

# Seizmološke i seizmotektonske značajke šireg zagrebačkog područja

Vlado Kuk, Eduard Prelogović, Ivica Sović, Krešimir Kuk, Kristina Šariri

## Ključne riječi

potresi,  
seizmička i seizmotektonska  
aktivnost,  
seizmotektonski aktivne  
zone,  
reziduali makroseizmičkog  
intenziteta

V. Kuk, E. Prelogović, I. Sović, K. Kuk, K. Šariri

Izvorni znanstveni rad

## Seizmološke i seizmotektonske značajke šireg zagrebačkog područja

Prikazani su učestalost i prostorna distribucija pojavljivanja potresa na širem zagrebačkom području. Uzimajući u obzir kompresiju u zoni Žumberačko-medvedničkog rasjeda, tektonske pomake dijelova Medvednice, amplitude pokreta i potrese koji su se dogodili, izdvojen je seizmotektonski najaktivniji prostor. Provedena analiza prostorne distribucije reziduala teorijski dobivenih i empirijskih intenziteta Zagrebačkog potresa iz 1880. potvrđuje veliki utjecaj lokalnih uvjeta tla.

## Key words

earthquakes,  
seismic and seismo-tectonic  
activity,  
seismo-tectonically  
active zone,  
macro-seismic intensity  
residuals

V. Kuk, E. Prelogović, I. Sović, K. Kuk, K. Šariri

Original scientific paper

## Seismological and seismo-tectonical properties of the wider Zagreb area

The frequency and territorial distribution of seismic activities in a wider Zagreb area are presented. The area most active from the seismo-tectonic standpoint was selected by taking into account compression in the Žumberak - Medvednica fault zone, tectonic movements in some parts of Medvednica, displacement amplitudes and past earthquakes. The analysis of territorial distribution of theoretical and empirical intensity residuals, the latter based on the earthquake that struck Zagreb in 1880, confirms that the influence of local soil conditions has been significant.

## Mots clés

sismes,  
activité sismique et sismo-  
tectonique,  
zones sismo-tectoniques  
actives,  
résidus des intensités  
macro-sismiques

V. Kuk, E. Prelogović, I. Sović, K. Kuk, K. Šariri

Ouvrage scientifique original

## Caractéristiques sismiques et sismo-tectoniques de la grande région de Zagreb

L'article décrit la fréquence et la répartition dans l'espace des séismes survenus dans la grande région de Zagreb. Compte tenu de la compression dans la région de la faille de Zumberak-Medvednica, les déplacements tectoniques des parties de la Medvednica, des amplitudes des déplacements et des séismes par le passé, on a pu délimiter la zone sismo-tectonique la plus active. Une analyse de la répartition dans l'espace des résidus des intensités du séisme de 1880, obtenues théoriquement et empiriquement, confirme l'influence importante des conditions locales du sol.

## Schlüsselworte:

Erdbeben,  
seismische und  
seizmotektonische Aktivität,  
seizmotektonisch aktive  
Zonen,  
Residuale von  
makroseismischem  
Ausmass

V. Kuk, E. Prelogović, I. Sović, K. Kuk, K. Šariri

Wissenschaftlicher Originalbeitrag

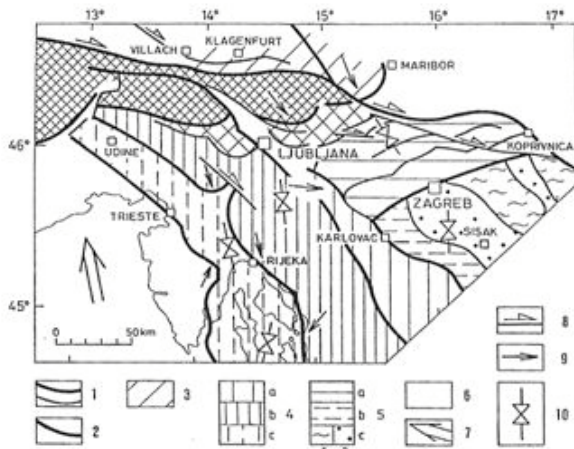
## Seismologische und seizmotektonische Eigenschaften der weiteren Umgebung von Zagreb

Dargestellt sind Häufigkeit und räumliche Distribution des Auftretens von Erdbeben in der weiteren Umgebung von Zagreb. Auf Grund der Kompression im Gebiet der Verwerfung von Žumberak und Medvednica, der tektonischen Bewegungen von Teilen der Medvednica, den Amplituden der Bewegungen und der vorgekommenen Erdbeben wurde der seizmotektonisch aktivste Raum abgesondert. Die durchgeführte Analyse der räumlichen Residuale-Distribution der theoretisch errechneten und gemessenen Intensitäten des Zagreber Erdbebens von 1880. bestätigt den grossen Einfluss der lokalen Bodenverhältnisse.

