



VIJESTI

57/1
GODINA XLVII
ZAGREB, LIPANJ 2020.

HRVATSKOGA GEOLOŠKOG DRUŠTVA

Sljeme

Podsljeme

TEMA BROJA
O POTRESIMA U HRVATSKOJ

Maksimir

Črnomerec

Gornji grad - Medveščak



Poštovane kolegice i kolege,
drage čitateljice i čitatelji,

broj Vijesti koji čitate sve je samo ne običan. Kao i godina koja je u tijeku, neobična 2020. Na samom početku godine nismo mogli ni zamisliti što će nas sve dočekati, kako na svjetskoj, tako i na razini države, a tako naravno i u geološkoj struci... sve je postalo nekako neobično.

Ovaj će broj biti posvećen glavnim događajima koji su obilježili prvi polovicu 2020. godine, no ti su događaji i aktivnosti članova i prijatelja Društva postali prilično ograničeni s obzirom na epidemiju koronavirusa COVID-19 koja je poprilično promijenila naše živote. Zbog preporuka koje smo pratili kako bismo svi pomogli u sprečavanju širenja zaraze, većina uobičajenih događaja je odgođena ili otkazana, pa je malo toga za prikazati od, nazovimo, uobičajenih aktivnosti.

No tema nam ipak ne manjka, s obzirom na jake potrese koji su pogodili područje Zagreba i okolice 22. ožujka 2020. godine. Kako je cijeli niz potresa koji su nas dugotrajno i gotovo svakodnevno podsjećali na snagu Majke Prirode, značajno utjecao na sve nas, ovaj smo broj ponajprije odlučili posvetiti baš njima – POTRESIMA, kako ovogodišnjim, tako i podsjećanju na onaj Veliki potres prije 140 godina. Uz to ćemo se podsjetiti i onih znanja koje smo svi stekli, ali ih u iznenadnim situacijama često i zaboravimo – kako se ponašati za vrijeme potresa. Mnoge građevine na području grada Zagreba i okolice stradale su od posljedica naglih podrhtavanja, što smo mogli pratiti u svakodnevnim vijestima. Mi ćemo prikazati što se dogodilo s institucijama u kojima se obavlja, među ostalim, i rad vezan uz geologiju, a to su ponajprije zgrade fakulteta (Prirodoslovno-matematički i Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu) i Hrvatskog prirodoslovnog muzeja koje su zabilježile značajnije štete od potresa, te zgrada Hrvatskog geološkog instituta koja je srećom prošla bez zamjetnih oštećenja. Prikazom rada volontera alpinista, visinaca i speleologa u sanaciji šteta nakon potresa želimo im se i ovim putem zahvaliti na velikoj snazi i znanju kojima su pomogli mnogim ljudima kada im je bilo najpotrebnije. Studenti nam prikazuju i svoje viđenje situacije u kojoj su se našli, ali i njihovo veliko srce kroz pomaganje kada je bilo najpotrebnije.

Mnoge je možda ovih mjeseci zbunjivao iznos magnitude glavnog potresa 22. ožujka 2020. godine jer se moglo čuti ili pročitati da je procjena između 5,3 i 5,5. Doc. dr. sc. Iva Dasović objasnila nam je kako se procjenjuje magnituda. Jednadžba kojom se računa magnituda zapravo „dodaje” energiju izgublenu po putu što ovisi o „geologiji” područja te se traže takvi parametri jednadžbe koji će predstavljati šire područje – ovo naše je sve samo ne homogeno (Jadranska mikroploča, Dinaridi, Panonska nizina). Zbog toga se procjene magnitude između seizmoloških postaja razlikuju, a ovise još i o udaljenosti od žarišta, o samom žarišnom mehanizmu pomaka na rasjedu te mogućoj lokalnoj amplifikaciji valova kod postaje. Za konačnu vrijednost uzima se obično prosjek ili medijan od svih pojedinačnih procjena. Kao i svaka druga veličina, i magnituda ima svoju (ne) pouzdanost te odstupanja od $\pm 0,1$, možda čak i $\pm 0,2$, nisu nimalo neobična. A postoje i različite vrste magnituda koje će za isti potres dati drugačiju vrijednost.

Zahvaljujem svim kolegama i kolegicama koji su doprinijeli stvaranju i ovoga broja, koji će, s obzirom na tematiku, vjerojatno ostati bolje zapamćen od mnogih.

Čitajte nas i pratite i dalje!

Do sljedećeg broja srdačno vas pozdravljam,

Karmen Fio Firi, urednica

SARŽAJ

TEMA BROJA

- 4 O POTRESIMA U HRVATSKOJ
- 27 POTRESI U ZAGREBU 22. OŽUJKA 2020. GODINE
- 33 VOLONTERSKA AKCIJA „ALPINISTI, VISINCI I SPELEOLOZI POMAŽU ZAGREBU“
- 34 ŠTO NAM JE ČINITI PRIJE, TIJEKOM I POSLIJE POTRESA
- 37 STANJE NAKON POTRESA
 - PALAČA AMADEO I HRVATSKI PRIRODOSLOVNI MUZEJ 1706. – 22. OŽUJKA 2020. – DANAS
 - PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU, STANJE NAKON POTRESA 22. OŽUJKA 2020. GODINE
 - RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU, STANJE NAKON POTRESA 22. OŽUJKA 2020. GODINE
- 45 STUDENTSKI ŽIVOT U VRIJEME POTRESA I KORONAVIRUSA
 - FAKULTET U VRIJEME KARANTENE
 - CIVILNA ZAŠTITA (VOLONTIRANJE ZA VRIJEME POTRESA I KORONE)
- 48 VELIKI POTRES U ZAGREBU 1880. GODINE

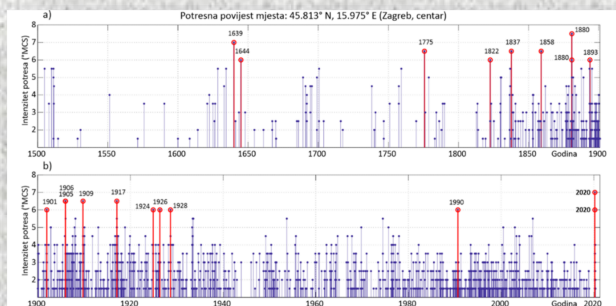
AKTIVNOSTI

- 51 PROJEKT ENGIE – *ENCOURAGING GIRLS TO STUDY GEOSCIENCES AND ENGINEERING*
- 52 PROJEKT ROBOMINERS
- 53 PROJEKT CROWD THERMAL

55 SAŽETCI DOKTORSKIH DISERTACIJA

OSVRTI

- 57 ABISODINAMIKA, POTRESI I GJURO PILAR
- 60 POTRESI KAO TEMA U KNJIŽEVNOSTI



O POTRESIMA U HRVATSKOJ

Iva Dasović, Davorka Herak, Marijan Herak, Helena Latečki, Marija Mustać i Bruno Tomljenović

