

**Prethodno saopštenje**

**UDC: 550.348(497.6)**

## **SEIZMIČNOST BOSNE I HERCEGOVINE I OFICIJALNA ZEMLJOTRESNA REGULATIVA**

Slobodan Nedeljković<sup>1</sup>, Miodrag Popović<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>*Geoin – Internacional, E-mail slnedelkovic@ sbb.co.rs Ustanička 189, Beograd*

### **REZIME**

Seizmičnost nekog prostora za određeni vremenski period, možemo da shvatimo kao neku vrstu „verovatne prognoze“ ugroženosti tog prostora zemljotresnim intezitetima. Autori ukazuju da instrumentalni zapisi zemljotresa u seizmologiji još uvek ne mogu da daju zadovoljavajuće odgovore koji se tiču jačine potresa. Ukazano je da ni magnituda, a ni seizmički moment ne ispunjavaju zahteve jednoznačne energetske klasifikacije potresa. Ukazuje se na mogućnost korišćenja oleate sa kraćim povratnim periodima zemljotresa za potrebe EVROCOD-a EC8 jer taj standard pruža pouzadniji način proračuna seizmo otporne konstrukcije u odnosu na do sada važeći standard na ovim prostorima.

Ključne reči: *Seizmičnost, seizmološka karta, Evrokod EC8*

## **SEISMICITY BOSNIA AND HERZEGOVINA AND OFFICIAL SEISMIC REGULATIVE**

### **ABSTRACTS**

Seismicity of an area for a certain period of time, can we understand as a kind of "the forecast" threat of the space seismic intensity. The authors indicate that instrumental records of earthquake seismology is still not able to give satisfactory answers involving the strong earthquake. Pointed out that neither magnituda and the seismic moment do not meet the requirements of selective energy classification earthquake. Indicate the possibility using oleate with shorter feedback periodia earthquake for the purpose of EC8 because this standard provides a way safer budget seizmo resistant structures in relation to the now used.

Key words: *Seizmičnost, Seizmološka tickets, Evrokod EC8*

### **UVOD**

Zemljotresna regulativa zasniva se na zemljotresnom riziku pri čemu se on odnosi na objekte stvorene sredine. Nivo prihvatljivog rizika definisan je zemljotresnom regulativom preko očekivanih šteta na objektima koji se grade seizmo otporno. Proračun se sprovodi na osnovu definisane zemljotresne opasnosti i ta opasnost (zemljotresni hazard) predstavljena je na seizmološkoj karti. Mera seizmičkog intenziteta je seizmički stepen, a sam intenzitet je rezultat dejstva zemljotresa na stvorenu sredinu, teren i ljude.

Rizik je po svojoj prirodi protivurečan i poželjan je dok je oprezan, ali je neprihvatljiv ako vodi da kažemo nekom avanturizmu. Karakteriše ga neodređenost, slučajnost i pomenuta protivurečnost. Neodređenost se javlja kao posledica našeg nedovoljnog znanja o datoj pojavi. Pojava je slučajna jer se u sličnim uslovima javlja nejednako i ne može se reći kakva će biti datog trenutka. Kako želimo da ishod pojave bude povoljan za nas to svako iz grupe ima svoj stav o stepenu povoljnosti pojave tj. ima svoj interes. Otuda u definisanju nivoa prihvatljivog seizmičkog rizika ne trebaju da odlučuje samo građevinska struka već i druge kao npr. ekonomisti, političari, planeri i druge struke društvene sredine.

Prihvatljiv nivo pomenutog rizika određuje se sprovedenim proračunom konstrukcije, dok su ulazni podaci za proračun zasnovani na oceni veličine potencijalnog zemljotresnog hazarda. Zemljotresna opasnost, odnosno zemljotresni hazard, u svom polaznom osnovu predstavlja se na seizmološkoj karti.