Autori: Mr. sc. **Vlado Kuk**, dipl. ing. fiz., Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu (PMF);  
prof. dr. sc. **Eduard Prelogović**, dipl. ing. geol. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu;  
mr. sc. **Ivica Sović**, dipl. ing. fiz.; **Krešimir Kuk**, dipl. ing. fiz.; **Kristina Šariri**, dipl. ing. fiz. PMF

## 1 Uvod

Medvednica i okolica Zagreba pripadaju širem seizmotektonski aktivnom prostoru. Tu činjenicu dokazuju povijesni podaci o potresima i recentna seizmička aktivnost. Prema geološkoj klasifikaciji obuhvaćeno područje nalazi se u Panonskom bazenu i to u graničnoj zoni između zapadnog i središnjeg dijela bazena (slika 1.). Koncentracije i učestalo pojavljivanje potresa osobito izdvajaju zapadni rubni dio Panonskog bazena.



LEGENDA: 1 - granica strukturnih jedinica; 2 - Južne Alpe i Predalpe; 3 - Istočne Alpe; 4 - Dinaridi: a-Supradinarik, b-Dinarik, c-Adriatik; 5 - Panonski bazen: a- zapadni rubni dio, b-južni rubni dio, c-središnji dio (1-uzdignute strukturne jedinice, 2-bazen); 6 - Jadranska mikroploča; 7 - smjer pomaka mikroploče; 8 - transkurentni rasjedi; 9 - smjer pomaka dijelova strukturnih jedinica; 10 - regionalni stres.

### Slika 1. Regionalni strukturni sklop

Podaci o potresima šireg regionalnog prostora kazuju o dvadesetak potresa od XVI. stoljeća do danas koji su prouzročili značajnije materijalne štete na širem zagrebačkom području. Od njih je svakako najvažniji potres iz 1880. godine s epicentrom u Medvednici, magnituda kojega je procijenjena na  $M = 6,3$ . Veliki broj makroseizmičkih podataka o tome potresu omogućio je izradu karte izoseista (slika 5.). Budući da su za manifestiranje potresa na građevine vrlo značajni lokalni uvjeti tla, u ovome su radu računani i reziduali makroseizmičkog intenziteta kao razlike teorijski izračunatih i empirijski određenih intenziteta zagrebačkog potresa iz 1880. godine.

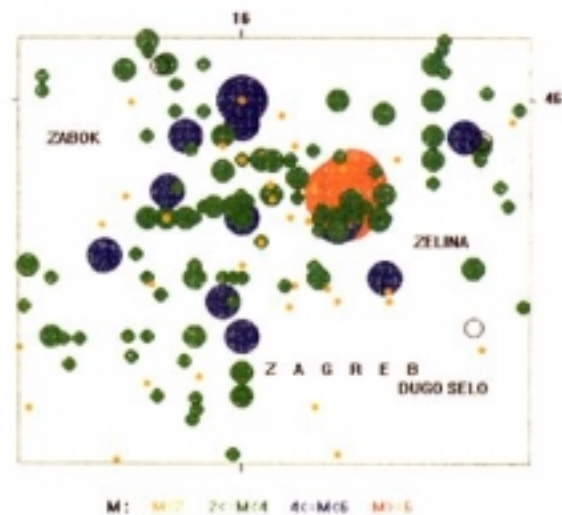
Seizmološke i seizmotektonske značajke šireg zagrebačkog područja bile su predmetom brojnih istraživanja. U ovome su radu okosnicu činile spoznaje iznesene u radovima [5, 6, 7]. Uz te radove, koristilo se i dokumentacijom o mikroseizmičkim i makroseizmičkim podacima iz arhiva Geofizičkog odsjeka PMF-a.

## 2 Seizmička aktivnost

Povijesni podaci spominju veći broj potresa kojima je bilo izloženo zagrebačko područje. Pouzdanim se među-

tim ne smatraju oni prije XVI. stoljeća. Godine 1511. dogodio se žestok potres u Sloveniji, kraj Idrije, koji je prouzročio i štete u Zagrebu. Potres iz 1590. godine počinio je velike štete u području Alpa i Nagykaniszi, ali i u Zagrebu – spominje se da je Medvedgrad teško oštećen. Epicentar potresa iz 1699. godine bio je vjerojatno u Sloveniji, a uz štete u Velikom Kalniku i Medvedgradu, znatno je ošteti Pavlinski samostan i crkvu u Sveticama. Za zagrebačko područje ipak je najznačajniji potres iz 1880. godine, magnituda procijenjena na 6,3 i epicentralnoga intenziteta IX<sup>o</sup> MCS ljestvice. Taj je potres, uz velike štete na širem području (karta izoseista prikazana je na slici 5.), usmrtio dvoje ljudi. Razoran potres porušio je 1894. godine Ljubljanu, a u Zagrebu je oštećena Stolina crkva i više kuća. Slijedeća dva potresa, oba s epicentrom u Medvednici, vrlo su značajna za Zagreb. Prvi, magnituda  $M = 5,6$ , dogodio se u prosincu 1905. godine, a drugi, magnituda  $M = 6,1$ , u siječnju 1906. godine. Oba su potresa počinila na zagrebačkom području velike štete. Potrebno je nadalje spomenuti i potres magnituda  $M = 6,0$  s epicentrom u Pokuplju koji se dogodio 1909. godine, a koji je i u Zagrebu prouzročio umjerene štete. Od potresa iz bliže prošlosti, valja spomenuti potres iz 1990. godine s epicentrom u Medvednici kod Kraljevog vrha, magnituda  $M = 4,9$  i epicentralnog intenziteta VII<sup>o</sup> MCS. Osim u epicentralnom području, potres je i u zapadnim dijelovima grada Zagreba prouzročio manja oštećenja.