Premda su potresi prirodne pojave koje mogu značajno utjecati na život ljudi u tektonski aktivnim područjima, nažalost s materijalnim pa i katastrofalnim posljedicama, za geoznanstvenike, a naročito za seizmologe, oni su prozori pomoću kojih posredno promatraju u unutrašnjost Zemlje. Njihove pojave ukazuju nam na aktivne geodinamičke procese u Zemljinoj kori, a seizmički valovi koji pritom nastaju i koje oblikuje sredstvo kroz koje putuju idući od žarišta do površine, otkrivaju nam složenu građu našeg planeta ne samo u gornjem dijelu kore, već i u Zemljinom plaštu i jezgri. Iako su snažni potresi rijetki i kvaziperiodički (ponavljaju se u nepravilnim razmacima), oni slabi česta su pojava. S obzirom da i mi u Hrvatskoj živimo u seizmički aktivnom području, na što nas je ponovno podsjetio i proljetni zagrebački potres, namjera ovog osvrta je odgovoriti na pitanja koja u takvim trenucima često postavljaju osobe koje su izravno ili neizravno povezane s potresom – zašto se potresi događaju u Hrvatskoj, tko ih i kako bilježi, jesu li prostorno jednoliko raspoređeni, za što se koriste zabilježeni potresni podaci, u kojoj se mjeri mogu predvidjeti mjesta, jačine i pojave budućih potresa, odnosno kolika je potresna opasnost (seizmički hazard), a kolika je potresna ugroženost (seizmički rizik) u pojedinim područjima Hrvatske? Na kraju, ovaj osvrt posvećen je zagrebačkom potresnom području i njegovim seizmotektonskim značajkama, s naglaskom na aktualnu potresnu seriju koja je započela potresom 22. ožujka 2020. godine.

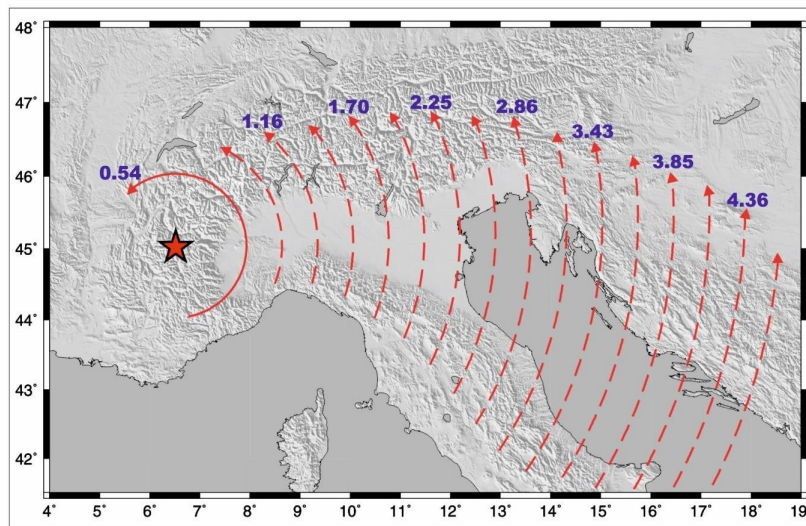
1. Zašto se u Hrvatskoj događaju potresi?

Područje Hrvatske nalazi se u dijelu Sredozemlja koje je seizmički i tektonski aktivno zbog konvergentnog kretanja Afričke (Nubijske) prema Euroazijskoj ploči, brzinom od oko 9 – 10 mm/god. na temelju GPS mjerenja (slika 1). Približno pola ovog konvergentnog kretanja konzumira se u aktivnim subdukcijskim zonama duž Helenskog i Kalabrijskog luka, dok se preostali dio prenosi prema sjeveru u relativno stabilni dio Jadranske



Slika 1. Geodinamska skica područja istočnog Sredozemlja i brzine konvergentnih kretanja Afričke (Nubijske), Anatolijske i Jadranske mikroploče prema Euroazijskoj ploči (tektonske granice preuzete iz Handy i sur., 2019 i Reilinger i sur., 2006; GPS vektori pomaka preuzeti iz McClusky i sur., 2000 te Weber i sur., 2010; pojas Savske suturne zone, preuzet iz Schmid i sur., 2020, označen je zelenom bojom).

mikroploče u Jonskom i Jadranskom moru, odakle se pak prenosi u okolne planinske lance Apenina, Alpa i Dinarida, a dijelom i u Panonski bazen u Hrvatskoj i Mađarskoj. Konvergentno kretanje u tom stabilnom dijelu Jadranske mikroploče u odnosu na Euroazijsku ploču je u rasponu od 0,5 do 4,5 mm/god., dijelom translacijom prema sjeveru i istovremenom rotacijom u smjeru obrnutom od kretanja kazaljki sata oko osi čiji se pol nalazi u zapadnim Alpama (slika 2). To kretanje lokalno se akumulira u stjenovitom, krutom dijelu kore u obliku tektonskih



Slika 2. Raspored i brzina konvergentnih kretanja (mm/god.) u stabilnom dijelu Jadranske mikroploče i u okolnim planinskim lancima proračunati na temelju GPS mjerenja (iz Weber i sur., 2010).

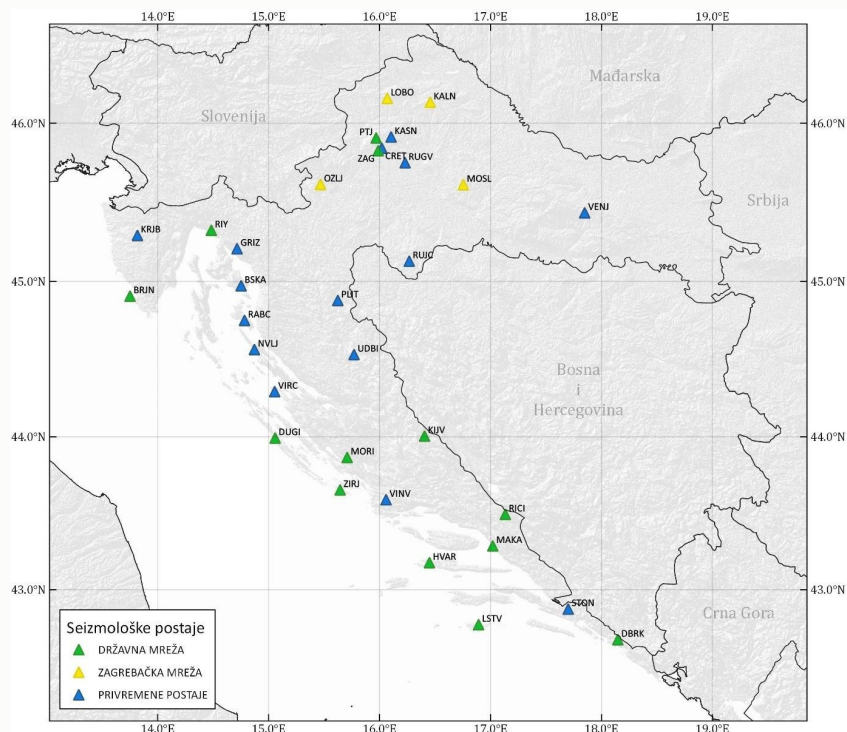
napetosti koje kad premaše granične vrijednosti posmične čvrstoće stijena ili postojećih rasjeda dovode do sloma i naglog otpuštanja dotad akumulirane energije u obliku seizmičkih valova – nastaje potres.

