

doi: 10.67563/ASESCONF2026077V

Vladimir Vukobratović¹

ELASTIC PSEUDO-ACCELERATION SPECTRUM IN THE NEW EUROCODE 8

Summary: The mandatory application of Eurocodes in the Republic of Serbia was introduced relatively recently, which in some cases imposed challenges since the differences compared to the previous practice are significant. The preparation of the new generation of Eurocodes is currently in its final phase. Since in the near future the new generation of Eurocodes will be published and obligatory in the European Union countries, this is also expected in domestic practice. The implementation of the new generation of standards in practice is a demanding and complex process, which is primarily based on the timely familiarization of the professional public with all relevant details. The main idea of this paper is to provide information about the novelties related to the elastic pseudo-acceleration spectrum in part 1-1 of the new Eurocode 8. Since the topic of the spectrum cannot be isolated from the other provisions of the standard that affect it, the paper provides an appropriate overview of a number of other important provisions.

Keywords: Eurocode 8, elastic pseudo-acceleration spectrum, buildings, seismic hazard

ELASTIČNI SPEKTAR PSEUDOURZANJA U NOVOM EVROKODU 8

Rezime: Obavezna primena evrokodova u Republici Srbiji uvedena je relativno skoro, što je u pojedinim slučajevima nametnulo izazove, jer su razlike u odnosu na dosadašnju praksu znatne. Priprema nove generacije evrokodova trenutno je u završnoj fazi. Kako će u bliskoj budućnosti nova generacija evrokodova biti objavljena i obavezujuća u zemljama Evropske unije, to se očekuje i u domaćoj praksi. Implementacija nove generacije standarda u praksi je zahtevan i kompleksan proces, koji pre svega temelji na blagovremenom upoznavanju stručne javnosti sa svim relevantnim pojedinostima. Osnovna ideja ovog rada je pružanje informacija o novinama koje se odnose na elastični spektar pseudourzanja u delu 1-1 novog Evrokoda 8. Budući da temu spektra nije moguće izolovati od ostalih odredbi standarda koje na njega utiču, kroz rad je dat odgovarajući osvrt i na niz drugih odredbi koje su od značaja.

Ključne reči: Evrokod 8, elastični spektar pseudourzanja, zgrade, seizmički hazard

¹ Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija, vladavuk@uns.ac.rs

1. UVOD

Priprema nove (druge) generacije evrokodova trenutno je u završnoj fazi. Ovo se, naravno, odnosi i na Evrokod 8, koji je, kako formalno tako i suštinski, pretrpeo određene izmene. Deo 1-1 novog Evrokoda 8 odnosi se na opšta pravila i seizmičko dejstvo, dok deo 1-2 pokriva zgrade. U delu 2 obrađeni su mostovi; procena stanja i ojačanje zgrada i mostova predmet su dela 3; silosi, rezervoari, cevovodi, tornjevi, jarboli i dimnjaci razmatrani su u delu 4, a deo 5 posvećen je geotehničkim aspektima, temeljima, potpornim i podzemnim konstrukcijama.

Obavezna primena evrokodova u Republici Srbiji uvedena je relativno skoro, što je u slučajevima pojedinih konstrukcija (npr. čelične i drvene) nametnulo izazove budući da su razlike u odnosu na dosadašnju praksu znatne. Uzimajući u obzir činjenicu da će u bliskoj budućnosti nova generacija evrokodova biti objavljena i obavezujuća u zemljama Evropske unije, za očekivati je da će se to desiti i u domaćoj praksi. Implementacija nove generacije standarda u praksi je zahtevan i kompleksan proces, koji pre svega temelji na blagovremenom upoznavanju stručne javnosti sa svim relevantnim pojedinostima. Shodno tome, glavna ideja ovog rada je da se učini prvi korak u pružanju informacija o tome šta donosi novi Evrokod 8 u delu 1-1 [1], i to po pitanju osnovnog prikaza seizmičkog dejstva, odnosno, horizontalnog elastičnog spektra pseudoubiranja. Budući da priču o samom spektru nije moguće izolovati od ostalih odredbi standarda koje na njega utiču, u radu je dat odgovarajući osvrt i na niz drugih odredbi koje su od značaja.

Rad je organizovan na sledeći način: u Poglavlju 2 sagledane su osnove projektovanja koje su od značaja za glavnu temu rada; horizontalni elastični spektar pseudoubiranja prikazan je u Poglavlju 3; numerički primer prikazan je u Poglavlju 4, a Poglavlje 5 sadrži zaključke.

