)	1150	0,485	1000	750
Čelik (EN 1993-1-2)	7850	45	600	14560
Teško drvo (EN 1995-1-2)	720	0,2	1880	520
Obično drvo (EN 1995-1-2)	450	0,1	1113	220

U savremenoj arhitekturi, najčešće su konstrukcije armiranobetonskih objekata izrađene kao skeletni sistemi sa oblogama od gipsanih sistema ili sa sistemima nosivih armiranobetonskih zidova ili u njihovoj kombinaciji, dok su međuspratne konstrukcije izvedene od armiranobetonskih ploča sa armiranobetonskim gredama-podvlakama, stoga ovde razmatramo sva tri slučaja.

Prvi slučaj je kada je požarni sektor ograničen armirano-betonskim elementima i sa  $b = 1920 \text{ J/m}^2\text{s}^{1/2} \text{ }^\circ\text{K}$ , drugi slučaj kada je požarni sektor ograničen gipsanim sistemima i sa  $b = 470 \text{ J/m}^2\text{s}^{1/2}\text{ }^\circ\text{K}$ , te treći slučaj koji predstavlja kombinaciju graničnih ploha od armiranog betona i gipsanih sistema sa  $b = 1000 \text{ J/m}^2\text{s}^{1/2} \text{ }^\circ\text{K}$ . Pri tome je

$q_{f,d}$  - računski gustina požarnog opterećenja u odnosu na površinu osnove požarnog sektora i izražava se u  $\text{MJ/m}^2$ , i proračunava se prema obrascu:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \quad (12)$$

gdje je

$q_{f,k}$  - karakteristična vrijednost gustine požarnog opterećenja u odnosu na površinu osnove požarnog sektora a zavisi od namjene objekta, odnosno namjene požarnog sektora i određuje se prema vrijednostima iz Tabele 2.

Tabela 2, (EN 1991-1-2:2002)

Namjena	Prosječno	80% Fraktil
Stambeni prostori	780	948
Bolničke sobe	230	280
Hotelske sobe	310	377
Biblioteke	1 500	1 824
Uredski prostori	420	511
Školske učionice	285	347
Tržni centri	600	730
Pozorišta (kina)	300	365
Javni transportni prostori	100	122
NAPOMENA: u $\text{MJ/m}^2$ prema Gumbel-ovoj distribuciji tipa I		

Vrijednost 80% fraktila znači da 80 % požara imaju manju ili jednaku vrijednost gustine požarnog opterećenja od specificirane. Dalje je:

$m$  - faktor zapaljivosti, koji se za ceulozne materijale može uzeti u vrijednosti 0.8;

$\delta_{q1}$  - faktor koji uzima u obzir rizik nastanka požara u zavisnosti od veličina požarnog sektora u skladu sa Tabelom 3;

$\delta_{q2}$  - faktor koji uzima u obzir rizik nastanka požara u zavisnosti od namjene požarnog sektora u skladu sa vrijednostima iz Tabele 3;

$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$  - faktor koji uzima u obzir različite aktivne mjere zaštite od požara (sprinkleri, detekcija, povezanost alarmnih sistema, vatrogasna služba...) u skladu sa vrijednostima iz Tabele 4.

Pri uobičajenim mjerama zaštite od požara, praktično uvijek prisutnim, kod sigurnih pristupnih puteva, uređaja za gašenje požara i sistema odimljavanja u stepeništima, vrijednost

Tabela 3, (EN 1991-1-2:2002)

Površina osnove požarnog sektora $A_f$ [m <sup>2</sup> ]	Opasnost od nastanka požara $\delta_{q1}$	Opasnost od nastanka požara $\delta_{q2}$	Namjena
25	1,10	0,78	umjetničke galerije, muzeji, plivački bazeni
250	1,50	1,00	uređi, objekti stancovanja, hoteli, industrija papira
2 500	1,90	1,22	proizvodnja mašina i motora
5 000	2,00	1,44	hemijski laboratoriji, slikarske radionice
10 000	2,13	1,66	proizvodnja pirotehničkih sredstava ili boja i lakova

faktora  $\delta_{ni}$  iz Tabele 4, može se uzeti u vrijednosti 1.0. Međutim, ako ove mjere nisu predviđene onda treba uzeti vrijednost  $\delta_{ni} = 1.5$ , a ukoliko su stepeništa u stanju nadpritiska, u slučaju protivpožarnog alarma, onda se uzima faktor  $\delta_{n8} = 0.9$ .

