

Značaj seizmotektonskih izučavanja za seizmičku rejonizaciju

Boris Sikošek

Seizmološki zavod SR Srbije, Beograd, Jugoslavija

Primljeno 13. lipnja 1986, u konačnom obliku 2. svibnja 1987.

Prikazana je važnost seizmotektonskih izučavanja za potrebe seizmičke preventive. Od najvećeg su značaja podaci o položajima i karakteristikama seizmogenih struktura u odnosu na primarne uslove generisanja seizmičke energije, jer različiti geotektonski položaji uslovljavaju relacije između veličina rasednih površina i veličina magnituda koje se na njima mogu generisati. Zbog toga tu relaciju treba za svako područje posebno utvrditi.

Tako sagledana problematika seizmotektonskih izučavanja i njeno praktično rešavanje može dati realne prognoze magnituda budućih zemljotresa, kao i položaje njihovih žarišta.

The role and importance of seismotectonical investigations in seismic zoning

The modern seismic preventive, representing a rapidly developing field of research activities, is based mostly on data related to the locations of sources of seismic energy that pose a threat to a given part of Earth's surface, as well as those related to their capacities in respect of stored seismic energy.

Such investigations are of particular importance in the areas threatened by earthquake of tectonic origin, and these are of both the basic and applied nature. According to relations among their superficial and deeper geological structural features, strains and stresses, recent tectonic displacements and seismic activities, the seismotectonical investigations are able to determine the seismogene structures, as well as to predict the positions and capacities of foci of possible earthquakes that can threaten a given area. Such data then represent the important criteria in determining the parameters in planning of buildings and other objects in earthquake prone areas.

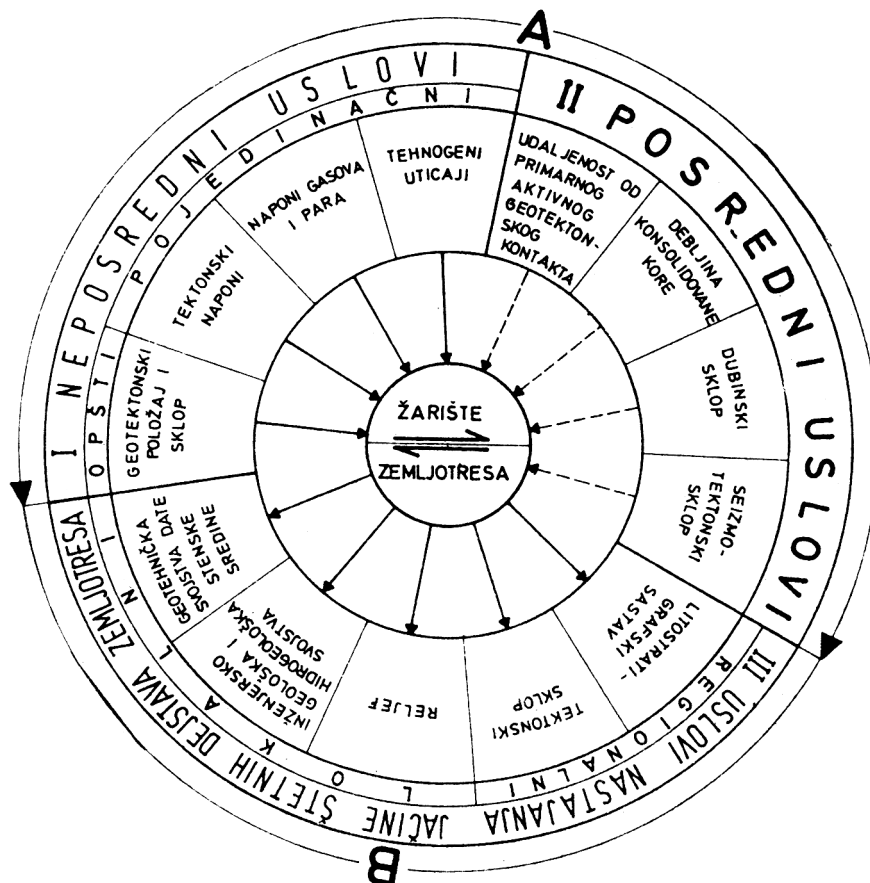
Seismotectonics is a relatively new science, based on and resulting from the geological, geophysical and seismic studies and investigations. The cumulative effects of these results, as well as their quality, were mainly responsible for rapid development of seismo-tectonics. Its development has also been influenced by the construction industry, particularly when planning high dams, nuclear power plants, and other objects where the extreme safety is requested. This cannot be done without the data obtained by seismotectonic investigations.