2. OSNOVE PROJEKTOVANJA

Konstrukcije treba projektovati tako da u slučaju dejstva zemljotresa, sa odgovarajućim stepenom pouzdanosti, ljudski životi budu zaštićeni, oštećenja budu ograničena, a objekti od značaja za civilnu zaštitu ostanu funkcionalni. Ovako zahtevane performanse moguće je ostvariti proverom neprekoračenja određenih graničnih stanja pri propisanim seizmičkim dejstvima, u probabilističkom smislu. Sve navedeno se načelno odnosi i na nekonstrukcijske, odnosno pomoćne (engl. „ancillary“) elemente.

Za razliku od trenutno važeće, u novoj generaciji Evrokoda 8 definisana su četiri granična stanja (LS, engl. „limit state“): blizu rušenja (NC, engl. „near collapse“), značajno oštećenje (SD, engl. „significant damage“), ograničenje oštećenja (DL, engl. „damage limitation“), i potpuno funkcionalno (OP, engl. „fully operational“). Prva tri već postoje u aktuelnoj verziji Evrokoda 8, konkretno u delu 3 [2] (koji na tu temu, kao što je poznato, nije u potpunoj saglasnosti sa delom 1 [3]), dok četvrto granično stanje (OP) predstavlja novinu. U slučaju stanja OP, konstrukcija je neznatno oštećena, dozvoljen je neprekidan rad sistema koji se u njoj nalaze, i njena sanacija je ekonomična. Stanja NC i SD smatraju se graničnim stanjima nosivosti, dok se stanja DL i OP smatraju graničnim stanjima upotrebljivosti.

Seizmička dejstva treba da budu određena u smislu povratnih perioda. Dostizanje zahteva po performansama treba ostvariti odabirom odgovarajućih povratnih perioda, $T_{LS,CC}$, u zavisnosti od pojedinih graničnih stanja LS, i klase posledica (CC, engl. „consequence class“) kojoj razmatrana konstrukcija pripada. Za referentni povratni period, T_{ref} , usvojena je vrednosti od 475 godina (može biti izmenjena u Nacionalnom prilogu), i ona odgovara graničnom stanju SD i klasi posledica CC2, odnosno periodu $T_{SD,CC2}$. Dakle, seizmičko dejstvo vezano za $T_{SD,CC2}$ označeno je kao „referentno seizmičko dejstvo“. Faktori performansi, $\gamma_{LS,CC}$, koji se primenjuju kao faktori multiplikacije amplitude seizmičkog dejstva, mogu biti korišćeni kao alternativa povratnim periodima, pri čemu je iz gore navedenog jasno da je $\gamma_{SD,CC2} = 1,0$. Ova alternativa prilično je korisna budući da primena povratnog perioda može biti izvodljiva samo ukoliko je dostupna karta

seizmičkog hazarda za razmatrani povratni period. Klase posledica označene su sa CC1, CC2, CC3-a i CC3-b. Kada su u pitanju zgrade, kojima je ovaj rad i posvećen, njihove definicije slične su definicijama klasa značaja u delu 1 trenutno važećeg Evrokoda 8 [3]. Dakle, na primer, obične zgrade svrstane su u klasu CC2, škole pripadaju klasi CC3-a, a bolnice klasi CC3-b.

Iz svega navedenog jasno je da za povratni period nekog graničnog stanja i klasu posledica postoji odgovarajuća vrednost faktora performansi. Kada su u pitanju zgrade, ti podaci su definisani u delu 1-2 novog Evrokoda 8 [4], i ovde su dati u Tabeli 1, pri čemu se napominje da su vrednosti izvan zagrada povratni periodi izraženi u godinama, a vrednosti u zagradama su faktori performansi.

Tabela 1: Povratni periodi $T_{LS,CC}$ izraženi u godinama i faktori performansi $\gamma_{LS,CC}$ za zgrade

Granično stanje	Klasa posledica			
	CC1	CC2	CC3-a	CC3-b
NC	600 (1,10)	1.600 (1,50)	2.500 (1,75)	5.000 (2,20)
SD	275 (0,80)	475 (1,00)	600 (1,10)	900 (1,25)
DL	100 (0,60)	115 (0,60)	125 (0,65)	140 (0,65)

Kada je neophodno izvršiti proveru graničnog stanja OP za zgrade iz klase CC3 i njihovu opremu, načelno se može usvojiti da su povratni periodi i faktori performansi za konstrukciju isti kao i za stanje DL, a da za opremu iznose 475 godina i 1,0, respektivno.