Tabela 4, (EN 1991-1-2:2002)

$\delta_{ni}$ funkcija primjenjenih aktivnih mjera odbrane od požara									
Automatsko gašenje požara		Automatska detekcija požara			Manuelno gašenje požara				
Automatski sprinklerski sistem	Nezavisno napajanje vodom	Automatska detekcija požara i alarm		Povezanost alarma sa vatrogasnom jedinicom	Interna vatrogasna jedinica	Eksterna vatrogasna jedinica	Sigurni pristupni prilazi	Uređaji za gašenje požara	Sistemi za odvođenje dima
$\delta_{n1}$	0   1   2 $\delta_{n2}$	toplota $\delta_{n3}$	dim $\delta_{n4}$	$\delta_{n5}$	$\delta_{n6}$	$\delta_{n7}$	$\delta_{n8}$	$\delta_{n9}$	$\delta_{n10}$
0,61	1,0 0,87 0,7	0,87 or 0,73		0,87	0,61 or 0,78		0,9 or 1 or 1,5	1,0 or 1,5	1,0 or 1,5

Predmet ovog istraživanja su prije svega poslovni - uredski objekti, gdje se iz Tabele 2. može vidjeti da se na bazi 80% fraktilne vrijednosti, karakteristična gustina požarnog opterećenja može uzeti u visini 511 MJ/m<sup>2</sup>. Istovremeno, može se uočiti da je gustina požarnog opterećenja kod bolničkih objekata, hotelskih soba, školskih objekata, pozorišta, kino-sala i transportnih javnih objekata, manja od specificiranih za objekte uredske namjene, tako da se rezultati ovog istraživanja sa značajnom dozom sigurnosti mogu primjeniti i za ove objekte.

U ovom istraživanju, pretpostavlja se da su osigurane uobičajene mjere zaštite od požara, uz dodatak automatske detekcije požara na bazi toplotnih senzora, a u skladu sa propisanim u čl. 77, Pravilnika o zaštiti visokih objekata od požara, (Sl. novine FBiH 81/11) kada su u pitanju objekti uredske i mješovite namjene.

Tada je  $m = 0.8$ ,  $\delta_{q1} = 1.5$ ,  $\delta_{q2} = 1.0$ ,  $\delta_n = 0.87 \cdot 1.0 = 0.87$ , i  $q_{f,k} = 511 \text{ MJ/m}^2$ , pa je  $q_{f,d} = 533.48 \text{ MJ/m}^2$ . Kod uobičajenih oblika i dimenzija požarnih sektora, odnos  $A_f/A_t$ , se mjenja, ali se najčešće kreće u rasponu od 0.2 do 0.3. Za ovo istraživanje uzeta je vrijednost  $A_f/A_t = 0.25$ .

EN 1991-1-2:2002, Dodatak A predviđa tri brzine rasta temperature, spora sa  $t_{lim} = 25$  minuta, srednja sa  $t_{lim} = 20$  minuta i brza gdje je  $t_{lim} = 15$  minuta, dok se u Dodatku E specificira stopa oslobađanja energije pri požaru u zavisnosti od namjene prostora, u skladu sa vrijednostima iz Table 5.