## SEIZMOLOŠKE KARTE

Seizmološka karta je sastavni deo zemljotresne regulative i ona definiše seizmičku opasnost. Konceptiju seizmičke opasnosti određuje konceptija izabranog načina zemljotresne preventive čija se realizacija, u velikoj meri, sprovodi proračunom zemljotresno otporne konstrukcije. Otuda građevinska struka kod nas dobija veliko poverenje društvene sredine što govori o inertnosti društvene sredine da preuzme svoj deo odgovornosti u smanjenju šteta koje zemljotresi čine. Tako je u sadašnjem trenutku prisutano preuzimanje Evrokoda EC8 bez analize koliko takav pristup poskupljuje zemljotresnu preventivu u našim uslovima i koje su prednosti i koje mane u odnosu na dosadašnju konceptiju zemljotresne regulative koja je bila kod nas. Ovakvo zalaganje ne znači da autori izražavaju neslaganje sa preuzimanjem EC8, već smatraju da se to mora izvršiti sagledavanjem svih aspekata. Pristup za koji se autori zalažu praktično bazira na parcijalnim analizama problema, a sama odluka treba da bude doneta na osnovu sinteze rezultata ovih analiza. Na ovaj način, postiže se konsenzus po pitanju preuzimanja nivoa zemljotresnog rizika, tako da se, u društvenoj sredini, izbegavaju kasniji nesporazumi. Naime, pri sanaciji šteta nastalih pod uticajem zemljotresa obično se donese Zakon po kome se sakupljaju potrebna sredstva, ali strašno je otežano iznaći pravi način kako da se ta sredstva distribuiraju na način koji je opšte društveno prihvatljiv. Seizmološka karta ukazuje na ulazne podatke na osnovu kojih se vrši proračun i kao takva direktno utiče na cenu zemljotresne preventive. Otuda, izrada karte ne može biti poverena samo seizmolozima već u radnoj grupi moraju biti prisutne i druge struke: urbanisti, geolozi, građevinci, ekonomisti i drugi.

Sam zemljotresni rizik predstavlja mogućnost pojave štete na objektu sa određenom verovatnoćom pri pojavi zemljotresne opasnosti određenog nivoa. Objekti iste kategorije imaju isti vek eksploatacije i zato se bira za njih oleata seizmološke karte sa povratnim periodom zemljotresa, tako da je rizik od šteta koje taj intezitet može da nanese objektima te kategorije, na nivou regulativom definisanog prihvatljivog rizika.

Konceptija zemljotresne preventive definiše način proračuna kao i tip seizmološke karte. U početnom razvoju zemljotresne preventive zemljotresna opasnost bila je predstavljena najačim dogođenim intezitetima bez uvažavanja koliko je taj događaj redak ili čest, odnosno nije bila uvažavana njegova vremenska ponovljivost.

Prva seizmološka karta na prostoru bivše Jugoslavije vezana za Rešenje o privremenim tehničkim propisima za opterećenje zgrada koje je objavljeno u službenom listu FNRJ br. 61 od 17 juna 1948 godine. Po njoj je vršeno računanje seizmo otpornosti zgrada na osnovama statičke teorije koju je razvio japanski specijalista Monobe. Ova karta je prikazana na slici 1.

Zemljotres u Skoplju 1963 godine ukazao je kuda vode posledice nepoštovanja regulative i zato su 1964 godine doneti "Privremeni tehnički propisi za građenje u seizmičkim područjima" (Sl. list SFRJ 39/64). U nedostatku seizmološke karte ovi propisi su preuzeli seizmološku kartu koja je izrađena 1950 god. (J. Mihajlović-Seizmološki zavod Srbije 1950.). Ova karta je, za prostor BiH prikazana na sl.2. a predstavlja raspored dogođenih intenziteta od 361 godine do 1950.

- U seizmološkom pogledu dali se teritorija FNRJ na 3 zone prema stepenu, do sada, konstatovanih tehničkih oštećenja prilikom potresa.