Seizmički projektni slučajevi treba da budu kategorisani u klase seizmičkog dejstva u skladu s Tabelom 2, i to u zavisnosti od vrednosti indeksa seizmičkog dejstva, S_δ , koji je definisan u jednačini (1), pri čemu je δ koeficijent koji zavisi od klase posledica CC, F_a je faktor amplifikacije tla, F_T je faktor amplifikacije usled topografije, a $S_{a,475}$ je referentno maksimalno spektralno ubrzanje za povratni period od 475 godina.

$$S_\delta = \delta F_a F_T S_{a,475} \quad (1)$$

Tabela 2: Definicija klasa seizmičkog dejstva u zavisnosti od indeksa seizmičkog dejstva S_δ

Klasa seizm. dejstva	veoma niska	niska	umerena	visoka
Indeks seizm. dejstva (m/s^2)	$S_\delta < 1,30$	$1,30 \leq S_\delta < 3,25$	$3,25 \leq S_\delta < 6,50$	$S_\delta \geq 6,50$

Treba napomenuti da klasa seizmičkog dejstva direktno utiče na projektovanje konstrukcije. U slučaju veoma niske klase, odredbe Evrokoda 8 mogu biti zanemarene, dok u slučaju niske klase, za pojedine kategorije konstrukcija (definisane od strane relevantnih organa ili u Nacionalnom prilogu), zahtevi po pitanju performansi mogu biti zadovoljeni kroz primenu jednostavnijih pravila od onih koja su data u relevantnim delovima Evrokoda 8.

Prema [4], vrednosti koeficijenta δ za zgrade koje pripadaju klasama CC1, CC2, CC3-a i CC3-b iznose 0,6, 1,0, 1,25 i 1,6, respektivno. Opsezi vrednosti indeksa S_δ u Tabeli 2 kalibrisane su na osnovu nivoa seizmičnosti datih u Tabeli 3 za zgrade koje pripadaju klasi CC2, uz pretpostavku da zbirni efekat faktora F_a i F_T iznosi 1,3.

Za primenu Evrokoda 8 potrebno je da teritorije budu mapirane u zavisnosti od lokalnog seizmičkog hazarda, i takav prikaz podrazumeva da su referentni spektralni parametri dati u Nacionalnom prilogu, kao i da oni treba da budu grupisani u seizmičke zone koje su međusobno razgraničene, i u kojima je seizmičnost kvalifikovana u skladu s Tabelom 3.

Seizmički hazard treba da bude opisan sa dva referentna spektralna ubrzanja, tj. sa već pomenutim $S_{a,475}$, i sa $S_{\beta,475}$, gde $S_{a,475}$ odgovara vrednosti pseudoubiranja koja definiše plato

horizontalnog elastičnog spektra, dok $S_{\beta,475}$ odgovara spektralnoj vrednosti za period od 1 s, koji je označen sa T_{β} . U oba slučaja vrednosti odgovaraju prigušenju od 5% i kategoriji tla A, definisanom kao standardna stena. Vrednosti $S_{\alpha,475}$ određuju se analizom seizmičkog hazarda, što se istovremeno može uraditi i za određivanje vrednosti $S_{\beta,475}$, ali se one mogu dobiti i kao:

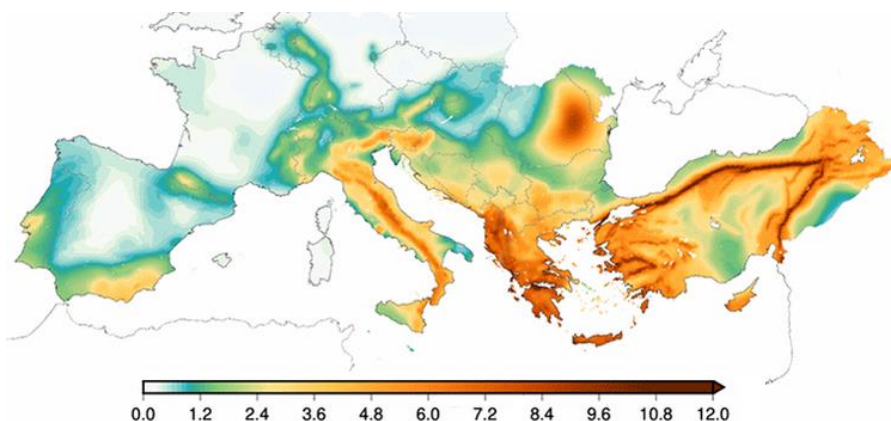
$$S_{\beta,475} = f_h S_{\alpha,475} \quad (2)$$

Vrednosti f_h iznose 0,2, 0,3 i 0,4 za veoma niske i niske, umerene, i visoke nivoe seizmičnosti (Tabela 3), respektivno.