Na bazi prethodnih ulaznih parametara, na Slici 2. predstavljene su familije krivulja požara za  $b = 1920 \text{ J/m}^2\text{s}^{1/2} \text{ } ^\circ\text{C}$  i koeficijentata otvora  $O = 0.02 - 0.20$ , (što odgovora

armiranobetonskom objektu sa nosivim armiranobetonskim zidovima), zatim familije krivulja požara za  $b = 1000 \text{ J/m}^2\text{s}^{1/2} \text{ }^\circ\text{C}$  i koeficijente otvora  $O = 0.02 - 0.20$  (što je adekvatno kombinaciji ovojnice požarnog sektora od armiranobetonskih zidova i gipsanih sistema) i familije krivulja požara za  $b = 470 \text{ J/m}^2\text{s}^{1/2} \text{ }^\circ\text{C}$  i koeficijente otvora  $O = 0.02 - 0.20$  (što je odgovarajuće skeletnom armiranobetonskom sistemu sa ispunom zidova od gipsanih sistema).

Tabela 5, (EN 1991-1-2:2002)

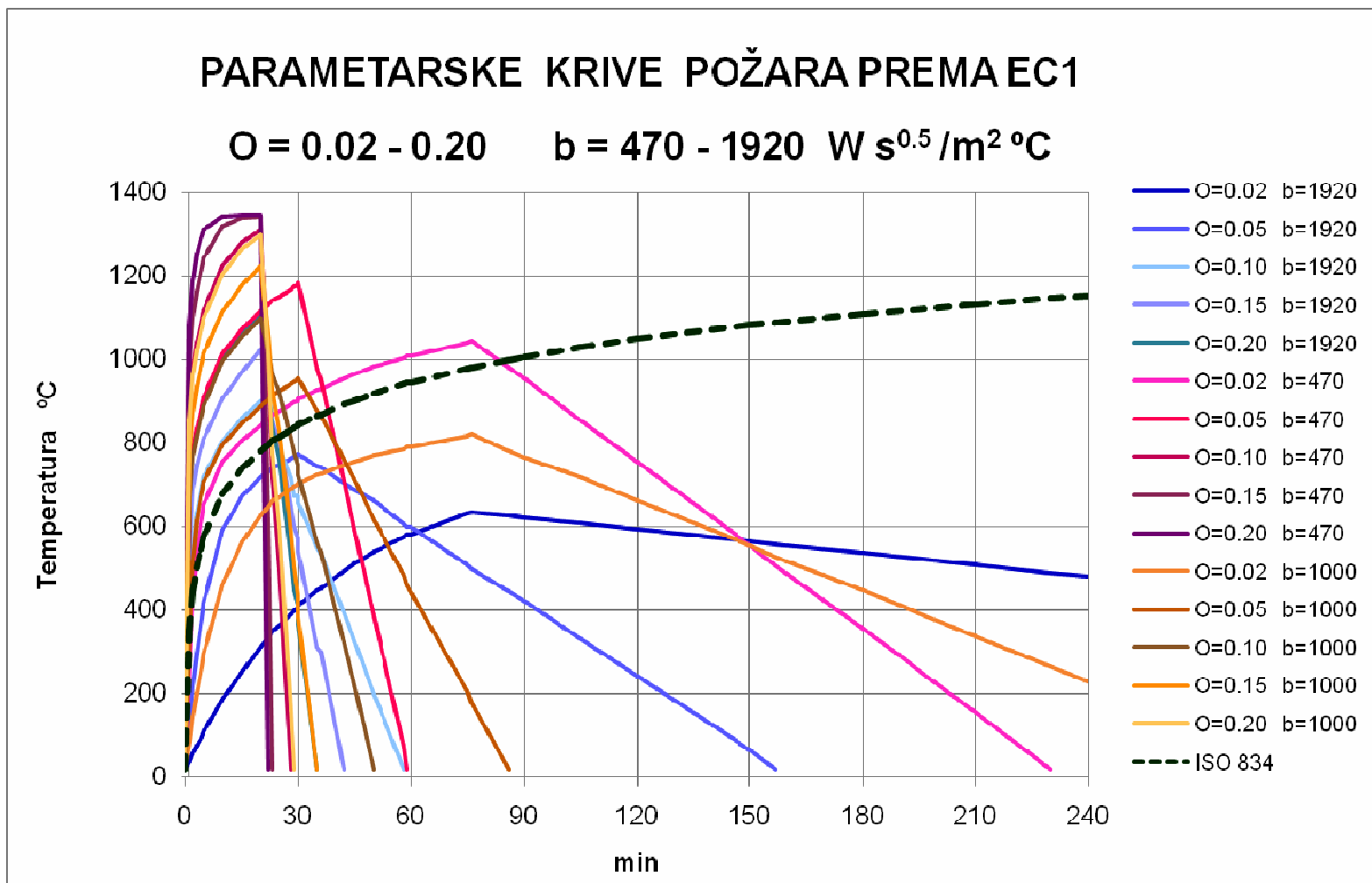
Maksimalna stopa oslobađanja toplote $RHR_t$			
Namjena	Brzina rasta	$t_e$ [s]	$RHR_t$ [kW/m <sup>2</sup> ]
Stambeni objekti	Srednja	300	250
Bolničke sobe	Srednja	300	250
Hotelske sobe	Srednja	300	250
Biblioteka	Brza	150	500
Uredski prostori	Srednja	300	250
Školska učionica	Srednja	300	250
Tržni centri	Brza	150	250
Pozorišta (kina)	Brza	150	500
Javni transportni prostori	Spora	600	250