Slika 1. Podela teritorije FNRJ u seizmološke zone  
Figure 1. Classification of FPRY territory as per seismic zones

Oznake:

- granice zone katastrofalnih potresa (intenziteta IX, X)
- - - granice zone razornih potresa (intenziteta VIII)
- ..... granice zone štetnih potresa (intenziteta VII)

Po dokumentima seizmološkog zavoda u Beogradu. Seizmološke zone ucrtane su u slici 1. To su:

1. zona manjih oštećenja
2. zona velikih oštećenja
3. zona katastrofnog razaranja

Slika 1. Podela teritorije FNRJ u seizmološke zone (Beograd 1948.)

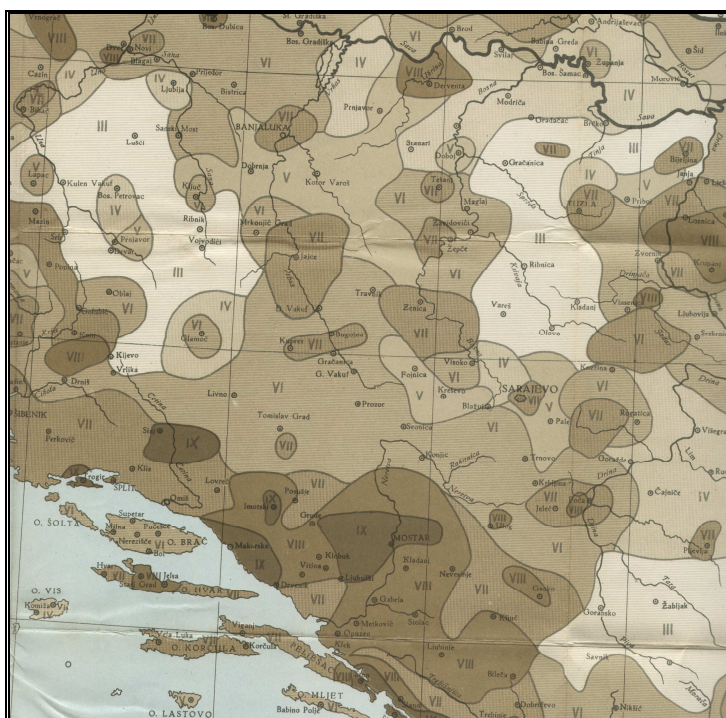
Figure 1 The division of the territory FNRJ in Seismic Zone (Belgrade 1948.)

Zemljotresni proračun zgrada po pomenutim Propisima vršen je na osnovama dinamičke teorije koja je uvažavala dinamičke osobnosti objekta, ali je uzet u obzir i kvalitet terena na kome se objekat gradi preko geomehaničkog kriterija: dobro, srednje i loše tlo.

Dalji razvoj načina proračuna seizmo otpornih zgrada, uvažavanjem njihove duktilnosti tj. parametra koji omogućava da se ostvari kontrolisana potrošnja zemljotresne energije, koja uđe u konstrukciju na zato prilagođenim mestima i time izbegne kolaps konstrukcije, tražio je inovaciju zemljotresne regulative. U ovom smislu uveden je, 1981. godine, proračun zemljotresno otpornih zgrada metodom ekvivalentnog statičkog proračuna, kojim se dinamičke sile zamenjuju ekvivalentnim statičkim, ali uz uvažavanje pomenute duktilnosti. Za potrebe ovog proračuna pravljena je namenska seizmološka karta koja je ušla u upotrebu 1982. godine. Ova karta bazira na maksimalno zabeleženim intezitetima za period 361. do 1980. god., a prostor B i H je predstavljen na slici 3.