Središnji i relativno stabilni dio Jadranske mikroploče, u kojem se jaki potresi rijetko pojavljuju ili pak dosad nisu zabilježeni, tek je manji dio nekada prostranije tektonske ploče, preostao nakon alpske orogeneze tijekom koje su se njeni rubni dijelovi postupno ugrađivali u okolne planinske lance, dijelom podvlačenjem i navlačenjem, a na kraju i njenom kolizijom s Euroazijskom pločom. Tom su se kolizijom, koja se u Dinaridima odigrala duž Savske (suturne) zone krajem krede i početkom paleogena, istočni dijelovi Jadranske ploče ugradili u planinski lanac Unutrašnjih Dinarida, odakle su napredovanjem navlaka prema jugozapadu, i njeni preostali dijelovi postupno ugrađeni u pojas Vanjskih Dinarida tijekom eocena i oligocena. Preostali, najmanje deformirani dio Jadranske mikroploče, koji se tijekom dugotrajne alpske orogeneze nije ugradio u planinski lanac Dinarida, nalazi se jugozapadno od navlačnog čela Vanjskih Dinarida u podmorju Jadrana, a dijelom i na površini u dijelu Istarskog poluotoka jugozapadno od Učke i Čićarije. Taj dio Jadranske mikroploče, zajedno s onim ispred čela navlaka u južnim Alpama, Apeninima i Helenidima danas čini njen relativno stabilan dio koji je seizmički najmanje aktivan. Ipak, u novije vrijeme seizmička aktivnost zabilježena je i u tom dijelu mikroploče, više izražena u središnjem i južnom dijelu, znatno manje izražena u sjevernom dijelu od linije Ancona – Zadar.

2. Tko, kako i otkad bilježi potrese u Hrvatskoj?

Seizmičku aktivnost na području Hrvatske sustavno bilježe Seizmološka služba i Geofizički zavod pri Geofizičkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Hrvatska seizmografska mreža (doi: 10.7914/SN/CR; slika 3) danas se sastoji od 32 suvremena digitalna trokomponentna širokopojasna seizmografa na postajama koje pokrivaju cijeli hrvatski teritorij od Kalnika do Lastova, od Brijuna do Dubrovnika. Svi se podaci u realnom vremenu skupljaju u centralnom opservatoriju u Zagrebu





Slika 3. Hrvatska mreža seizmoloških postaja (stanje u lipnju 2020. godine).

koji je s postajama povezan internetskim vezama (CARNet, satelitski prijenos, mobilne mreže). U ovom trenutku, svake se sekunde u prosjeku bilježi oko 7500 podataka koji se svi arhiviraju i čuvaju na tri međusobno neovisna servera.

Analizom digitalnih seizmograma potrese je moguće locirati te im odrediti vrijeme nastanka i magnitudu (M), što su ujedno i osnovni podaci koje sadrži Hrvatski katalog potresa (HKP, Herak i sur., 1996, dopunjen do kraja 2019. godine). Uz rutinsku, svakodnevnu analizu, seizmogrami omogućuju i dublji uvid u svojstva potresnih izvora (npr. određivanje mehanizma pomaka na seizmogenom rasjedu), kao i u karakteristike Zemljine

unutrašnjosti. Uz podatke prikupljene analizom seizmograma (mikroseizmički podaci), važnu ulogu imaju i makroseizmička istraživanja koja se provode nakon svakog osjećenog potresa. Pri tome se sustavno prikupljaju i arhiviraju podaci o efektima pojedinog potresa na predmete, građevine, ljude i okoliš gdje god se potres osjetio. Time je omogućena i procjena intenziteta potresa (I) u pojedinom mjestu. Intenzitet se izražava u stupnjevima makroseizmičke ljestvice – u Hrvatskoj se tradicionalno koristila Mercalli-Cancani-Siebergova (MCS) ljestvica od 12 stupnjeva, koju je danas zamijenila Europska makroseizmička ljestvica (EMS). Iako su definicije pojedinih stupnjeva ponešto različite (u EMS su bolje prilagođene suvremenim načinima gradnje), numerički se MCS i EMS u prosjeku ne razlikuju.

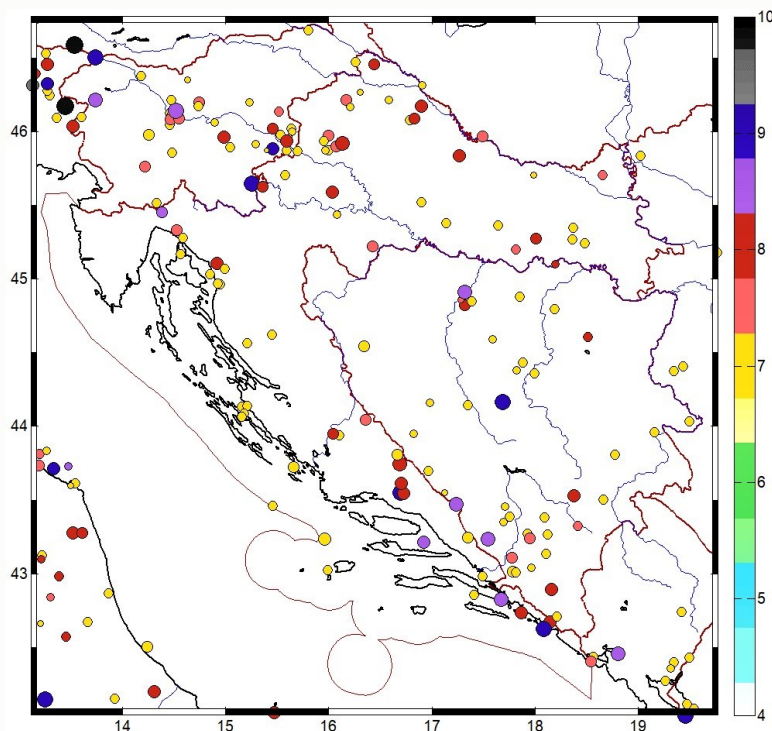
Prikupljanje podataka o potresima i njihova obrada u Hrvatskoj počinje nakon velikog zagrebačkog potresa 1880. godine kad je tadašnja Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti osnovala „Potresni odbor“ na čelu s Josipom Torbarom, a za potrebe znanstvenog istraživanja tog potresa. Godine 1882. JAZU osniva stalni „Odbor za opažanje potresnih pojava“ na čelu s Josipom Torbarom. Torbar je sastavio opširne Upute za opažanje potresnih pojava i posebni upitni arak, koji su u siječnju 1883. godine razasli povjerenicima u sva veća mjesta. Članom tog Odbora postao je i Mijo Kišpatić koji se već otprije zanimao za pojavu potresa. Kako navodi Dragutin Skoko (2002): „Akademijin odbor angažirao se na prikupljanju podataka o učincima naših potresa počam od 1883. i njihovom proučavanju. Istraživanja su obuhvatila tadašnju Hrvatsku, Slavoniju i Dalmaciju te Bosnu i Hercegovinu. Podaci su objavljivani u Akademijinim „Radovima“ pod nazivom Izvješće potresnog odbora. Glavni posao Odbora obavljao je, međutim, sam Mijo