1. Uvod

Savremena seizmička preventiva obuhvata, kako definiciju seizmičke opasnosti u prostoru, tako i u vremenu. To znači da mora sadržati informacije kako o dogođenim zemljotresima tako i o budućim.

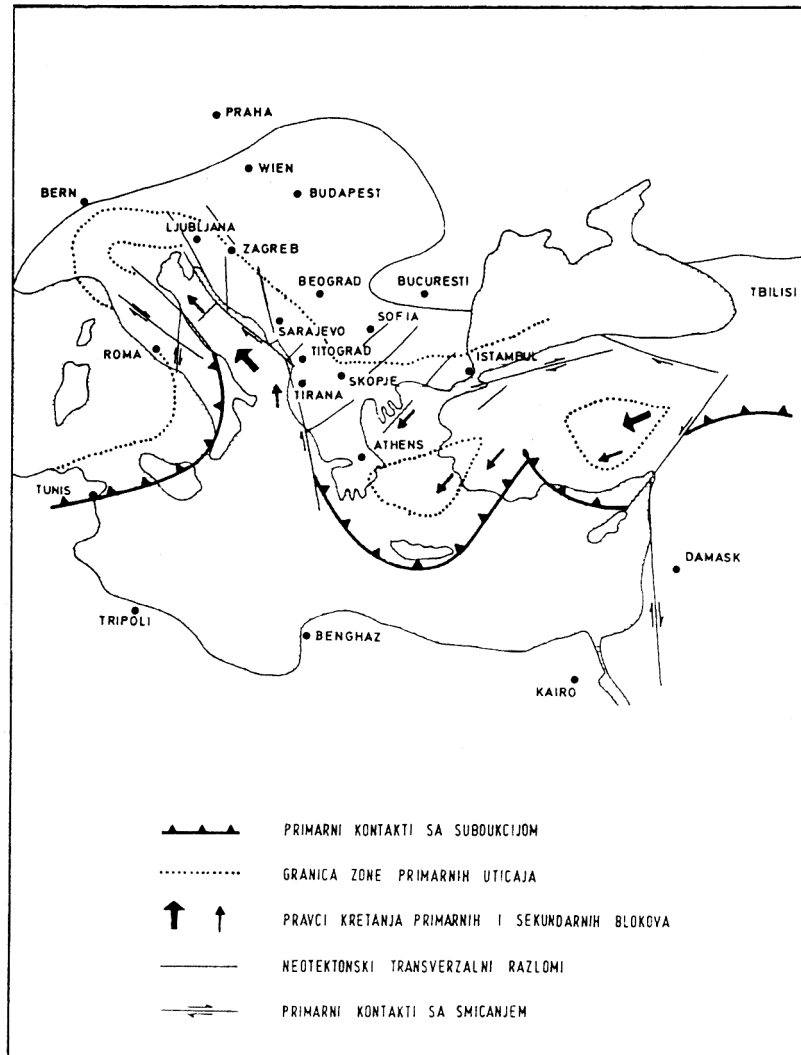
Osnovni podatak za ta sagledavanja je informacija o mogućem mestu žarišta budućeg zemljotresa i njegovoj najvećoj mogućoj magnitudi. Na osnovu toga se utvrđuju svi relevantni parametri, koji omogućuju projektovanje i izgradnju seizmički bezbednih objekata na zemljotresima ugroženim prostorima.

Od tačnosti, odnosno realnosti tih podataka zavisi ekonomičnost takve izgradnje, jer će inače usled podcenjivanja opasnosti doći do oštećivanja objekata kod budućeg zemljotresa, a u slučaju precenjivanja te opasnosti do nepotrebnog poskupljenja izgradnje.



Slika 1. Seizmogeološke karakteristike uslova nastajanja i ispoljavanja štetnih dejstava zemljotresa.

Figure 1. Seismogeologic characteristics of conditions for earthquake occurrence and manifestations.



Slika 2. Areal primarnog uticaja aktivnih geotektonskih kontakata između Evropskog i Afričko-arapskog kratona na prostoru Mediterana (preuzeto iz Bergougnan et al., 1978, dopunjeno Sikošek, 1980).

Figure 2. The area of primary influence of active geotectonic contacts between the European and Afro-Arabian Craton in the Mediterranean area (from Bergougnan et al., 1978, supplemented by Sikošek, 1980).