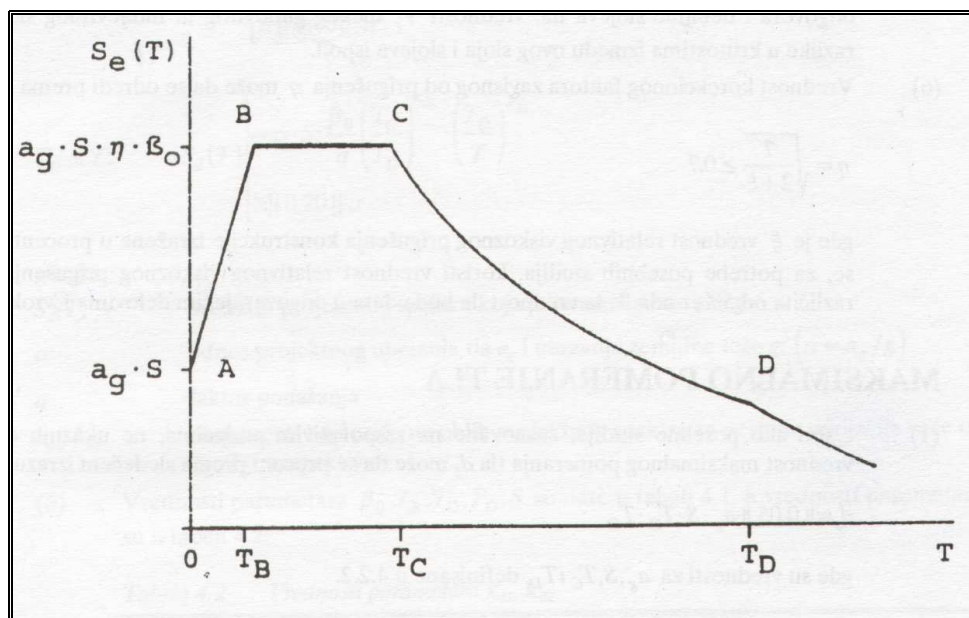
Slika 2. Seizmološka karta FNRJ za prostor BiH (J. Mihajlović-Seizmološki zavod Srbije1950.)  
Figure 2 Seismic map FNRJ proctor for BiH (J. Mihajlović-Seizmološki Institute Srbije1950.)



Slika 3. Privremena seizmološka karta SFRJ za prostor BiH (Beograd 1981.)  
Figure 3 Temporary Seizmološka map SFRJ for space BH (Belgrade 1981.)

Za razliku od prethodne karte iz 1950 godine za ovu kartu u tumaču rečeno je da se inteziteti na njoj odnose na srednje tlo, koje nije definisano. Naime, apsolutno je prihvaćena činjenica da povredljivost površinskog terena utiče na stepen oštećenja objekata stvorene sredine, ali nije mogla biti adekvatno valorizovana jer na njoj nije moguće prikazati realan teren, zbog sitne razmere (1: 1 000 000).

Nagli porast instrumentalnih registracija ubrzanja tla pri jakim zemljotresima i mogućnost da se preko kompjuterskih programa direktno iskoriste u proračun seimo otpornih konstrukcija omogućuje istraživanja čiji je rezultat Evrokod EC8. U Evrokodu EC8 navodi se da su seizmička područja definisana seizmološkom kartom. Seizmički stepen sa karte prema EC8 treba da bude preveden tako da se opisuje preko jednog parametra, odnosno preko vrednosti  $a_g$  efektivnog maksimalnog ubrzanja tla na nivou osnovne stene ili čvrstog tla, koje se zove "projektno ubrzanje tla". U opštem slučaju teži se da se  $a_g$  poklopi sa stvarnim maksimalnim ubrzanjem tla usled zemljotresa sa umerenim do visokim magnitudama i sa srednjim do dugim epicentralnim rastojanjima i karakteriše, u čvrstom tlu, širok i približno ravnomeran frekventni spektar. Samo zemljotresno kretanje u datoj tački na površini tla, po pomenutom Evrokodu prikazuje se načelno preko elastičnog spektra odgovora ubrzanja tla koje zovemo i "elastični spektar odgovora" slika 4.