Kišpatić te je i jedini autor Izvješća. Počam od 1891. čak je i naziv izvješća promijenjen u Potresno izvješće. U isto vrijeme i Meteorološki opservatorij u Zagrebu, počinje se angažirati u redovitom bilježenju svih potresa koji su se osjetili u Zagrebu nakon potresa 8. studenog 1880. Dolaskom Andrije Mohorovičića u Zagreb, gdje 1892. godine postaje upraviteljem Opservatorija, počinje njegova intenzivna suradnja s Kišpatićem te se Opservatorij počam od 1893. uključuje u sustavno prikupljanje podataka o potresima“. Kišpatić početkom 1906. prestaje s radom na prikupljanju podataka o potresima a nasljeđuje ga Andrija Mohorovičić koji je zaslužan da je na zagrebačkom Griču 1906. godine postavljen najprije posuđeni seizmograf Vicentinijeve konstrukcije, da bi ga 1908. i 1909. godine zamijenio kvalitetnim Wiechertovim seizmografima. Time je osnovana i zagrebačka seizmološka postaja, a Wiechertovi seizmografi bili su glavni instrumenti u Hrvatskoj sve do 1980-ih. Sustavno prikupljanje podataka o potresima u Hrvatskoj i njihovo katalogiziranje započelo je početkom 70-ih godina 20. stoljeća nakon modernizacije seizmološke mreže postaja u sklopu UNDP/UNESCO projekta „Istraživanje seizmičnosti na području Balkana“ (Shebalin i sur., 1974).

Istraživanje povijesnih potresa nije nimalo jednostavan zadatak jer zahtijeva pretraživanje arhivske građe u potrazi za informacijama, povratak primarnim izvorima i njihovu provjeru. Informacije je potrebno istovremeno analizirati i u kontekstu vremena u kojem su nastale i s aspekta suvremene seizmologije. Za područje Hrvatske proučavanje povijesnih potresa najčešće započinje pregledom rada „Potresi u Hrvatskoj“ Mije Kišpatića iz 1891. godine, a nastavlja se pretragom povijesnih spisa, časopisa i knjiga iz raznih arhiva i knjižnica, starih novina i sl.

3. Hrvatski katalog potresa

Podaci o povijesno i instrumentalno zabilježenim potresima pohranjuju se u Hrvatskom katalogu potresa (HKP), a sežu od 373. god. pr. Kr. s podatkom o potresu koji se tada dogodio u Korintskom kanalu u Grčkoj. Prvi i vrlo nepouzdana podaci o potresima u Hrvatskoj odnose se na potres koji se navodno zbog 306. godine kod današnjeg Opuzena. Svoj današnji oblik katalog je dobio pri reviziji za razdoblje 1908. – 1992. (Herak i sur., 1996) – katalog se redovito dopunjuje



Slika 4. Epicentri glavnih potresa s intenzitetom u epicentru $I_0 \geq VII$ °MCS (pr. Kr. – 2019. godine). Epicentri su slučajno pomaknuti za do ± 5 km kako bi se izbjeglo preklapanje. Nisu prikazani epicentri vrlo nepouzdatih potresa, uglavnom prije 1750. godine. Intenzitet je označen bojom u skladu sa skalom na desnom rubu slike. Podaci iz Hrvatskog kataloga potresa reprezentativni su samo za teritorij Republike Hrvatske.



svake godine, a njegova najnovija inačica pohranjena je u arhivu Geofizičkog odsjeka PMF-a. Hrvatski katalog potresa navodi osnovne podatke (koordinate žarišta, vrijeme, magnitudu i intenzitet) za više od 135 000 potresa koji su se dogodili do kraja 2019. godine. Danas hrvatski seizmolozi u prosjeku godišnje lociraju i u katalog dodaju 10 000 – 12 000 potresa, od kojih je nešto više od polovine s epicentrima u Hrvatskoj.

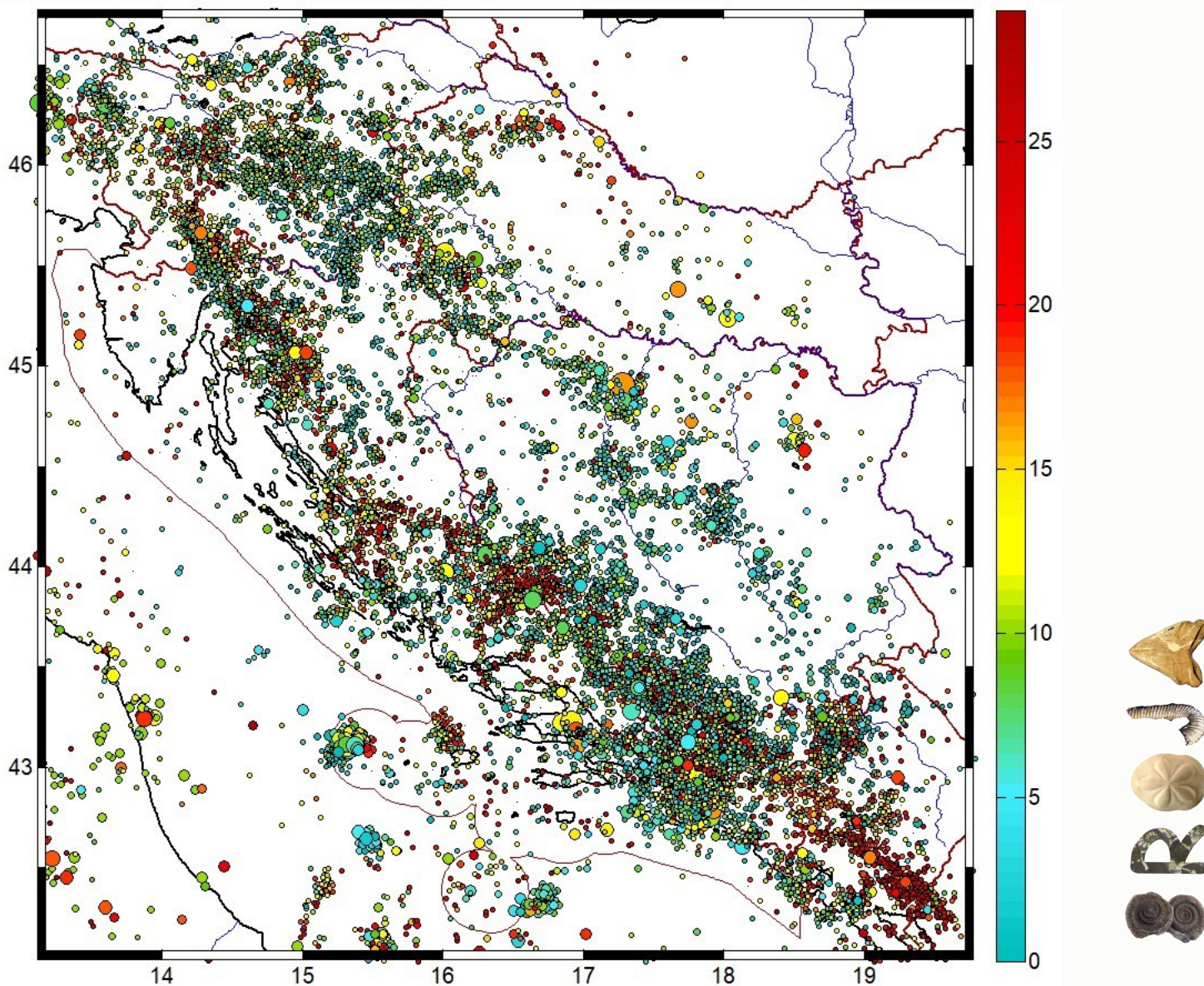
Na slici 4 prikazana je karta s epicentrima potresa intenziteta u epicentru $I_0 \geq VII$ °MCS (koliko iznosi i procijenjeni intenzitet i glavnog zagrebačkog potresa 2020. god.). Unutar hrvatskih granica u Katalogu takvih potresa ukupno ima 110, a od početka 19. stoljeća do danas navedeno ih je 73 – dakle u prosjeku jedan svake tri godine! Karta pokazuje i to da su potresi sposobni uzrokovati znatnu štetu događaju – rijetko, ali ipak(!) – i u inače seizmički slabo aktivnim područjima poput Međimurja, Slavonije, Baranje ili Like (vidi i tablicu 1).