Uz navedene jače potrese, u široj se zagrebačkoj regiji dogodio veliki broj slabijih potresa (slika 2.). Potrebno je pritom napomenuti da za mnoge od slabijih potresa nisu mogle biti pouzdano određene lokacije epicentra zbog nedostatka lokalne mreže visoko osjetljivih seizmografa.



Slika 2. Karta epicentara potresa na širem zagrebačkom području

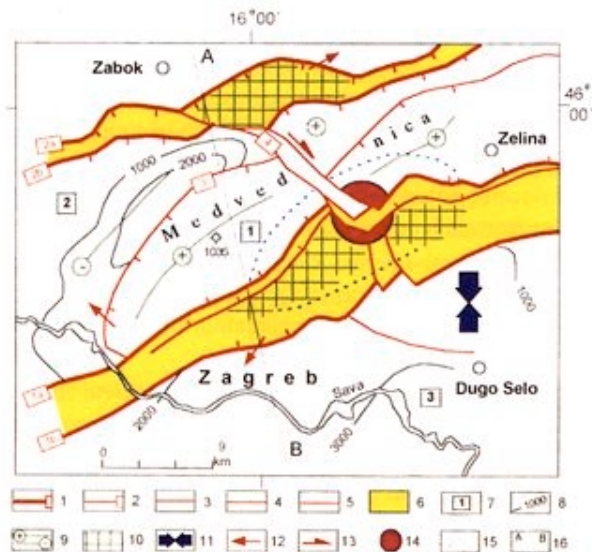
### 3 Recentni tektonski pokreti i seizmička aktivnost

U ovom radu obuhvaćeno područje (Medvednica i okolica Zagreba) pripada širem seizmotektonski aktivnom prostoru, pa je najvažnije odrediti položaj u tom sklopu. Koncentracije i učestalo pojavljivanje potresa osobito izdvajaju zapadni rubni dio Panonskog bazena. Njegovom granicom pruža se Žumberačko-medvednički rasjed. Zona je širine 12-25 km, duljine oko 100 km, orijentacije SI-JZ. Glavni rasjedi u Dinaridima, Alpama i središnjem dijelu Panonskog bazena pružaju se Z-I do SZ-JI.

**Recentna tektonska aktivnost** u području Zagreba ovisi o pokretima u regionalnom strukturnom sklopu (slika 1.). U tom sklopu primarni su pomaci Jadranske mikroploče. Pojavljuje se izrazita kompresija u Južnim Alpama i sjevernom dijelu Dinarida. Moguće regionalne deformacije jesu reversni pomaci strukturnih jedinica Alpa i Dinarida i desni transkurentni pomaci. U zapadnom rubnom dijelu Panonskog bazena recentno je prisutna transpresija prostora [7]. To znači da uz kompresiju struktura postoji i tektonski transport prema istoku, jugoistoku, osobito izražen duž glavnih transkurentnih rasjeda. Regionalni *stres* pokazuje najizraženiju kompresiju u Žumberačkoj gori i Medvednici u istoimenoj zoni rasjeda, te u Ivanščici i Kalniku. Najjači potresi dogodili su se u Medvednici [5, 6]. To ukazuje na njezin ključni položaj u strukturnom sklopu zapadne rubne zone Panonskog bazena.