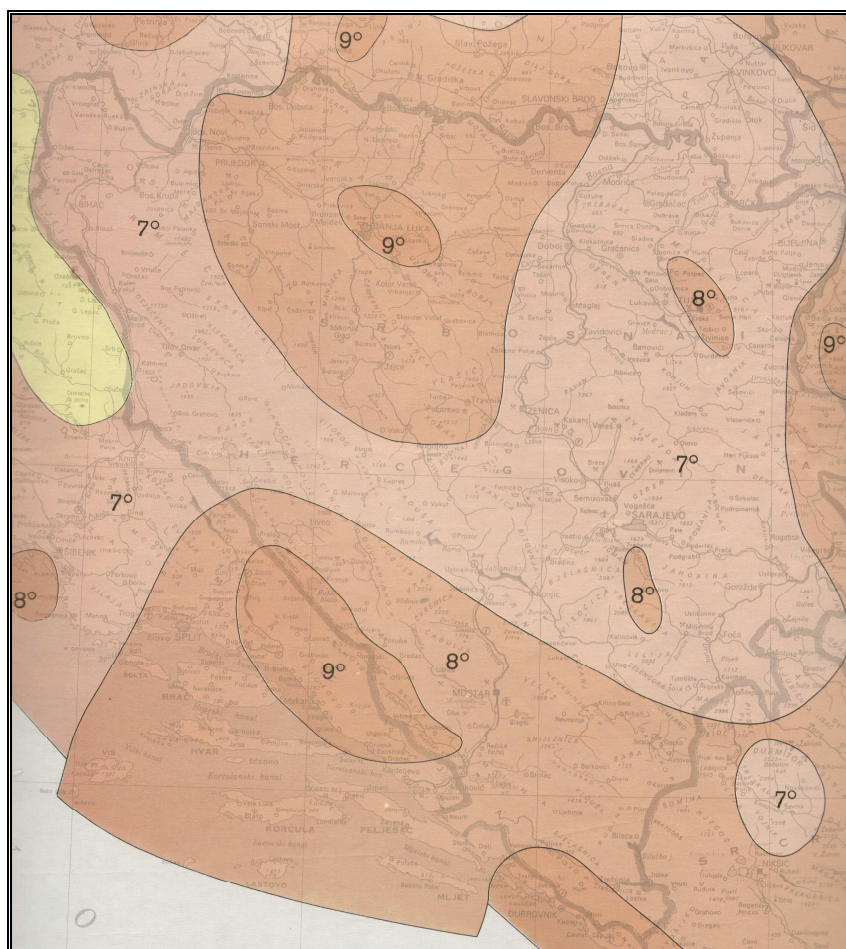
Slika 4. Spektar elastičnog odgovora prema Evrokodu EC-8  
Figure 4 Range of elastic responses by Evrokodu EC-8

Oznake na slici 4 su  $S_e(T)$ -Ordinata elastičnog spektra odgovora,  $T$ -Period oscilacija linearnog sistema sa jednim stepenom, slobode kretanja,  $a_g$ -Projektno ubrzanje tla za referentni period,  $\beta_0$ -Faktor amplifikacije spektralnog ubrzanja za viskozno prigušenje od 5%,  $T_B, T_C$ -Granice intervala konstantnog spektralnog ubrzanja,  $T_D$ -Vrednost koja definiše početak oblasti spektra sa konstantnim pomeranjem,  $S$ -Parametar tla,  $\eta$ -Korekcionni faktor zavisano od prigušenja, sa referentnom vrednošću od 1,0 za viskozno prigušenje od 5%.

Više od 50 godina seizmolozi pokušavaju da usavrše magnitudnu energetska klasifikaciju potresa tako da odgovori potrebnoj jednoznačnosti bez razlike gde je potres instrumentalno registrovan. Ovaj parametar a ni novi instrumentalni parametar, seizmički moment nisu mogli da zadovolje kriterijum jednoznačnosti, tako da ni danas nema zadovoljavajuće instrumentalne energetske klasifikacije potresa. Parametar „projektno ubrzanje tla“ je fiktivne prirode kao i tlo koje je predstavljeno na

seizmološkoj karti i o tom faktoru treba voditi računa. Rešenje je u detaljnijem preciziranju oba parametra istraživanjem za nivo glavnog projekta.