Sagledavajući značaj tog problema, projektanti i graditelji značajnijih građevina kao što su npr. atomske centrale, unatrag već nekoliko desetina godina ustanovili su kodeks potrebnih seizmoloških i seizmogeoloških izučavanja i istraživanja radi utvrđivanja mesta žarišta i mogućih veličina magnituda budućih zemljotresa, koji će te građevine ugrožavati za vreme njihovog eksploatacionog perioda.

Izučavanja koja su neophodna kod sprovođenja savremene seizmičke preventive uopšte, obuhvataju nekoliko domena geonauka. Među njima seizmotektonika ima jedno od istaknutijih mesta. To važi naročito za područja, gde su prisutni zemljotresi tektonskog porekla, što je slučaj i kod nas.

Kod seizmotektonskih izučavanja treba sagledati, pre svega, sve bitne seizmološke uslove nastajanja zemljotresa, dok uslovi ispoljavanja štetnih dejstava zemljotresa ulaze u domen seizmičke rejonizacije kao takve. Seizmogeološki uslovi nastajanja zemljotresa mogu se podeliti na neposredne i posredne, a uslovi ispoljavanja štetnih dejstava na regionalne i lokalne. To je prikazano na sl.1.

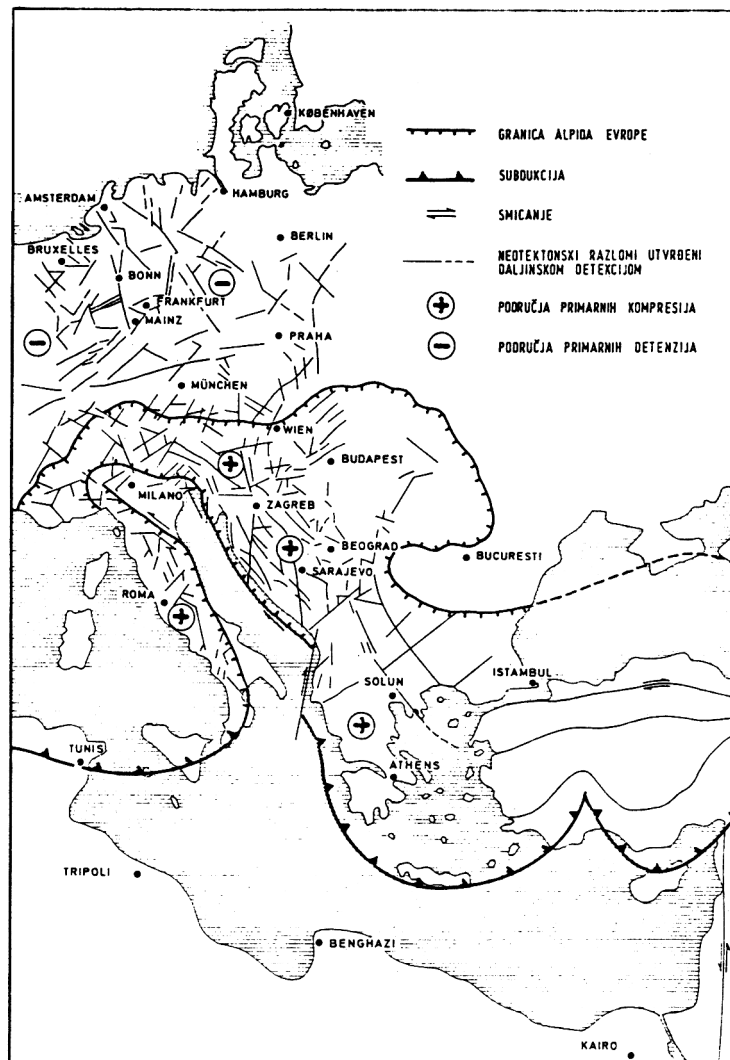
2. Seizmogeološki uslovi nastajanja zemljotresa

Seizmogeološki uslovi nastajanja tektonskih zemljotresa, koji su bitni za seizmotektonika izučavanja, svode se na neposredne koji obuhvataju: geotektonski položaj i sklop datog područja, prisutne tektonske napone i posredne: udaljenost datog područja od primarnog savremenog aktivnog geotektonskog kontakta, debljine dela konsolidovane zemljine kore na čijoj se površini nalazi izučavana oblast, dubinski sklop i njegov seizmotektonski sklop. Poslednja dva uslova obuhvataju pre svega neotektonsku građu prisutnih stenskih masa i sa time vezanu dinamiku savremenih tektonskih pokreta.