Tabela 3: Definicija nivoa seizmičnosti u zavisnosti od $S_{\alpha,475}$

Nivo seizmičnosti	veoma nizak	nizak	umeren	visok
Ref. maks. spektralno ubrzanje (m/s^2)	$S_{\alpha,475} < 1,0$	$1,0 \leq S_{\alpha,475} < 2,5$	$2,5 \leq S_{\alpha,475} < 5,0$	$S_{\alpha,475} \geq 5,0$

U informativnom Aneksu A dela 1-1 [1] date su mape sa vrednostima $S_{\alpha,475}$ i $S_{\beta,475}$, i one su zasnovane na evropskom modelu seizmičkog hazarda, engl. „European Seismic Hazard Model“ (ESHM20), videti i [5, 6]. Na Slici 1 dat je isečak mape, preuzet iz [5], sa prikazom vrednosti $S_{\alpha,475}$, izraženih u m/s^2 .



Slika 1: Prikaz $S_{\alpha,475}$ zasnovan na ESHM20 (skala u m/s^2), preuzet iz [5]

Određivanje faktora F_{α} , koji se po svojoj prirodi odnosi na kratke periode, moguće je na dva načina. Prvi je zasnovan na primeni izraza u kojima figurišu dubina stenske formacije na kojoj je brzina smičućeg talasa $v_s > 800$ m/s, H_{800} , i ekvivalentne vrednosti v_s do referentne dubine H , $v_{s,H}$, i njegova upotreba podrazumeva da su vrednosti H_{800} i $v_{s,H}$ poznate, što u domaćoj praksi nije čest slučaj. Drugi način, koji je u nastavku i razmatran, temelji na izrazima datim u Tabeli 4.

Iz Tabele 4 je jasno da je na tlu kategorije A $F_{\alpha} = 1,0$, što je i očekivano jer u steni nema amplifikacije. Sve navedeno odnosi se i na faktor F_{β} , koji je po svojoj prirodi vezan za srednje periode. On je neophodan za određivanje elastičnog spektra pseudoubiranja razmatranog u narednom poglavlju, a zbog preglednosti predstavljen je u ovom. Kategorije tla date u Tabeli 4 neće biti detaljno razmatrane, ali je njihov pojednostavljen opis načelno sličan opisu u trenutno važećem Evrokodu 8.

Za veoma nisku i nisku klasu seizmičkog dejstva (Tabela 2) moguća su pojednostavljenja, i to u vidu usvajanja $F_{\alpha} = 2,20$ i $F_{\beta} = 4,0$ za bilo koje stabilne uslove tla, te proširenja tla kategorije D, E i F na veoma meka stabilna tla sa $100 \text{ m/s} \leq v_{s,H} < 150 \text{ m/s}$. Prvo pojednostavljenje je

konzervativno, i za neke vrednosti $S_{\alpha,475}$ može da se desi da njegovo usvajanje poveća klasu seizmičkog dejstva u odnosu na realnu.

Tabela 4: Faktori amplifikacije tla F_α i F_β za standardne kategorije tla

Kategorija tla	F_α	F_β
A	1,0	1,0
B	$1,3(1 - 0,1S_{\alpha,RP}/g)$	$1,6(1 - 0,2S_{\beta,RP}/g)$
C	$1,6(1 - 0,2S_{\alpha,RP}/g)$	$2,3(1 - 0,3S_{\beta,RP}/g)$
D	$1,8(1 - 0,3S_{\alpha,RP}/g)$	$3,2(1 - S_{\beta,RP}/g)$
E	$2,2(1 - 0,5S_{\alpha,RP}/g)$	$3,2(1 - S_{\beta,RP}/g)$
F	$1,7(1 - 0,3S_{\alpha,RP}/g)$	$4,0(1 - S_{\beta,RP}/g)$

Iz Tabele 4 se vidi da u izrazima za određivanje F_α i F_β figurišu $S_{\alpha,RP}$ i $S_{\beta,RP}$ (izraženi u g), respektivno. Njihove vrednosti mogu biti određene iz odgovarajućih mapa za razmatrane povratne periode, ili alternativno, što je u nastavku i urađeno, korišćenjem iznad datih faktora performansi $\gamma_{LS,CC}$ (Tabela 1):

$$S_{\alpha,RP} = \gamma_{LS,CC} S_{\alpha,475} \quad (3)$$

$$S_{\beta,RP} = \gamma_{LS,CC} S_{\beta,475} \quad (4)$$

Kada je u pitanju faktor amplifikacije usled topografije F_T , u slučaju da postoje topografske neregularnosti po pitanju visine veće od 30 m i po pitanju prosečnog nagiba terena većeg od 15°, treba primeniti odgovarajuće vrednosti $F_T > 1,0$, i to samo u slučaju tla kategorije A i B. U svim ostalim slučajevima treba usvojiti $F_T = 1,0$. U standardu su date tri situacije u kojima je potrebno usvojiti $F_T > 1,0$, pri čemu je za dve propisano da je $F_T = 1,2$, a za treću da je $F_T = 1,4$ (za detalje videti [1]).