Dakle, na Slici 2 integralno su predstavljene sve prethodno pobrojane krive požara radi međusobnog poređenja i poređenja sa standardnom krivom ISO 834. Uočljivo je sa ove slike, da najviše temperature izazivaju krive požara sa  $b = 470 \text{ J/m}^2\text{s}^{1/2} \text{ }^\circ\text{C}$ , a najduže trajanje požara imaju krive sa  $b = 1920 \text{ J/m}^2\text{s}^{1/2} \text{ }^\circ\text{C}$ , ali sa manjom maksimalnom temperaturom koja se razvija prilikom prirodnog požara.

Parametarske i druge krive požara se u laboratorijama primjenjuju za ispitivanje otpornosti na požar građevinskih proizvoda. U najnovije vrijeme sa razvojem IT tehnologija se u svrhu simulacije požara koriste modeli računarske dinamike fluida koji nisu predmet razmatranja u ovom radu. Za više informacija o modelima računarske dinamke fluida vidi [10].

#### 4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U zaključnim razmatranjima potrebno je napraviti i osvrt na korelaciju i međusobni odnos Standardne krivulje požara ISO 834 i EN 1991-1-2:2002 parametarskih (prirodnih) krivulja požara i njihovo poređenje sa stvarnim požarima. Standardna krivulja požara ISO 834 ima uvjetno rečeno mogući realan razvoj požara do vremena od 60 minuta, međutim, uopće nema silazne grane požara, čak šta više, temperatura logaritamski raste cijelom dužinom virtuelnog trajanja požara. Kada su u pitanju Eurocode 1 parametarske krivulje požara, one za razliku od Standardne krivulje požara imaju jasno naznačenu uzlaznu i silaznu granu požara i relativno mogu dobro aproksimirati oblik stvarnog požara. Međutim, u istraživanju je već uočljiv enorman porast temperature kod parametarskih krivulja požara sa  $b = 470 \text{ J/m}^2\text{s}^{1/2} \text{ }^\circ\text{C}$  i većim faktorom otvora. Za ilustraciju, ove krivulje požara daju maksimalne temperature od  $1345 \text{ }^\circ\text{C}$ . Provedenom analizom velikog broja izvještaja ispitivanja na požar referentnih svjetskih laboratorija, tokom obrade rezultata istraživanja, samo je u jednom slučaju uočen razvoj temperature preko  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ , i to prilikom ispitivanja čelične konstrukcije u Cardingtonu devedestih godina prošlog vijeka. Ta temperatura je zabilježena samo na jednom termoparu za mjerenje temperature, dok je na ostalim termoparovima uočena manja maksimalna temperatura. Uz navedeno, treba imati, takođe, u vidu da se proračun sa temperaturom požarnog sektora prema Eurocode 1 parametarskim krivuljama požara izvodi kao da ova