Kako se Pravilnik iz 1981 odnosio na objekte visokogradnje to se prišlo izradi Pravilnika koji se odnosi na inženjerske objekte i za tu svrhu pravljen je nova seizmološka karta pri čijoj se izradi koristili rezultati projekta višegodišnjeg izučavanja seizmičnosti Blakanskog Poluostrva, a pokrovitelj tog projekta bio je UNESK-o. Ova karta, koja ima šest oleata ušla je u regulativu 1990. godine i to u Pravilnik iz 1981 godine zamenjujući dotadašnju seizmološku kartu iz 1982. godine. Ova nova karta ima šest oleata koje prikazuju zemljotresnu situaciju na prostoru bivše Jugoslavije izraženu seizmičkim intezitetom za periode 50, 100, 200, 500, 1000 i 10000 godina, pri čemu je verovatnoća događanja inteziteta na tim oleatama 63%. Takođe je istaknuto u tumaču, da se inteziteti koji su navedeni na oleatama odnose na srednje tlo koje je okontureno datim intezitetom. Šta praktično predstavlja termin "srednje tlo" to nije definisano i krajnje je nejasno. Na sl. 5 prikazana je zemljotresna situacija na prostoru Bosne i Hercegovine za povratni period zemljotresa od 500 godina, koja je važeća za objekte II kategorije – najčešći stanbeni objekti.



Sika. 5. Seizmološka karta SFRJ za deo BiH za povratni period zemljotresa 500. godina  
(Zajednica za seizmologiju SFRJ Beograd 1990.)

Figure 5 Seismic map YU for part of the B & H for the earthquake recurrence period 500th year  
(Board of seismologist SFRJ Belgrade 1990.)

## ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Magnitudna klasifikacija zemljotresa je relativna mera jačine potresa jer pokazuje koliko je posmatrani potres veći od izabranog „nultog“ i ništa ne govori o ognjištu potresa. Seizmički moment je parametar koji uvažava dimenzije ognjišta, ali ne i impulsni karakter cepenja stenske mase.

Zemljotresi se ponavljaju u istom regionu, ali njihov spektralni sastav se drastično razlikuje jer ognjište novog potresa migrira u odnosu na staro i tada se cepaju druge stenske mase čija se mehanička otpornost razlikuje od otpornosti stenskih masa koje su se cepale pri prethodnom potresu.

Inovacija zemljotresne regulative želi se preuzimanjem Evrokoda. Na cenu zemljotresne zaštite prvenstveno utiče zemljotresna opasnost koju definišemo seizmološkom kartom. Otuda postoji potreba da se napravi nova seizmološka karta na kojoj će inteziteti („projektno ubrzanje“) biti niži od onih koji su navedeni na oleati za povratni period zemljotresa od 500 godine.

Kako Evrokod EC8 pruža sigurniji način proračuna u odnosu na sada prisutan u regulativi kao relevantna oleata seizmološke karte za objekte druge i treće kategorije bude npr. oleata sa povratnim periodom zemljotresa od 100 godina, i na njoj su inteziteti niži. Argument za ovakav pristup je pouzdaniji način proračuna koji se predlaže i taj pristup proizilazi iz zalaganja građevinske struke. Izrada nove karte ne može biti zasnovana na principu „raniji specijalisti nisu imali savremenu tehnologiju“ jer podaci su takvi kakvi su, a novi praktično samo mogu mestimično da utiču na korekciju relevantne karte ukoliko se želi karta ovog tipa.

#### LITERATURA

1. Evrokod EC7. Projektovanje i proračun geotehničkih konstrukcija. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu 1997.
2. Evrokod EC8. Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu 1998.
3. Zbirka Jugoslovenskih pravilnika i standarda za građevinske konstrukcije. Knjiga 6/1 i 6/2 Geotehnika i fundiranje. Građevinski fakultet. Beograd 1995.
4. Zbirka Jugoslovenskih pravilnika i standarda za građevinske konstrukcije. Knjiga 1 Dejstva na konstrukcije. Građevinski fakultet. Beograd 1995.