U **lokalnom strukturnom sklopu** ističe se zona Žumberačko-medvedničkog rasjeda (slika 3.) unutar koje je smještena Medvednica. Granice zone označene su Zagrebačkim rasjedom (1 u slici 3.) i rasjedom Kostanjevica-Brežice-Križevci (2). Ti rasjedi čine dodatne zone na površini široke između 2 i 8 km. Duž pružanja rasjedi su većinom reversni. Ipak postoji promjena nagiba, mjestimice i karaktera. Područje Zagreba presjeca Zagrebački rasjed (1). Glavni rasjedi iz zone prate se na potezima: Podsused-Markuševac-Kašina-Zelina (1a) i Kerestinec-Ilica-Maksimir-D. Zelina (1b). Unutar zone postoji više ogranaka. Zajedno čine snop paralelnih rasjeda različitog nagiba i karaktera. Najčešći nagibi su između 70° i 80°. U dolini Save pružaju se dva reversna prateća rasjeda s *vergenicijom* prema J, JI. U Medvednici se ističe i rasjed Bistra-Laz (3). Rasjed je reversan s *vergenicijom* prema SZ. Radi se o zoni širine do 1 km. Posebnu važnost ima rasjed Stubica-Kašina (4), jer dijeli Medvednicu na dva bloka. Zona rasjeda široka je do 1,5 km.

**Pojave potresa** ovise o rasporedu masa stijena u dubini i mogućim njihovim deformacijama izazvanima transpresijom prostora zapadnog rubnog dijela Panonskog bazena i stvaranjem kompresije u graničnoj zoni. U jezgri Medvednice nalaze se stijene relativno velike gustoće



#### LEGENDA:

**A. Zona Žumberačko-medvedničkog rasjeda**, trase graničnih rasjeda zone na površini. 1 - zagrebački rasjed (1a-dionica Sv.Nedelja-Podsused-Markuševac-Kašina-Zelina; 1b-dionica Jastrebarsko-Kerestinec-Ilica-Maksimir-D.Zelina); rasjed Kostanjevica-Brežice-Križevci (2a,b-trase graničnih rasjeda zone);

**B. Najvažniji rasjedi Medvednice.** 2 - rasjed Bistra-Laz (3); rasjed Stubica-Kašina (4); 3 - ostali važniji rasjedi strukturnog sklopa; 4 – reversne dionice rasjeda; 5 - dionice rasjeda bez sigurno definiranog karaktera; 6 - zone rasjeda;

**C. Strukture.** 7 - Medvednica (1), Marija Gorica (2), Savski bazen (3), Stubički podbazen (4); 8 - debljine neogenskih sedimenata; 9 - osi maksimuma i minimuma gravimetrijskih Bouguerovih anomalija; 10 - zone većih gravimetrijskih gradijenata;

**D. Tektonska dinamika i najjači potres.** 11 - regionalni *stres*; 12 - smjer pomaka dijelova struktura uz površinu; 13 - rasjed s izraženim horizontalnim pomakom; 14 - seizmotektonski najaktivnija dionica Zagrebačkog rasjeda; 15 - epicentar potresa iz 1880. godine; 16 - trasa profila.

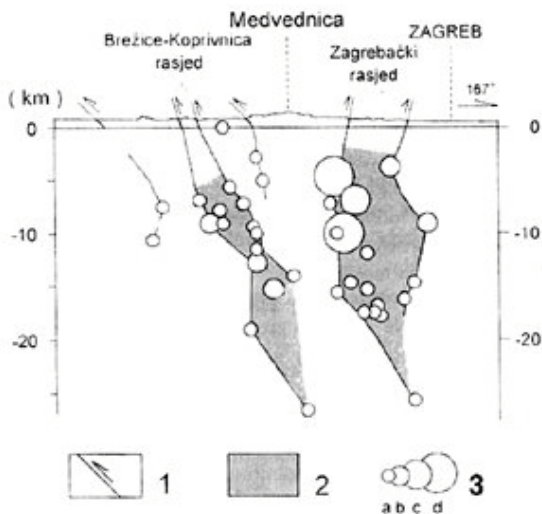
#### Slika 3. Karta epicentra potresa na širem zagrebačkom području

[1, 10]. Njihov položaj i pružanje vidljivi su iz gravimetrijskih maksimuma (slika 3.). Važan čimbenik jest režim *stresa*. Regionalni stres ima orijentaciju S-J. To se očituje reversnim pomacima i to suprotne *vergenicije* duž graničnih rasjeda zone Žumberak-Medvednica. U Medvednici se pojavljuju skokoviti pomaci masa stijena u dubini, što se primjerice iskazuje većim gravimetrijskim gradijentima. Ne posve poprečni odnosi *stresa* i pružanja struktura rezultiraju dijagonalnim pomacima krovinskih krila rasjeda u prostoru. Stoga su prisutni desni i lijevi pomaci dijelova Medvednice. Desni pomak osobito je vidljiv duž zone rasjeda Stubica-Kašina (3). Tektonsku aktivnost rasjeda prikazanih u slici 3. moguće je ocijeniti prema amplitudama vertikalnih i horizontalnih komponenti pokreta za različita geološka razdoblja. Dobivene vrijednosti znatno su manje od realnih koje se mogu dogoditi u kratkom razdoblju ili za vrijeme potresa. Me-

đutim, u usporedbi tih s poznatim podacima u svijetu rasjedi oko Medvednice spadaju u kategoriju seizmički aktivnih. Podaci za rasjede su sljedeći:

- *zagrebački* (1): amplitude vertikalnih pokreti za razdoblje neogen-kvartar: 2800 m ili 0,014 cm/god.; za kvartar: 350 m ili 0,017 cm/god.; samo za gornji pleistocen i holocen: 60 m ili 0,046 cm/god.; amplitude horizontalnih pokreta za kvartar: 4 km ili 0,4 cm/god.;
- *Kostanjevica-Brežice-Križevci* (6): amplitude vertikalnih pokreta za razdoblje neogen-kvartar: 2800 m ili 0,014 cm/god., te horizontalnih pokreta: 7 km ili 0,1 cm/god.;
- *Bistra-Laz* (2): amplitude vertikalnih pokreta za razdoblje neogen-kvartar: 3300 m ili 0,016 cm/god.; za kvartar: 400 m ili 0,04 cm/god.;
- *Stubica-Kašina* (3): amplitude horizontalnih pokreta za kvartar: 2,5 km ili 0,25 cm/god.;

**Seizmotektonski aktivne zone** u prostoru pridružuju se graničnim rasjedima žumberačko-medvedničke zone (slika 4.). Žarišta potresa nalaze se na dubinama do 25 km. Najveće su koncentracije žarišta potresa na dubinama između 5 i 15 km. Najjači potresi u Medvednici dogodili su se u zoni zagrebačkog rasjeda (1). Žarišta potresa pridružena tom rasjedu pokazuju svijanje seizmotektonski aktivne zone u prostoru. Aktivna zona rasjeda Kostanjevica-Brežice-Križevci (2) nagnuta je u prostoru pod kutom 60°-70°. Uzimajući u obzir prisutnu kompresiju prostora u zoni žumberačko-medvedničkog rasjeda, tektonske pomake dijelova Medvednice, amplitude pokreta i potrese koji su se dogodili izdvaja se seizmotektonski najaktivniji prostor. On se pridružuje dionici zagrebač-



LEGENDA: 1- rasjed; 2 - seizmotektonski aktivna zona; 3 - hipocentri potresa magnitude a:  $M \leq 4$ , b:  $M = 4-5$ , c:  $M = 5-6$ , d:  $M \geq 6$ .

Slika 4. Seizmotektonski profil

kog rasjeda (1) između Markuševca i Moravča u duljini oko 20 km. Sigurno je, koncentraciji žarišta potresa doprinose pomaci blokova Medvednice u zoni rasjeda Stubica-Kašina (4).

#### 4 Manifestiranje potresa na zagrebačkom području

##### 4.1 Primjer na proizvoljno odabranoj točki

Za zagrebačko je područje najznačajnije medvedničko seizmogenetsko područje. Međutim jaki, potresi i iz drugih regionalnih seizmogenetskih područja značajno utječu na izloženost potresima zagrebačkog područja. Bez ulaženja u analizu doprinosa pojedinih seizmogenetskih područja, ovdje navodimo kao ilustraciju značajke generaliziranoga pojavljivanja intenziteta potresa na proizvoljno odabranoj točki ( $\varphi = 45,796^\circ N$ ,  $\lambda = 15,961^\circ E$ ) u središtu grada Zagreba. U tablici 1. prikazane su čestine godišnjih ekstrema intenziteta potresa u razdoblju od 1880. do 1999. godine. Intenziteti potresa računati su pomoću relacije (1) uz pretpostavku točkastih seizmičkih izvora, te jedinstvenu vrijednost koeficijenta atenuacije intenziteta  $\alpha = 0,01 \text{ km}^{-1}$ .

Tablica 1. Čestine godišnjih ekstrema intenziteta potresa u razdoblju 1880. - 1999. godina

(° MCS)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Čestina	5	12	31	39	16	9	3	1

Primjenom teorije ekstrema [3], na osnovi podataka iz tablice 1. izračunani su intenziteti ( $I$ ) potresa kao funkcije povratnih perioda  $T$ , prikazani u tablici 2. (navedene vrijednosti intenziteta uključuju jednu standardnu devijaciju).

Tablica 2. Intenziteti potresa kao funkcije povratnih perioda

$T$ (god.)	10	25	50	100	200	500	1000
$I$ (° MCS)	6,0	6,6	7,1	7,5	7,9	8,3	8,5

Vrijednosti intenziteta koje odgovaraju eksploatacijskom vijeku ( $E$ ) 100 i 200 godina, te vjerojatnostima prekoračenja (seizmičkim rizicima -  $R$ ) 10, 20 i 30% prikazane su u tablici 3.