Što se prostora Jugoslavije tiče, ona se nalazi na južnom obodu Evropske ploče, a u domenu savremeno aktivnog geotektonskog sprega Evropa-Afroarabija. Usled bržeg pomicanja Afro-arapske ploče prema severu, odnosno u pravcu Evrope, duž tog kontakta vrši se akumulisanje tektonskih napona koji se preko sistema neotektonskih razloma prenose u njegovo zaleđe. To je primarni uslov za seizmičnost znatnog dela teritorije Jugoslavije (sl.2). Dinamika tektonskih napona, odnosno pokreta u toku miocena, a posebno u pliocenu i kvartaru, uslovala je intenzivnu neotektonsku izrasedanost čitavog konsolidovanog prostora alpijske Evrope, kao odazov na efekte navedene geotektonske kolizije.

No, ako se sagleda neotektonska građa šireg područja i vanalpijske Evrope, proizlazi, da i ti "kontinentalni" prostori nisu kompaktni, već izrasednuti neotektonskim razlomima i sistemima razloma sa sličnom gustinom rasporeda kao i u prostorima alpijske Evrope na obodu kontinenta. To je utvrđeno daljinskom detekcijom sa dosta tačnosti.

Seizmička aktivnost, koja je utvrđena, odnosno, koja se manifestovala do sada na pojedinim delovima evropskog "kontinentalnog" prostora relativno je znatno manja od one na njegovom južnom obodu, odnosno u mediteranskom prostoru. To ukazuje na bitan uticaj mehanizma primarnih geotektonskih kontakata, koji oni imaju na seizmotektonsku funkciju neotektonskih, odnosno savremenih raseda.

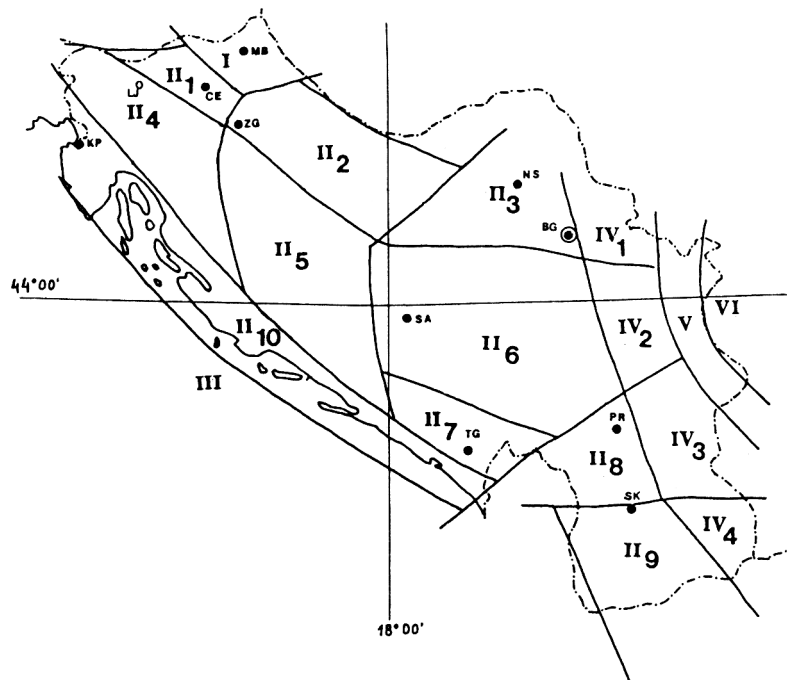


Slika 3. Neotektonska izrasedanost dela Centralne i Južne Evrope (prema Donassy et al., 1983, dopunjeno).

Figure 3. Neotectonic partition of a part of Central and Southern Europe (after Donassy et al., 1983, supplemented).

To se ispoljava u tome, što izvan uticaja sfere primarnih geotektonskih granica kontinentalnih ploča, nema zemljotresa velikih energetske kapaciteta.