Slika 4 prikazuje i nekoliko razornih potresa od kojih su najpoznatiji Veliki zagrebački potres iz 1880. godine te potres u Dubrovniku iz 1667. godine. Popis značajnih i snažnih potresa (prema intenzitetu) koji su se dogodili u Hrvatskoj od 17. stoljeća do 2019. godine prikazan je tablicom 1. Neki od njih su poslužili kao poticaj i predmet istraživanja koji su doveli do novih spoznaja. Upravo su dva potresa s područja Hrvatske odigrala važnu ulogu u počecima seizmologije: Pokupski potres iz 1909. godine „zaslužan“ je za Mohorovičićevo otkriće diskontinuiteta koji odjeljuje koru od gornjeg dijela plašta Zemlje (Mohorovičić, 1910), dok je potres kod Klane 1870. godine poslužio za povezivanje svojstava lokalnog tla i stupnja oštećenja građevina, kao i za klasifikaciju potresa prema njihovom uzroku (Herak i sur., 2018).

Slikom 5 prikazana je tzv. instrumentalna seizmičnost, dakle epicentri potresa nakon 1908. godine koji su locirani na temelju podataka očitanih sa seizmograma. Prikazano je više od 22 500 epicentara pouzdano lociranih potresa magnitude $M \geq 1,0$ prema Richteru, za koje je postojalo barem deset očitanih nastupnih vremena faza potresa, te za koje je

Tablica 1. Dvanaest značajnih potresa intenziteta u epicentru $I_0 \geq VIII$ °MCS koji su se dogodili u Hrvatskoj od 17. stoljeća do 2019. godine.

Datum	Mjesto	Magnituda	I_0
6. travnja 1667.	Dubrovnik	7,1*	IX – X
30. ožujka 1738.	Međimurje	5,1*	VIII
1. ožujka 1870.	Klana	5,5*	VIII
9. studenog 1880.	Zagreb	6,2*	VIII
2. srpnja 1898.	Trilj	6,7*	IX
8. listopada 1909.	Pokuplje	5,8	VIII
12. ožujka 1916.	Vinodol	5,8	VIII
27. ožujka 1938.	Bilogora	5,6	VIII
29. prosinca 1942.	Imotski	6,2	VIII – IX
11. siječnja 1962.	Makarska	6,1	VIII – IX
13. travnja 1964.	Dilj Gora	5,7	VIII
5. rujna 1996.	Ston-Slano	6,0	VIII
* Povijesni potresi – magnituda je procijenjena iz intenziteta.			



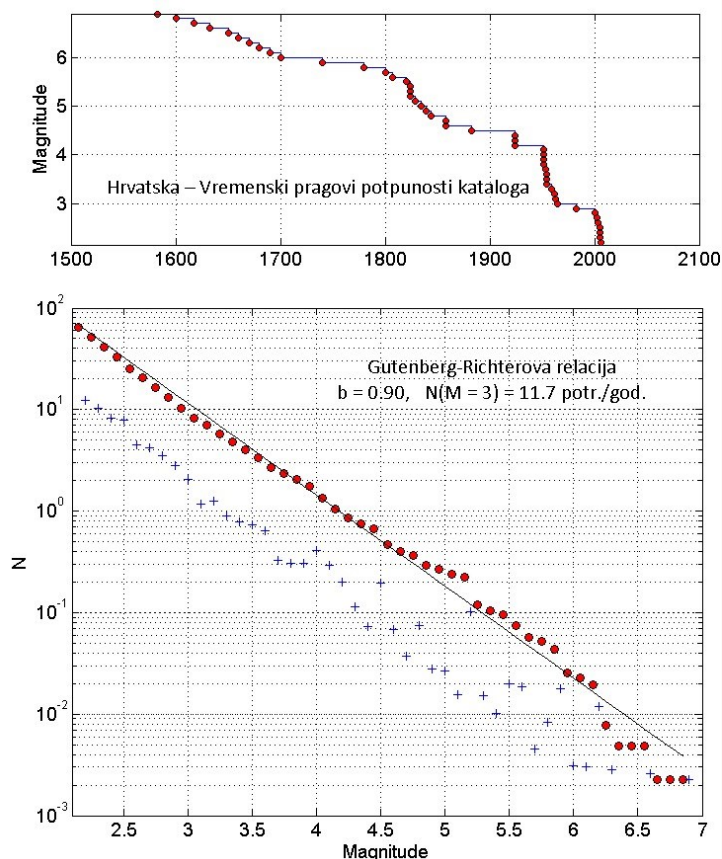
Slika 5. Epicentri potresa, 1908. – 2019. godine, magnitude $M \geq 1,0$ locirani s najmanje deset podataka o nastupnim vremenima faza potresa, te s resultantnom pouzdanošću lokacije bolje od ± 4 km. Dubina žarišta označena je bojom prema skali na desnom rubu slike, dok je magnituda proporcionalna površini simbola. Podaci iz Hrvatskog kataloga potresa reprezentativni su samo za područje Republike Hrvatske.

numerička nepouzdanost lokacije epicentra bila manja od 4 km. Na slici se jasno ocrtavaju glavna seizmički aktivna područja.