Tablica 3. Intenziteti potresa kao funkcije eksploatacijskog vijeka i vjerojatnosti prekoračenja

$E$ (god.)	100			200		
$R$ (%)	10	20	30	10	20	30
$I$ (° MCS)	8,5	8,2	8,0	8,7	8,5	8,3

#### 4.2 Reziduali intenziteta Zagrebačkog potresa iz 1880. godine

Djelovanje potresa na građevine ovisi i o svojstvima geomehaničke podloge na kojoj je sagrađena građevina. Korelacija između oštećenja građevina i lokalnih uvjeta tla opažena je i dokumentirana prije više od jednog stoljeća, iako je utjecaj tla u građevinske propise uvršten kasnije [8].

Seizmički se val rasprostire od žarišta prema površini kroz slojeve tla i na kraju djeluje na građevine. Učinak potresa na zgrade značajno ovisi o svojstvima zgrade kao i o podlozi na kojoj je zgrada sagrađena. Utjecaj podloge je dvojak: podloga modificira amplitude oscilacija i utječe na frekvencijski odziv sustava tlo - zgrada. Faktor amplifikacije oscilacija tla ovisi o samoj prirodi slojeva (debljina, čvrstoća, dinamičke karakteristike), kao i o svojstvima generiranog vala (akceleracija i dominantni period). Svojstva vala potresa značajnije se ne mijenjaju kad se

val rasprostire stijenom, ali kod slojevitog valnog sredstva mijenja se i akceleracija i period titranja [2, 4, 11].

Empirijski intenziteti i karta izoseista Zagrebačkog potresa od 9. 11. 1880. preuzeti su iz baze makroseizmičkih podataka [9]. Najveći ocijenjeni intenzitet bio je VIII<sup>o</sup> MCS ljestvice (slika 5.), dok je izračunani intenzitet u epicentru  $I_o = 9,0^o$  MCS, uz dubinu žarišta  $h = 10$  km. Teorijsko makroseizmičko polje proračunano je po Koesligetheyevoj jednadžbi:

$$I = I_o - 3 \cdot \log(r/h) - 3 \cdot 0,4343 \cdot \alpha \cdot (r - h) \quad (1)$$

gdje su:

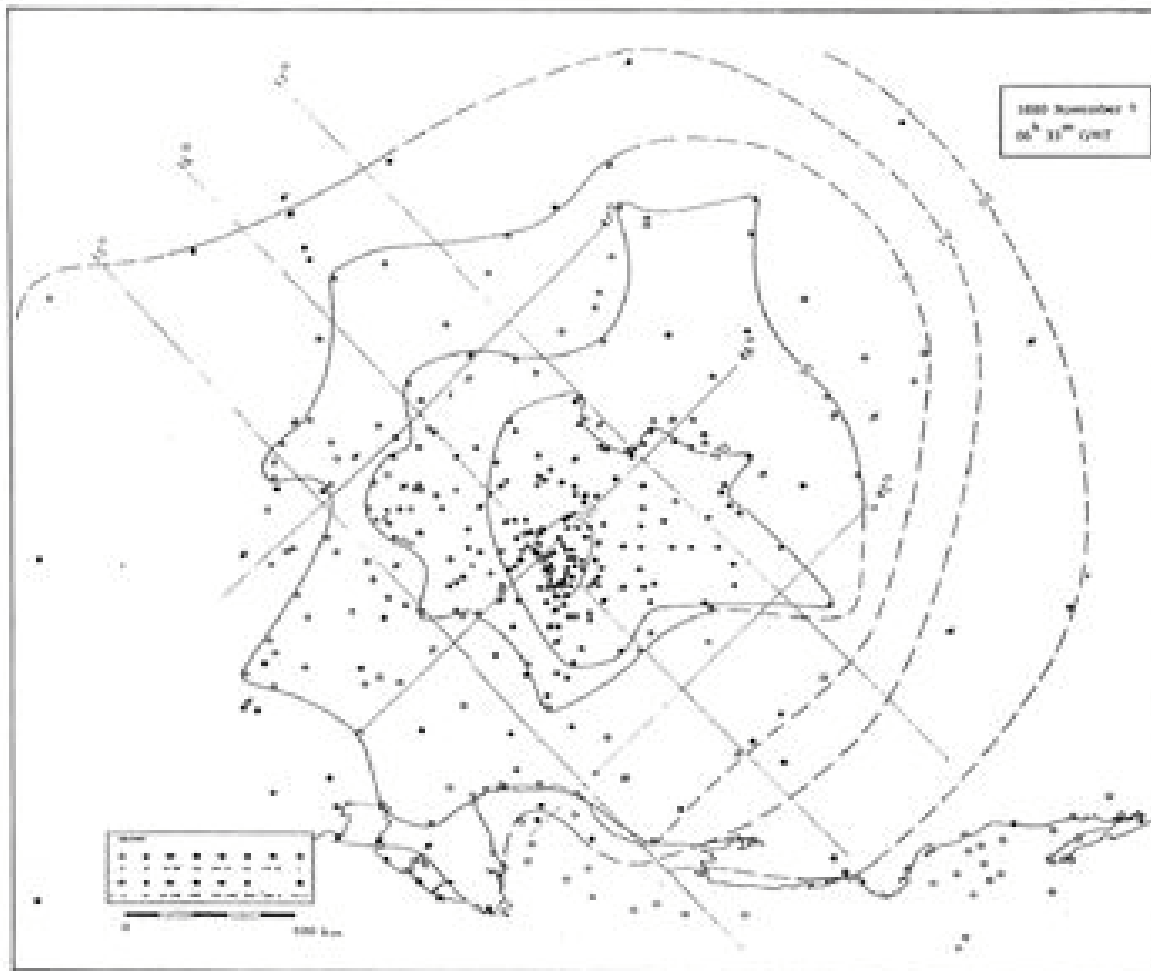
$I$  - teorijski intenzitet potresa

$I_o$  - intenzitet u epicentru

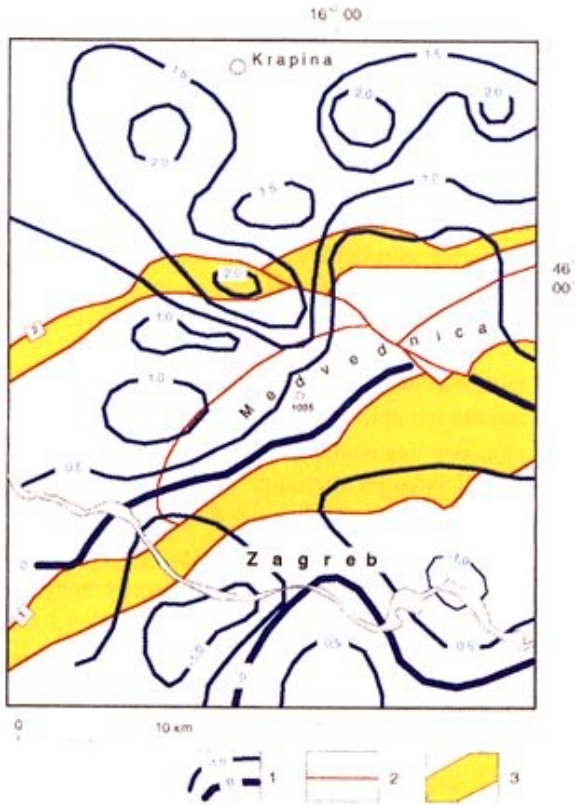
$r$  - hipocentralna udaljenost

$h$  - dubina žarišta

$\alpha$  - koeficijent atenuacije



Slika 5. Karta izoseista Zagrebačkog potresa iz 1880. godine



LEGENDA: 1 - izolnije reziduala intenziteta; 2 - trase najvažnijih rasjeda strukturnog sklopa na površini; 3 - zone zagrebačkog rasjeda (1) i rasjeda Konstanjevica-Brežice-Križevci (2)

Slika 6. Karta reziduala intenziteta potresa iz 1880. godine

Jednadžba (1) vrijedi za točkasti izvor i ne opisuje dobro makroseizmičko polje blizu epicentra. Da bi se polje moglo računati i u tom području, jednadžba (1) je primijenjena na linijski izvor.

**Linijski izvor** je dužina koja se sastoji od niza točkastih izvora, a u jednadžbu (1) ulaze parametri one točke linijskog izvora koja je najbliža točki u kojoj se računa intenzitet.

**Koeficijenti atenuacije** ( $\alpha$ ) za 12 glavnih smjerova preuzeti su iz [12] čime se u računanje teorijskog polja uvela anizotropija. Koeficijenti atenuacije za azimute izvan 12 glavnih smjerova računani su linearnom interpolacijom.

**Reziduali** (REZ) izraženi u stupnjevima MCS ljestvice računani su tako da su od teorijskih intenziteta  $I_t$  oduzani empirijski  $I_e$ :

$$REZ = I_t - I_e$$

Uz takvu definiciju, reziduali su obrnutog predznaka od često korištene veličine prirasta intenziteta.

Reziduali (slika 6.) su računani za područje od  $15,7^\circ$  do  $16,2^\circ$  E i od  $45,7^\circ$  do  $46,2^\circ$  N, a interpolirani su "kriging" metodom uporabom programa "Surfer". Oblik izolnija nije samo odraz stvarnih razdioba reziduala, već je ovisan i o prostornoj razdiobi točaka intenziteta, a u manjoj mjeri i o metodi interpolacije.

Kako se vidi na slici, izolnija nultog reziduala podudara se s linijskim izvorom što ukazuje na dobro modeliranje makroseizmičkog polja u pleistoseističkom području.