Taj uticaj je prisutan, pre svega, u prostoru kompresionog subdukcijskog, odnosno kolizionog-smičućeg kontakta između Afro-arapske ploče i Evroazijske ploče u prostoru Mediterana, koji deluje u dubinu zaleđa tih kontakata od oko 150-200 km (sl.2.). Prostor Centralne Evrope i Severne Evrope je, međutim, pod uticajem detenzione granične geotektonske zone između Severoameričke i Evropske kontinentalne ploče, duž srednjeatlantskog "grebena". Zato se na tome delu evropskog kontinenta, uprkos prisustva pogodnih neotektonskih razloma i njihovih sistema, ne javljaju jaki zemljotresi, ili samo izuzetno retko. Njihova seizmoaktivnost je uzrokovana, pre svega, plimatskim efektima gornjih delova astenosfere na konsolidovani spoljni omotač, koji pluta po njoj, kao i gravitacijom. Neotektonska izrasedanost i seizmotektonske karakteristike dela Centralne i Južne Evrope prikazani su na sl.3.



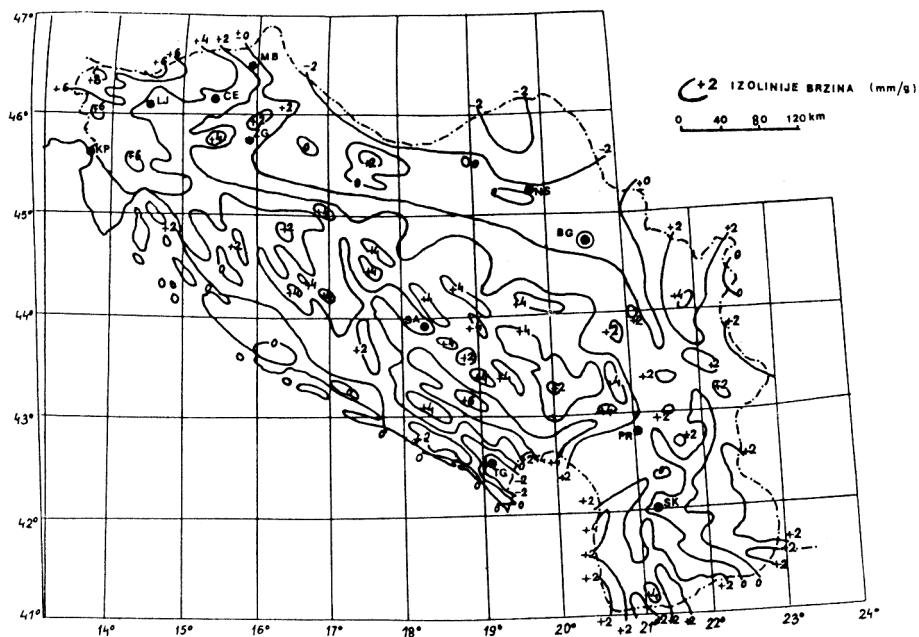
Slika 4. Krustalni megablokovi na području Jugoslavije (Sikošek, 1979): I-Istočni Alpi, II₁-Kavranke-Sava, II₂-Slavonija, II₃-Fruška gora, II₄-Soča-Velebit, II₅-Zapadna Bosna-Dalmacija, II₆-Centralni Dinaridi, II₇-Crna Gora, II₈-Metohija, II₉-Pclagonidi, II₁₀-Periadrijatski blok, III-Jadranska platforma, IV₁-Vojvodina, IV₂-Blok Morave, IV₃-Kukavica, IV₄-Ogražđen-Belasica, V-Karpato-Balkanidi, VI-Misiska platforma.

Figure 4. Crustal megablocks on the territory of Yugoslavia (Sikošek, 1979).

3. Seizmotektonske karakteristike Jugoslavije

Neotektonska izrasedanost i savremena dinamika vertikalnih kretanja pojedinih delova Jugoslavije prilično su intenzivni. Dubokim razlomima je taj deo konsolidovanog spoljnjeg omotača Zemlje izdijeljen na 18 krustalnih megablokova, koji su plićim rasedima dalje izdijeljeni na makro i mikroblokove (sl.4.).