Podaci arhivirani u Katalogu sustavno se analiziraju uz opetovane proračune radi preciznije odredbe lokacija žarišta i epicentara zabilježenih potresa. Također, ti se podaci periodički objavljuju u znanstvenim publikacijama (npr. Ivančić i sur., 2002, 2006, 2018; Herak i sur., 1996, 2019; i dr.).

Kako se na temelju kataloga potresa statistički procjenjuje vjerojatnost događanja potresa određene magnitude na nekom mjestu, katalozi moraju biti homogeni i potpuni. Idealni katalog bi sadržavao podatke o svim potresima iznad određenog magnitudnog praga na području koje pokriva, i to daleko u prošlost. Naravno, takvo što je nemoguće, jer je pokrivenost seizmografima uvijek vrlo nejednolika, te se mijenja s vremenom. Zbog toga je prije svake statističke analize nužno odrediti vremenske i prostorne pragove potpunosti kataloga čiji se podaci obrađuju. Pri tome iz kataloga valja najprije izbaciti sve prethodne i naknadne potrese, tako da u njemu ostanu jedino glavni potresi. To je nužno napraviti da bi u katalogu ostali samo međusobno nezavisni potresi, što je uvjet za daljnje korištenje pretpostavke o Poissonovoj razdiobi potresa. Slikom 6 prikazana je takva analiza za HKP te za glavne potrese unutar hrvatskih granica, kao i resultantna razdioba potresa po magnitudi poznata pod nazivom Gutenberg-Richterova relacija: $\log N = a - bM$. Ovdje je N broj potresa s magnitudom M ili većom, a a i b su koeficijenti. Vrijednost b je obično blizu $b = 1,0$, što znači da se broj potresa poveća 10 puta kada se magnituda smanji za jedinicu magnitude.

Sa slike vidimo da se potpunost kataloga za područje Hrvatske s protekom vremena pomiče prema sve manjim magnitudama – dok je katalog potpun za magnitude veće od 7,0 još od 16. stoljeća, danas je njegova potpunost na razini $M \geq 2,0$. Potresi se ponašaju u skladu s Gutenberg-Richterovom relacijom uz koeficijent $b = 0,90$, pa je moguće izračunati da će se npr. u prosjeku svake godine dogoditi dvanaestak potresa magnitude veće ili jednake $M = 3,0$, dok će se potresi magnitude $M = 6,0$ ili veći događati u



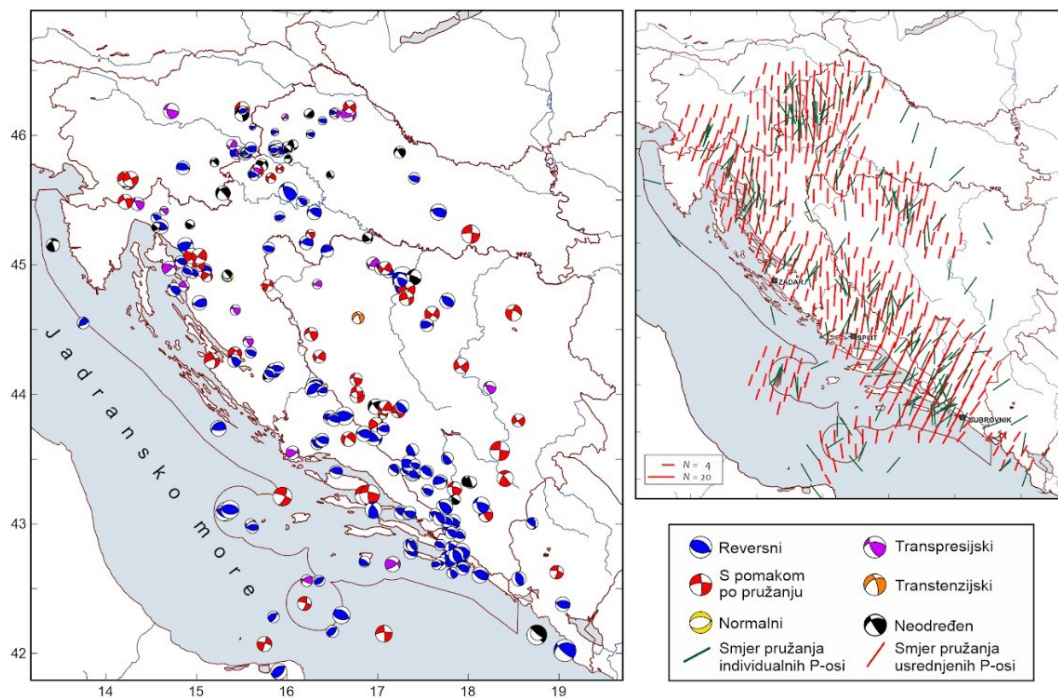
Slika 6. Gore: Potpunost Hrvatskog kataloga potresa prema magnitudi (M) za glavne potrese unutar hrvatskih granica u ovisnosti o vremenu. Dolje: Opažena čestina događanja potresa prema magnitudi (za magnitude $M \geq 2,2$) u logaritamskom mjerilu sa širinom klase magnitude $\Delta M = 0,1$. Crveni kružići prikazuju kumulativne čestine (broj potresa/god. s magnitudom $\geq M$), a plavi obične, nekumulativne čestine (broj potresa/god. s magnitudom između $M + \Delta M/2$ i $M - \Delta M/2$). Crna linija je prilagodba Gutenberg-Richterove relacije $\log(N) = a - bM$.

prosjeiku jednom u 45 godina. Ovo se ne smije shvatiti kao periodičnost – navedeni su tek prosječni razmaci među sličnim potresima u veoma dugom vremenskom razdoblju!

4. Prostorna razdioba potresa u Hrvatskoj i vrste seizmogenih rasjeda na kojima nastaju

Prema podacima Hrvatskog kataloga potresa, epicentri potresa nisu jednoliko raspoređeni na području Hrvatske, već su najviše koncentrirani u trima područjima: u priobalnom području Dalmacije i njenom zaleđu, u priobalnom pojasu Hrvatskog primorja od Ilirske Bistrice u Sloveniji do Senja i u sjeverozapadnom području Hrvatske (slika 5).

Najizraženija seizmička aktivnost prisutna je u području Dalmacije i u njenom zaleđu, gdje je i konvergentno kretanje Jadranske mikroploče u odnosu na Euroaziju s najvišim proračunatim vrijednostima oko 4,5 mm/god. (slika 2). U tom području prevladavaju potresi nastali u kompresijskom režimu tektonske napetosti o čemu svjedoče žarišni mehanizmi načinjeni analizom prvih nailazaka P-valova zabilježenih na seizmogramima potresa toga područja (slika 7). Pružanje najdulje osi tektonske napetosti (P-osi) u ovom je području pretežito SI – JZ, odnosno okomito na dinaridsko pružanje SZ – JI i na pružanje glavnih seizmogenih, reversnih rasjeda. Osim ovih rasjeda, lokalno su u ovom području zabilježeni i potresi nastali u transpresijskom režimu tektonske napetosti, po rasjedima s pretežito horizontalnim pomakom, odnosno pomakom po pružanju, među kojima su najčešći oni s desnim



Slika 7. Prikaz žarišnih mehanizama potresa u Hrvatskoj i okolnim područjima, u razdoblju 1909. – 2016. godine.