3. HORIZONTALNI ELASTIČNI SPEKTAR PSEUDOUBRZANJA

U odnosu na horizontalni elastični spektar pseudoubrzanja u trenutno važećem Evrokodu 8, za koji su predložena dva osnovna tipa, definicija spektra u novoj generaciji standarda značajno je izmenjena (Slika 2), i nema podele na tipove.

Pre svega, umesto primene jednog parametra za određivanje pojedinih delova spektra, za koji je u trenutno važećem Evrokodu 8 izabrano maksimalno ubrzanje tla, za novi spektar primenjena su dva: S_α koji definiše plato spektra, i S_β koji definiše spektralnu vrednost u $T_\beta = 1$ s. Druga bitna razlika odnosi se na oblast veoma kratkih perioda, gde je sada u spektru usvojena horizontalna grana između $T = 0$ s i $T = T_A$. Ova izmena je potpuno u skladu sa poznatom činjenicom da za veoma kratke periode praktično ne dolazi do amplifikacije. Posledično, umesto dosadašnje četiri, spektar sada ima pet grana.

Kao što je ispod Slike 2 navedeno, horizontalna osa spektra je, za razliku od dosadašnje prakse, prikazana u logaritamskoj razmeri, što poboljšava vidljivost za periode koji su najčešće zastupljeni.

Određivanje spektralnih vrednosti $S_e(T)$ za pojedine grane spektra vrši se prema sledećim izrazima:

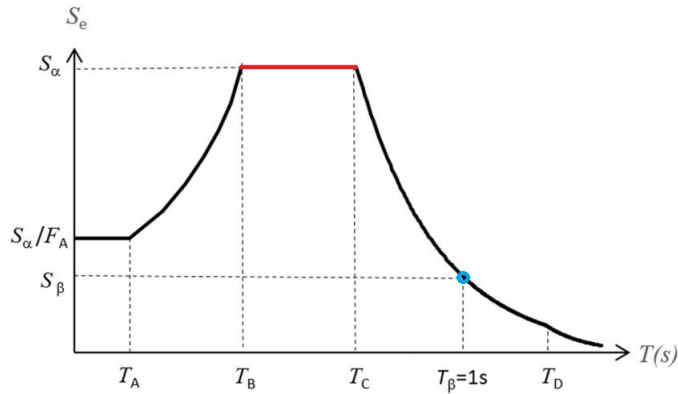
$$0 \leq T < T_A : S_e(T) = \frac{S_\alpha}{F_A} \quad (5)$$

$$T_A \leq T < T_B: \quad S_e(T) = \frac{S_\alpha}{T_B - T_A} \left[\eta(T - T_A) + \frac{T_B - T}{F_A} \right] \quad (6)$$

$$T_B \leq T < T_C: \quad S_e(T) = \eta S_\alpha \quad (7)$$

$$T_C \leq T < T_D: \quad S_e(T) = \eta \frac{S_\beta T_\beta}{T} \quad (8)$$

$$T \geq T_D: \quad S_e(T) = \eta T_D \frac{S_\beta T_\beta}{T^2} \quad (9)$$



Slika 2: Horizontalni elastični spektar pseudoubzrzanja (horizontalna osa u logaritamskoj razmeri), preuzeto iz [1] i dopunjeno prikazom značenja parametara S_α i S_β

Spektralna ubrzanja S_α i S_β treba odrediti kao:

$$S_\alpha = F_\alpha F_T S_{\alpha,RP} = F_\alpha F_T \gamma_{LS,CC} S_{\alpha,475} \quad (10)$$

$$S_\beta = F_\beta F_T S_{\beta,RP} = F_\beta F_T \gamma_{LS,CC} S_{\beta,475} \quad (11)$$

Vrednost perioda T_C i T_B treba odrediti iz izraza:

$$T_C = S_\beta T_\beta / S_\alpha = S_\beta / S_\alpha \quad (T_\beta = 1 \text{ s}) \quad (12)$$

$$T_B = \begin{cases} T_C / \chi, & \text{za } 0,05 \text{ s} \leq T_C / \chi \leq 0,10 \text{ s} \\ 0,05 \text{ s}, & \text{za } T_C / \chi < 0,05 \text{ s} \\ 0,10 \text{ s}, & \text{za } T_C / \chi > 0,10 \text{ s} \end{cases} \quad (13)$$