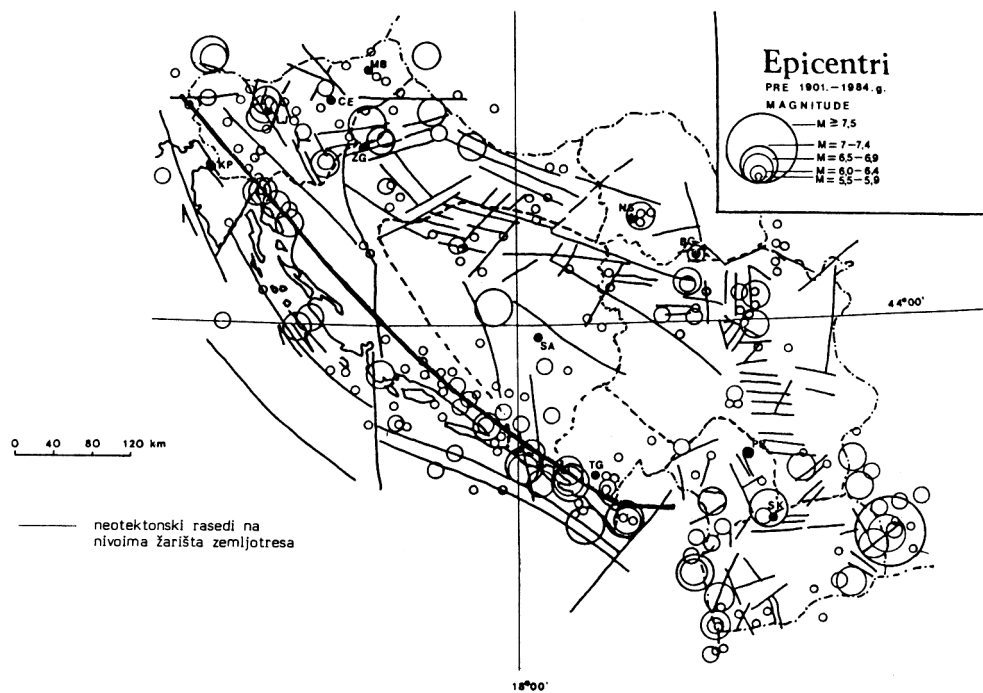
O njihovom prisustvu na tom prostoru govori posredno i savremeni trend brzina vertikalnih kretanja delova terena u rasponu od -2 mm/god. do +8 mm/god. To je prikazano na sl. 5.



Slika 5. Šematska karta savremenih vertikalnih kretanja (prema Jovanović, 1972).
Figure 5. Schematic map of contemporary vertical movements (after Jovanović, 1972).

Dogodeni zemljotresi i raspored njihovih epicentara također ispoljavaju intimnu vezu s prisutnim neotektonskim razlomima (sl.6, sl.7). Na osnovu tih podataka mogla se analizirati i utvrditi seizmogenost određenih neotektonskih razloma. Iz rasporeda glavnih seizmotektonskih razloma na teritoriji Jugoslavije (sl.8), vide se njihove određene koncentracije koje odgovaraju glavnim neotektonskim čvorištima ili njihovim linearnim nizovima. Ipak, njihova distribucija je na teritoriji Jugoslavije dosta ravnomerna.

Ako se uzmu u obzir svi primarni uticaji na generisanje zemljotresa na seizmotektonskim strukturama na teritoriji Jugoslavije, a pre svega širina uticaja savremeno aktivnog geotektonskog kontakta između "Jadranske platforme", kao najistaknutijeg dela Afričke ploče i orogene trupine Dinarida na južnom obodu Evropske ploče u prostoru Jadranskog primorja, do oko 200 km, dobije se sledeći raspored naponskih tektonskih polja u kojima se nalaze seizmogeno područja Jugoslavije (sl.9.):



Slika 6. Neotektonski sklop i položaj epicentara dogođenih, jakih zemljotresa na teritoriji Jugoslavije (Sikošek, 1980, dopunjeno za godine 1980-1984).

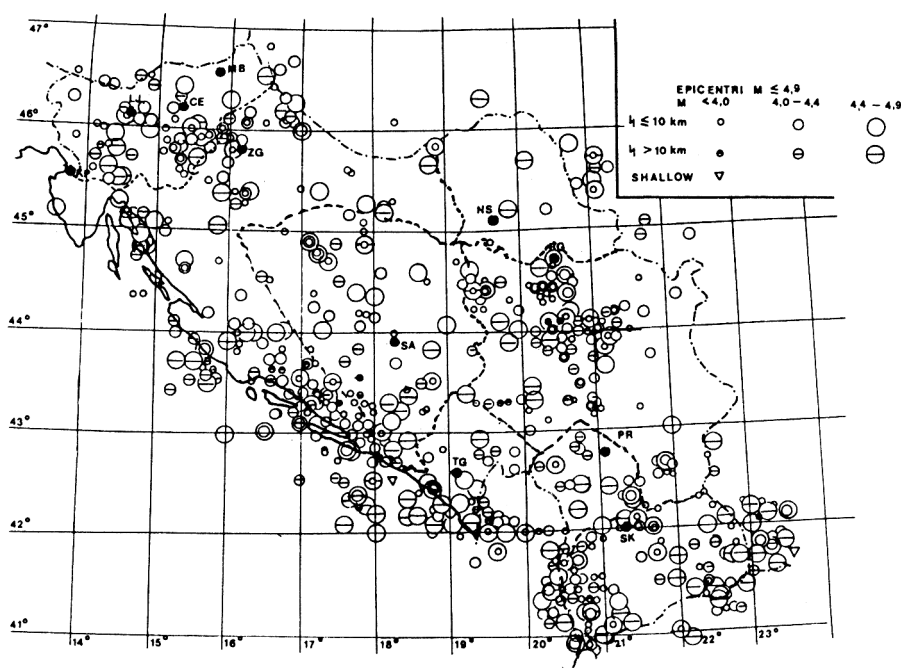
Figure 6. Neotectonic complex and positions of epicenters of strong earthquakes on Yugoslav territory (Sikošek, 1980, supplemented for years 1980-1984).