Mehanizmi su prikazani u stereografskoj projekciji na donju žarišnu hemisferu, a boja kompresijskog kvadranta označava režim tektonske napetosti, odnosno tip uzročnog rasjeda prema legendi. Prikazana su također i pružanja kompresijskih osi tektonske napetosti (P-osi) za pojedine potrese (zelene crte), kao i usrednjene kliznim prostornim prozorom (crvene crte). Prema Heraku i sur. (2016a).

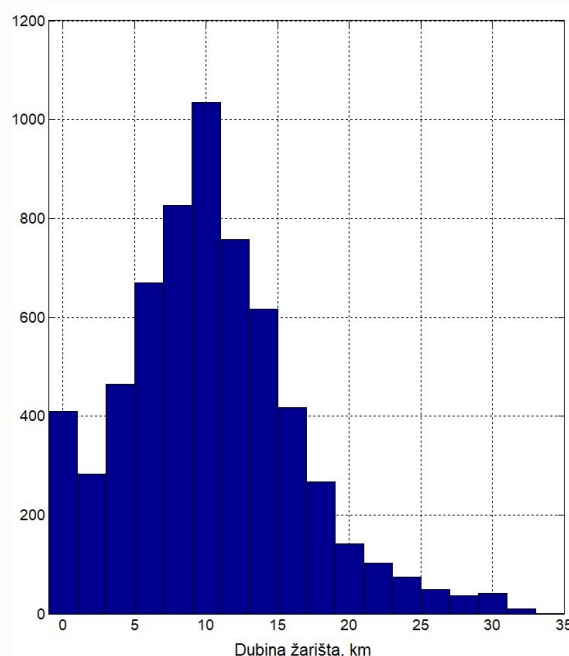


TEMA

pomakom i pružanjem SSZ – JJI. Bez obzira na ovu lokalnu razdiobu tektonske napetosti dijelom po reversnim, a dijelom po desnim rasjedima, pružanje P-osi je kod jednih i drugih prilično ujednačeno s pružanjem SI – JZ. Najjači potresi u ovom epicentralnom području zabilježeni su kod Dubrovnika ($I_0 = IX - X$ °MCS, 1667. godine; npr. Albin, 2015; Herak i sur., 2017a; Markušić i sur., 2017), Makarske ($M = 6,1$, 1962. godine; Herak i Herak, 2012) i Stona ($M = 6,0$, 1996. godine, Markušić i sur., 1998; Herak i sur., 2001; Govorčin i sur., 2020), a također i dosad najjači, instrumentalno zabilježeni potresi u crnogorskom primorju ($M = 7,1$ i $6,2$, 1979. godine) koji pripadaju istom regionalnom, seizmotektonskom pojasu koji se iz Dalmacije nastavlja prema JI u Crnu Goru i Albaniju.

Za razliku od područja Dalmacije, gdje su potresi raspoređeni u širokom pojasu idući od otoka preko priobalja i zaleđa u područje Bosne i Hercegovine, u epicentralnom području Hrvatskog primorja potresi su koncentrirani u relativno uskom, priobalnom pojasu koji se pruža od Senja do Ilirske Bistrice u Sloveniji u duljini oko 100 km. U ovom epicentralnom području, gdje je konvergencija Jadranske mikroploče prema Euroaziji s proračunatim vrijednostima između 3 i 3,5 mm/god. (slika 2), režim tektonske napetosti pretežito je transpresijski, s P-osi pružanja S – J i SI – JZ. Ta se napetost većinom oslobađa po seizmogenim rasjedima s desnim pomakom po pružanju SZ – JI, lokalno i u kombinaciji s reversnim rasjedima dinaridskog, ali i poprečnog pružanja SI – JZ (slika 7). Sličan režim tektonske napetosti, također i uz dominantne seizmogene rasjede s desnim pomakom po pružanju SZ – JI, nalazimo i sjevernije u području zapadne Slovenije u zoni dodira JI Alpa i SZ Dinarida. Najjači potresi u epicentralnom području Hrvatskog primorja i Kvarnera zabilježeni su kod Bakra ($I_0 = VII - VIII$ °MSK, 1750. godine, Herak i sur., 2017b), kod Rijeke i na Krku $I_0 = VII$ °MSK, 1838. godine, Herak i sur., 2017b), kod Klane ($I_0 = VIII$ °MSK, 1870. godine, Herak i sur., 2018), i kod Vinodola ($I_0 = VIII$ °MCS, 1916. godine).

U kontinentalnom SZ dijelu Hrvatske, koji obuhvaća dodirno područje sjeverozapadnih Dinarida, istočnih Alpa i jugozapadnog dijela Panonskog bazena, seizmičnost je uglavnom umjerena te popraćena rijetkim pojavama snažnih potresa. Ipak, kao što je i proljetos potvrđeno potresom u Zagrebu i umjereno jaki potresi imaju ovdje značajan utjecaj na potresnu opasnost i potresnu ugroženost. Epicentri potresa u ovom području uglavnom su koncentrirani u središtima i u rubnim dijelovima otočnih gora poput Žumberka, Medvednice, Ivanščice, Kalnika i Bilogore. Režim tektonske napetosti ovdje je pretežito kompresijski s pružanjem P-osi S – J, uz dominantno aktivne seizmogene rasjede s reversnim pomakom i pružanjem I – Z, odnosno SI – JZ, koji su nastali krajem miocena u završnoj fazi alpske orogeneze i tektonske inverzije u JZ dijelu Panonskog bazena. Uz ove reversne rasjede, žarišni mehanizmi ukazuju i na seizmogenu aktivnost



Slika 8. Histogram dubina žarišta glavnih potresa u području koje pokriva slika 5 (ordinata grafa prikazuje broj potresa). U obzir su uzeti potresi koji su se dogodili nakon 1980. godine, te su locirani s najmanje deset očitanih nastupnih vremena faza potresnih valova, a standardna pogreška dubine hipocentra im je manja od ± 4 km.

rasjeda s lijevim ili desnim pomakom po pružanju SI – JZ, odnosno SZ – JI. Taj tip rasjeda često je zabilježen na Žumberku, u Hrvatskom zagorju i na području Bilogore. O potresima u SZ Hrvatskoj pisali su Herak i sur. (2009), a Međimurski potres ($I_0 = VIII$ °MSK, 1738. godine) obradili su Herak i sur. (2020). Osvrt na znameniti Pokupski potres 1909. godine su o njegovoj stogodišnjici objavili Herak i Herak (2010), a o velikom zagrebačkom potresu 1880. godine bit će više riječi kasnije u nastavku ovog osvrta.