Ukoliko se ispostavi da je $T_C \geq 1$, potrebno je sprovesti specifičnu studiju u cilju definisanja horizontalnog elastičnog spektra. Kada su u pitanju T_A , F_A i χ , u odsustvu specifičnih studija, za njih može biti usvojeno 0,02 s, 2,5 i 4, respektivno. Isto važi i za T_D , čija vrednost (u sekundama) može biti određena kao:

$$T_D = \begin{cases} 2, & \text{za } S_{\beta,RP} = \gamma_{LS,CC} S_{\beta,475} \leq 1 \text{ m/s}^2 \\ 1 + S_{\beta,RP} = 1 + \gamma_{LS,CC} S_{\beta,475} (S_\beta \text{ u m/s}^2), & \text{za } S_{\beta,RP} = \gamma_{LS,CC} S_{\beta,475} > 1 \text{ m/s}^2 \end{cases} \quad (14)$$

Što se tiče faktora korekcije prigušenja η , kao i do sada, za prigušenje $\zeta = 5\%$ on iznosi 1,0, ali je za razliku od trenutno važećeg Evrokoda 8 njegova definicija u novoj generaciji standarda, koja važi za periode T do 4 s, data u odnosu na periode T_A i T_B :

$$\eta = \left\{ \begin{array}{ll} 1, & \text{za } T \leq T_A \\ \sqrt{\left(10 + \left(\frac{T_B - T}{T_B - T_A} \right)^3 (\xi - 5) \right) / (5 + \xi)}, & \text{za } T_A < T < T_B \\ \sqrt{10 / (5 + \xi)}, & \text{za } T \geq T_B \end{array} \right\} \geq 0,55 \quad (15)$$

Kao što je poznato, u trenutno važećem Evrokodu 8 izraz dat u trećem redu (15) primenjuje se u celom opsegu perioda. Donja granica od 0,55 ostala je nepromenjena.

Konačno, za potrebe numeričkog primera datog u sledećem poglavlju, izraz za određivanje maksimalne projektne vrednosti ubrzanja tla (u m/s²) glasi:

$$PGA_e = \frac{S_a}{F_A} \quad (16)$$

4. NUMERIČKI PRIMER

U ovom poglavlju prikazano je određivanje horizontalnih elastičnih spektara pseudoubrzanja za sve kategorije tla definisane u novom Evrokodu 8, uzimajući u obzir tri vrednosti maksimalnog ubrzanja tla na steni (tlo kategorije A): 0,10 g, 0,15 g i 0,20 g. Navedene vrednosti izabrane su tako da pokrivaju većinu teritorije Republike Srbije, imajući u vidu trenutno aktuelnu kartu seizmičkog hazarda za povratni period od 475 godina sa verovatnoćom prekoračenja od 10% u 50 godina [7].

Za usvojeni faktor amplifikacije usled topografije $F_T = 1,0$, klasu posledica CC2, granično stanje SD (povratni period $T_{SD,CC2} = 475$ godina, faktor performansi $\gamma_{SD,CC2} = 1,0$) i razmatrana maksimalna ubrzanja tla, odgovarajuće vrednosti $S_{a,475}$ (iz jednačine (16) za $F_A = 2,5$ i jednačine 10)) i $S_{\beta,475}$ (iz jednačine (2)), kao i nivoi seizmičnosti (prema Tabeli 3), prikazani su u Tabeli 5. Napominje se da je u okviru numeričkog primera zbog jednostavnosti usvojeno da je $g \approx 10 \text{ m/s}^2$.

Tabela 5: Vrednosti $S_{a,475}$ i $S_{\beta,475}$ i nivoi seizmičnosti za razmatrana maksimalna ubrzanja tla

Maksimalno ubrzanje tla [g]	$S_{a,475}$ [m/s ²]	$S_{\beta,475}$ [m/s ²]	Nivo seizmičnosti
0,10	2,50	0,75	umeren
0,15	3,75	1,13	umeren
0,20	5,00	2,00	visok

Koristeći izraze iz Tabele 4, određene su odgovarajuće vrednosti faktora amplifikacije tla F_a i F_β , i one su prikazane u Tabeli 6.

Tabela 6: Vrednosti faktora amplifikacije tla F_a i F_β

$S_{a,475}$ [m/s ²]	2,50		3,75		5,00	
$S_{\beta,475}$ [m/s ²]	0,75		1,13		2,00	
Kategorija tla	F_a	F_β	F_a	F_β	F_a	F_β
A	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
B	1,27	1,58	1,25	1,56	1,24	1,54
C	1,52	2,25	1,48	2,22	1,44	2,16
D	1,67	2,96	1,60	2,84	1,53	2,56
E	1,93	2,96	1,79	2,84	1,65	2,56
F	1,57	3,70	1,51	3,55	1,45	3,20

Vrednosti spektralnih ubrzanja S_α i S_β , određene iz jednačina (10) i (11), i perioda T_C , T_B i T_D , određene iz (12)-(14), respektivno, date su u Tabeli 7, a za T_A i χ usvojene su podrazumevane vrednosti (0,02 s i 4, respektivno). Za prigušenje ζ usvojeno je 5%, iz čega sledi da je faktor korekcije prigušenja $\eta = 1,0$.