1. Zona kompresije u kojoj su moguća generisanja magnituda u rasponu $7.5 \geq M \geq 6.5$.

2. Zona interakcije kompresija i plimatskih uticaja gornjih delova astenosfere. Raspon veličina magnituda u toj zoni iznosi $6.5 \geq M \geq 5.5$

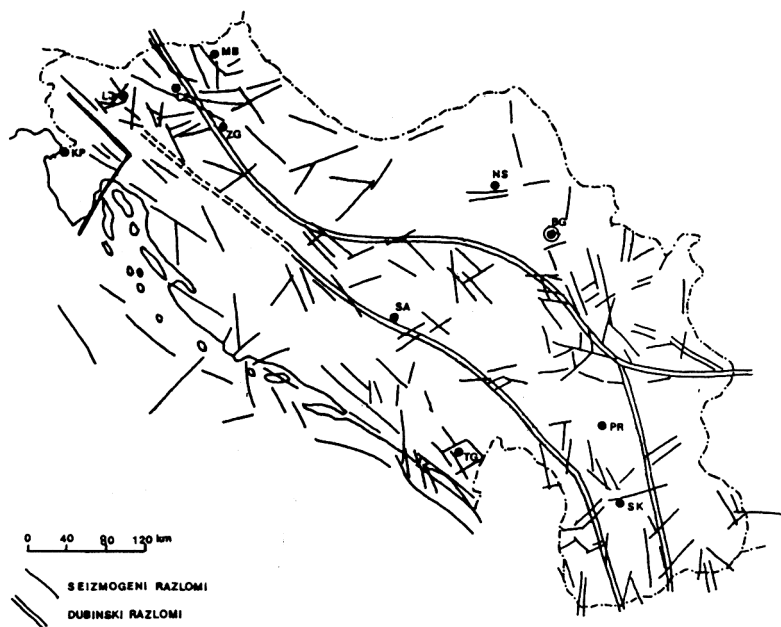
3. Najudaljenija zona od primarnog kontakta u kojoj su prisutni reflektovani uticaji varijacijskog oboda Evrope- Misiske platforme na alpski orogeni prostor. Raspon magnituda u toj zoni je $5.5 \geq M \geq 4$.

Navedene raspone magnituda na području Jugoslavije odražavaju i do sada dogodeni zemljotresi.