Dobivene vrijednosti reziduala nalaze se u intervalu od  $-1$  do  $+2^\circ$  MCS ljestvice. Tako široki interval ukazuje na značajan utjecaj lokalnih uvjeta tla na prostornu distribuciju intenziteta potresa, što ujedno upućuje i na nužnost detaljnijih ispitivanja seizmičkih parametara koji se upotrebljavaju u projektiranju, posebice značajnijih građevina.

## 5 Zaključak

Šire zagrebačko područje odlikuje se izraženom seizmotektonskom aktivnošću. Tu činjenicu dokazuju povijesni podaci o potresima i recentna seizmička aktivnost. Od XVI. stoljeća do danas u širem regionalnom prostoru dogodilo se dvadesetak potresa koji su prouzročili značajnije materijalne štete. Od njih je svakako najvažniji potres magnitude  $M = 6,3$  i epicentralnoga intenziteta  $I_0 = IX^\circ$  MCS ljestvice iz 1880. godine, s epicentrom u Medvednici između Kašine i Planine. Posljednji jači potres, magnitude  $M = 4,9$  i epicentralnoga intenziteta  $I_0 = VII^\circ$  MCS, dogodio se 1990. godine s epicentrom u Medvednici kod Kraljevog Vrh.

Uzimajući u obzir prisutnu kompresiju prostora u zoni Žumberačko-medvedničkog rasjeda, tektonske pomake dijelova Medvednice, amplitude pokreta i potrese koji su se dogodili, izdvojen je seizmotektonski najaktivniji prostor. On se pridružuje dionici Zagrebačkog rasjeda između Markuševca i Moravča u duljini oko 20 km. Koncentraciji žarišta potresa doprinose pomaci blokova Medvednice u zoni rasjeda Stubica-Kašina.

Proračun reziduala makroseizmičkog intenziteta na osnovi karte izoseista Zagrebačkog potresa iz 1880. godine potvrdio je znanu činjenicu da lokalni uvjeti tla značajno utječu na manifestiranje potresa na površini Zemlje. Dobivene su vrijednosti reziduala u intervalu od  $-1$  do  $+2^\circ$  MCS ljestvice, što ukazuje na značajne nedostatke primjene metoda temeljenih na pojednostavnjenim modelima atenuacije intenziteta (jednako tako i akceleracije) koji uključuju samo regionalno usrednjene parametre. Takav zaključak nameće i nužnost detaljnijih seizmoloških istraživanja u okviru definiranja projektnih seizmičkih parametara, posebice kada se radi o značajnijim građevinama.

## LITERATURA

- [1] Basch, O.: *Osnovna geološka karta*, list Ivanić Grad, L 33-81, 1:100.000. Inst. geol. istraž., Zagreb, Sav. geol. zavod, Beograd, 1981.
- [2] Hough, S. E.; Friberg, P. A.; Busby, R.; Field, E. F.; Jacob, K. H. & Borchardt, R. D.: *Sediment - induced amplification and collapse of the Nimitz Freeway*. *Nature*, 1990., Vol. 344, 853. - 855.
- [3] Kuk, V.: *O maksimalnom intenzitetu potresa*. Magistarski rad, PMF, Zagreb, 1983.
- [4] Lysmer, J., Bolton Seed, H.; Schnabel, P. B.: *Influence of Base-Rock Characteristics on Ground Respons*, BSSA, 1971., Vol. 61, 1213.-1231.
- [5] Prelogović, E.; Cvijanović, D., 1981: *Potres u Medvednici 1880. godine*. *Geol. vjesnik*, 34, Zagreb, 137-146.
- [6] Prelogović, E.; Kuk, V.: *Seizmotektonska aktivnost zapadnog dijela Hrvatske*, Znan. skup "Andrija Mohorovičić", 10-12. ožujka 1998., Zagreb, 115.-124.
- [7] Prelogović, E.; Saftić, B.; Kuk, V.; Velić, J.; Dragaš, M.; Lučić, D.: *Tectonic activity in the Croatian part of the Pannonian basin*, *Tectonophysics* 297, 1998., 283.-293.
- [8] SCEC/PEER: *Nonlinear Site Response*. Seminar and Workshop Report, 1999.
- [9] Savić, I.: *Croatian Macroseismic Database*, *Phys. Chem. Earth (A)*, 1999., Vol. 24, 501.-503.
- [10] Šikić, K.; Basch, O.; Šimunić, A.: *Osnovna geološka karta, list Zagreb*, L 38-80, 1:100.000. Inst. geol. istraž., Zagreb, Sav. geol. zavod, 1977., Beograd.
- [11] Tilford, N. R.; Chandra, U.; Amick, D. C.; Moran, R.; Snider, F.: *Attenuation of intensities and effect of local site conditions on observed intensities during the Corint, Greece, earthquake of 24 and 25 February and 4 March 1981*. BSSA, 1985., Vol 75, 923.-937.
- [12] Živčić, M.: *Određivanje parametara makroseizmičkog polja*. Magistarski rad, PMF, Zagreb, 1986.