Slika 2 – Zbirna familija parametarskih krivih požara prema Eurocode 1 za  $b = 470 - 1920 \text{ J/m}^2 \text{ s}^{1/2} \text{ °C}$  i koeficijente otvora  $O = 0.02 - 0.20$



temperatura vlada u homogenoj atmosferi da je identična u svakoj tački požarnog sektora što je daleko od realnih uvjeta prilikom stvarnog požara.

Prethodna razmatranja o činjenici da pojedine parametarske krivulje požara nisu realne mogu se ilustrirati i sa razvojem požara u ovom istraživanju pri  $b = 470 \text{ J/m}^2\text{s}^{1/2} \text{ }^\circ\text{C}$  i faktorom otvora od  $O = 0.20$ , gdje se, u vremenu od devet sekundi postiže temperatura od preko  $800 \text{ }^\circ\text{C}$  i nakon jedne minute preko  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ , što je apsolutno nerealno za ceulozne tipove požara i puno bliže ugljikovodoničnoj krivulji razvoja požara. Daljim razmatranjem se, takođe, može uočiti da prema istoj parametarskoj krivulji, maskimalna temperatura sa  $1345 \text{ }^\circ\text{C}$  u roku dva minuta pada na  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  u požarnom sektoru, a ovo je još dalje od realnosti i praktično nemoguće.

Parametarske krivulje požara su sigurno budućnost u određivanju otpornosti na požar konstrukcija, međutim, sadašnja formulacija ovakvih krivulja požara u Eurocode 1, mora u narednom vremenu doživjeti izmjene na tragu izvornih rješenja Eurocoda 1 iz 1991 godine i njegovoj prethodnici iz ove oblasti – „Švedskim parametarskim krivuljama požara“.

## 5. LITERATURA

- [1] EN 1991-1-2, Eurocode 1; Actions on structures – Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire, 2002;
- [2] Schleich J, “Fire Actions in Buildings” Leonardo Da Vinci Project CZ/02/B/F/PP-134007, Development of Skills Facilitating Implemebtation of Eurocodes, Handbook 5, Design of Buildings for the Fire Situation, Luxembourg, 2005;
- [3] Magnusson S.E, Thelandersson S, “Temperature-Time Curves of Complete Process of Fire Development”, Civil Engineering and Building Construction Series No.65, Acto Polytechnica Scandinavica;
- [4] Ellingwood B, Shaver J, “Fire Effects on Reinforced Concrete Members – (Technical Note 985), National Bureau of Standards, Washington, DC, 1979;
- [5] Wickstrom U.G, Goransson U, “Flame Spread Predictions in Room Corner Test Based on the Cone Calorimeter”, Proceedings of the Interflam '90 Conference, University of Kent, Canterbury, UK, 1990;
- [6] Wald F, “Properties of Fire Compartment Lining Materials”, Steel Access, 2010;
- [7] Pravilnik o zaštiti visokih objekata od požara, (Sl. novine FBiH 81/11);
- [8] Chana P, Price B, “The Cardington Fire Test”, Concrete, The Concrete Society, Century House, Crowthorne, Berkshire, RG45 6YS, UK, 2003;
- [9] Džidić S, Vatrootporni sistemi, određivanje doprinosa vatrootpornosti betonskih elemenata – doktorska disertacija, Arhitektonski fakultet u Sarajevu, 2013. godine (COBISS.BH-ID 512098768);
- [10] Džidić S, Jahović A, Računarska dinamika fluida, Magazin „Z&S Adria“, Godina II, broj 4, januar 2013godine, (ISSN 2233-1328).