Horizontalni elastični spektri pseudoubrzanja, izračunati za razmatrane ulazne podatke, dati su na Slici 3. Oni, zajedno sa svim relevantnim parametrima za njihovo izračunavanje, mogu biti od praktične koristi za inženjere.

Tabela 7: Vrednosti S_α , S_β , T_C , T_B i T_D

	$S_{a,475} = 2,50 \text{ m/s}^2$, $S_{\beta,475} = 0,75 \text{ m/s}^2$				
Kategorija tla	$S_a \text{ [m/s}^2\text{]}$	$S_{\beta} \text{ [m/s}^2\text{]}$	$T_C \text{ [s]}$	$T_B \text{ [s]}$	$T_D \text{ [s]}$
A	2,50	0,75	0,30	0,075	2,00
B	3,18	1,19	0,37	0,093	
C	3,80	1,69	0,44	0,100	
D	4,18	2,22	0,53		
E	4,83	2,22	0,46		
F	3,93	2,78	0,71		
	$S_{a,475} = 3,75 \text{ m/s}^2$, $S_{\beta,475} = 1,13 \text{ m/s}^2$				
A	3,75	1,13	0,30	0,075	2,13
B	4,69	1,76	0,38	0,095	
C	5,55	2,51	0,45	0,100	
D	6,00	3,21	0,54		
E	6,71	3,21	0,48		
F	5,66	4,01	0,71		
	$S_{a,475} = 5,00 \text{ m/s}^2$, $S_{\beta,475} = 2,00 \text{ m/s}^2$				
A	5,00	2,00	0,40	0,100	3,00
B	6,20	3,08	0,50		
C	7,20	4,32	0,60		
D	7,65	5,12	0,67		
E	8,25	5,12	0,62		
F	7,25	6,40	0,88		