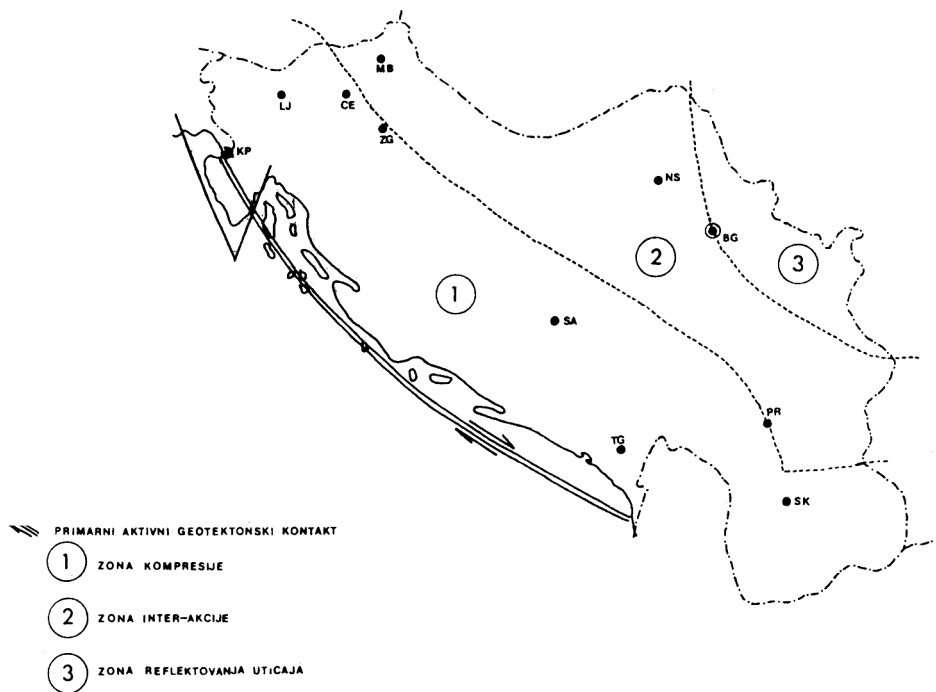


Slika 7. Karta epicentara potresa na području Jugoslavije s magnitudom $M \leq 5.0$ (prema Shebalin et al., 1974, dopunjeno za godine 1970-1984).

Figure 7. Map of epicenters of earthquakes on the Yugoslav territory with magnitude $M \leq 5.0$ (after Shebalin et al., 1974, supplemented for years 1970-1984).



Slika 8. Glavni seizmotektonski razlomi na teritoriji Jugoslavije (Sikošek, 1986).
Figure 8. Main seismotectonic faults on the Yugoslav territory (Sikošek, 1986).



Slika 9. Naponska tektonska polja na žarišnim područjima u Jugoslaviji (Sikošek, 1980).
 Figure 9. Tectonic stress fields in the epicentral areas in Yugoslavia (Sikošek, 1980).

4. Zaključak

Iz izloženog proizlazi, da su seizmotektonska izučavanja izuzetno značajna u ukupnom fondu izučavanja potrebnih za seizmičku preventivu. Pre svega su značajni podaci o položajima i karakteristikama seizmogenih struktura u odnosu na primarne uslove generisanja seizmičke energije koja rezultira iz njih.

Bitno saznanje je to, da različiti geotektonski položaji uslovljavaju i određene relacije međusobne zavisnosti između veličina seizmoaktivnih rasednih površina i veličina magnituda, koje se na njima mogu generisati. Zbog toga treba tu relaciju za svako područje posebno utvrditi.

Tako sagledana problematika seizmotektonskih izučavanja i njeno praktično rešavanje može dati realne prognozne veličine za magnitudo budućih zemljotresa, kao i kritične položaje njihovih žarišta u odnosu na lokacije objekata budućih značajnih građevinskih poduhvata. Taj podatak, opet, predstavlja jedan od bitnijih polaznih parametara za efikasnu i ekonomski opravdanu seizmičku preventivu svakog pojedinačnog objekta ili pak određene urbanističke ili veće površine.

Literatura

- Bergougnan, H., Fourquin, C. i Ricou, L.E.(1978): Les deux tronçons de la faille nord-anatolienne dans la tectonique recente du Moyen-Orient, *Comptes Rendus l'Academie des Sciences*, 287 D.
- Donassy, V., Oluić, M., Tomašegović, Z. (1983): Daljinska istraživanja u geoznanostima, JAZU Savjet za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju, Zagreb.
- Jovanović, P. (1972): Pregledna karta brzina vertikalnih pomeranja zemljine kore u Jugoslaviji, IV Kongres geodet. inž. i tehn., Sarajevo.
- Sikošek, B. (1979): Karakteristike naponskih stanja u žarišnim oblastima Jugoslavije, Internacionalni simpozij o interkontinentalnim zemljotresima, Ohrid-Skopje.
- Sikošek, B. (1980): A comparative analysis of the seismotectonic characteristics of the North Anatolian fracture zone and the fracture system of Inner Dinarides. *Proceedings of the International Symposium on Earthquake Prediction in the North Anatolian Fault Zone*, Istanbul.
- Sikošek, B. (1986): Seizmotektonska karta teritorije SFRJ 1:1,000.000, Fond Saveznog zavoda za standardizaciju, Beograd.
- Shebalin, N.V., Kárnik, V. and D.Hadžievski(1974): *Catalogue of earthquakes I-III, UNDP/UNESCO Survey of Seismicity of the Balkan Region*, Skopje.