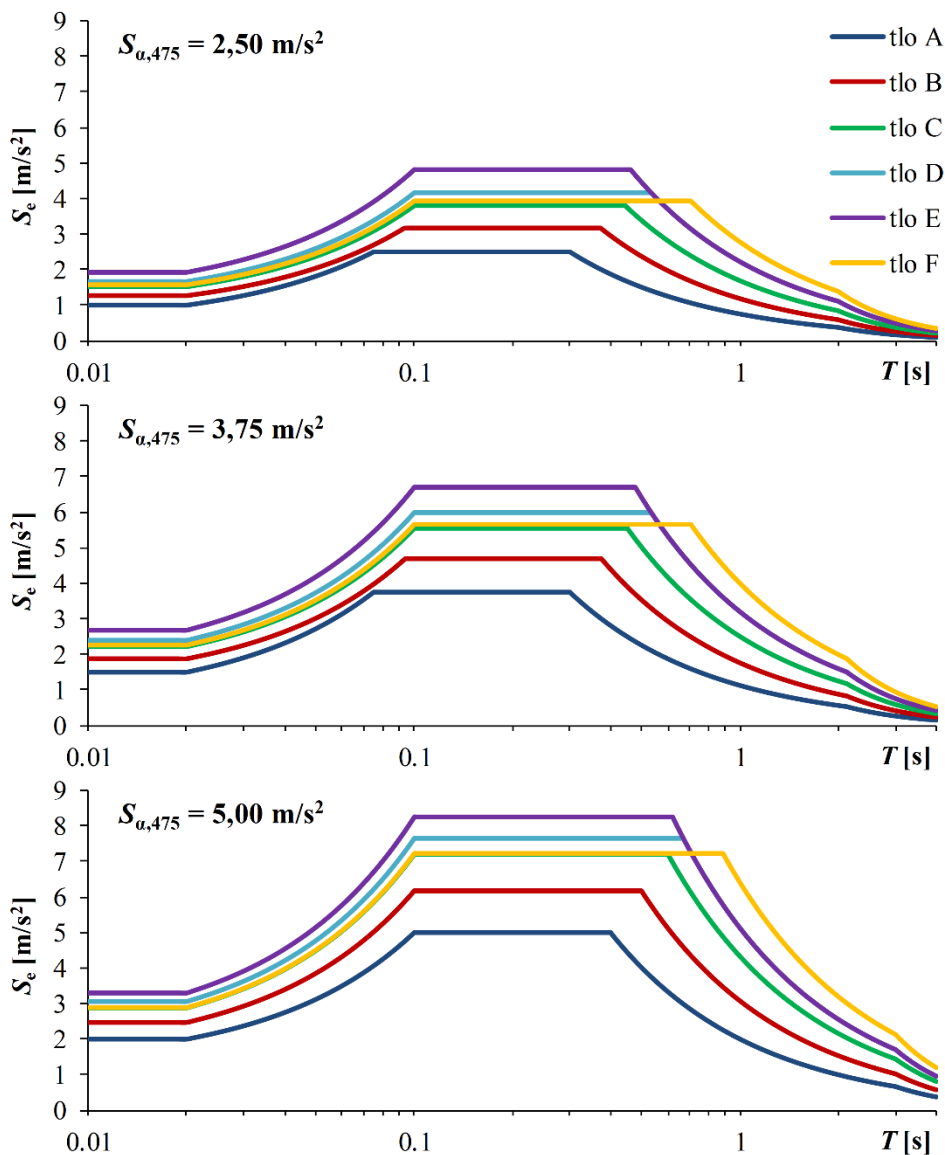
5. ZAKLJUČAK

Priprema nove (druge) generacije evrokodova trenutno je u završnoj fazi. Evrokod 8 je i formalno i suštinski pretrpeo određene izmene, i njegova implementacija u praksi predstavljaće izazov. Prvi korak u prevazilaženju istog je blagovremeno upoznavanje stručne javnosti sa svim relevantnim pojedinostima. Glavna ideja ovog rada je pružanje informacija o novinama koje se odnose na horizontalni elastični spektar pseudoubrzanja u delu 1-1 novog Evrokoda 8.

U radu su razmatrane osnove projektovanja, pre svega vezane za zahteve po performansama, granična stanja, određivanje seizmičkih dejstava, nivoa seizmičnosti i opis seizmičkog hazarda. One su od ključnog značaja za određivanje horizontalnog elastičnog spektra pseudoubrzanja, koji je detaljno razmatran u radu. Dodatno, dat je osvrt na klase seizmičkog dejstva i njihov uticaj na projektovanje konstrukcija zgrada, kojima je ovaj rad i posvećen.

U okviru numeričkog primera prikazano je određivanje horizontalnih elastičnih spektara pseudoubrzanja za sve kategorije tla definisane u novom Evrokodu 8, uzimajući u obzir tri vrednosti maksimalnog ubrzanja tla na steni: 0,10 g, 0,15 g i 0,20 g. Navedene vrednosti izabrane su tako da pokrivaju većinu teritorije Republike Srbije, imajući u vidu trenutno aktuelnu kartu seizmičkog hazarda. Na taj način su, uz pretpostavku da nema amplifikacije usled topografije, za referentni povratni period od 475 godina, u radu određeni svi relevantni parametri neophodni za izračunavanje spektara, kao i sami spektri, što može biti od praktične koristi za inženjere.

Treba napomenuti da se, zbog relativno „zamršenog“ određivanja spektralnih parametara, a u cilju eliminacije grešaka, kao preporuka autora rada navodi izrada automatizovanog numeričkog alata za proračun spektralnih vrednosti.



Slika 3: Horizontalni elastični spektri pseudoubzrzanja za različite vrednosti $S_{a,475}$ i kategorije tla (određeni za 5% prigušenja)

ZAHVALNOST

Ovo istraživanje je podržano od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija (br. ugovora: 451-03-34/2026-03/200156) i Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu kroz projekat "Naučnoistraživački i umetničkoistraživački rad istraživača u nastavnim i saradničkim zvanjima Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu 2026" (br: 01-3609/1).

REFERENCE

- [1] FprEN 1998-1-1:2024_TC 250: Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 1-1: General rules and seismic action, European Committee for Standardization, Brussels, August 2023.
- [2] EN 1998-3: Design of structures for earthquake resistance - Part 3: Assessment and retrofitting of buildings, European Committee for Standardization, Brussels, June 2005.
- [3] EN 1998-1: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, European Committee for Standardization, Brussels, December 2004.
- [4] FprEN 1998-1-2:2025_TC 250: Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 1-2: Buildings, European Committee for Standardization, Brussels, February 2025.
- [5] Labbé P, Paolucci R. Developments Relating to Seismic Action in the Eurocode 8 of Next Generation, *Progresses in European Earthquake Engineering and Seismology*, Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences, 2022, 26-46.
- [6] Danciu L, Giardini D, Weatherill G, Basili R, Nandan S, Rovida A, Beauval C, Bard P-Y, Pagani M, Reyes C. G, Sesetyan K, Vilanova S, Cotton F, Wiemer S. The 2020 European Seismic Hazard Model: Overview and Results, *EGUsphere* [preprint], 2024, 1-36.
- [7] https://www.seismo.gov.rs/Seizmicnost/SH_2018_Ubrzanje_cyr_475_WGS84.pdf, pristupljeno dana 11.05.2026.