Najmanje seizmički aktivna područja u Hrvatskoj su u istočnom dijelu Panonskog bazena, odnosno u istočnoj Slavoniji, također to vrijedi i za područje Like i Velebita, a naročito za područje Istre zapadno od Učke i Ćićarije. Naime, jači tektonski potresi u tom dijelu Istre nisu dosad zabilježeni, no ipak se i tamo lokalno mogla osjetiti trešnja izazvana potresima iz okolnih seizmički aktivnih područja Kvarnera, Slovenije i južnih Alpa u Italiji, ali i zbog gorskih udara, tj. potresa prouzročenih podzemnim rudarenjem na ugljen na području Labinštine (taj tip kratkotrajnih potresa tamo su zvali „škopijo“, odnosno „škopiji“).

Žarišta potresa u Hrvatskoj su plitka, gotova sva ograničena po dubini na gornji krti dio Zemljine kore. Njihova srednja dubina je između 10 i 12 km (ovisno o području), a histogram dubina žarišta na području koje pokriva slika 5 prikazuje slika 8.

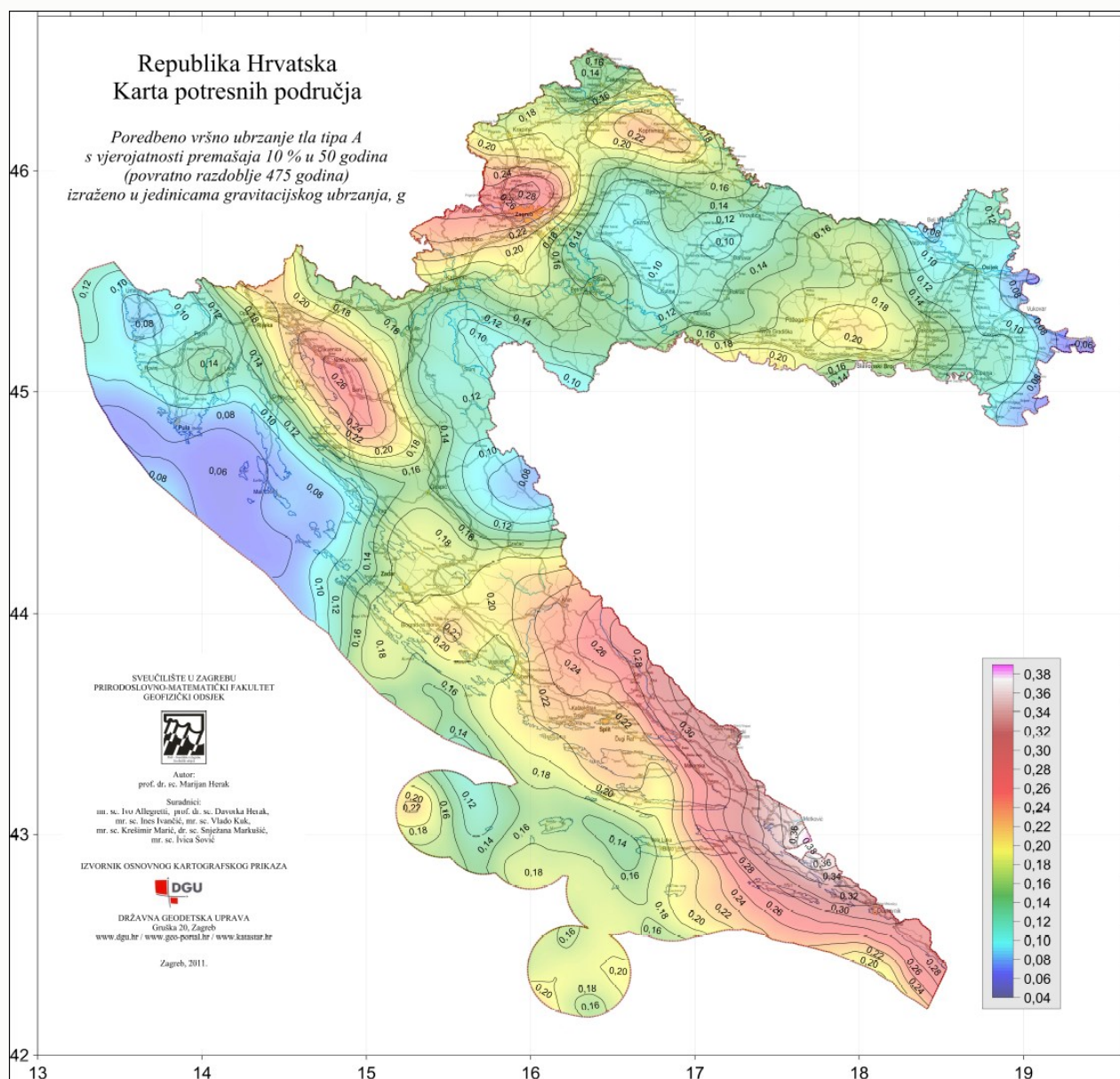
5. Kako seizmološki podaci pomažu smanjiti ugroženost od potresa?

Dobro poznavanje seizmičnosti Hrvatske i okolnih područja nužan je preduvjet za korektnu procjenu potresne opasnosti, odnosno procjenu seizmičkoga hazarda. Osim potpunog i homogenog kataloga potresa, za koji je poželjno da seže što je moguće dalje u prošlost, valja raspolagati i podacima o položaju i tipu aktivnih, potencijalno seizmogenih rasjeda, njihovoj povijesnoj i recentnoj aktivnosti, te o građi kore i geomehaničkim svojstvima površinskih slojeva tala.

Potresna se opasnost uobičajeno izražava preko iznosa nekog parametra gibanja tla tijekom potresa koji će se s unaprijed odabranom vjerojatnosti premašiti tijekom referentnog razdoblja. Uobičajeno je za referentno razdoblje uzeti $t_{ref} = 50$ godina, a za vjerojatnost $p = 10$ %. Kao parametar trešnje tla danas se standardno rabi maksimalno horizontalno ubrzanje tla (a_g) tijekom potresa, pa potresnu opasnost nekog mjesta možemo izraziti iznosom a_g koji će s 10 %-tnom vjerojatnosti biti premašen tijekom 50 godina. Maksimalno horizontalno ubrzanje tla (a_g) uobičajeno se izražava u jedinicama ubrzanja Zemljine teže, g ($1 g = 9,81 \text{ m/s}^2$). Ponekad se umjesto iskazivanja seizmičkoga hazarda preko t_{ref} i p rabi povratno razdoblje T_{pov} , definirano kao prosječni interval između dva premašivanja a_g . Može se pokazati da će se u prosjeku a_g ($t_{ref} = 50$ god., $p = 10$ %) premašivati jednom u $T_{pov} = 475$ godina, pa je hazard često izražen u odnosu na povratno razdoblje. Pri tome valja imati na umu da ovdje nema nikakve implicirane periodičnosti, pa stoga $T_{pov} = 475$ godina samo znači da će se u vrlo dugačkom razdoblju a_g premašiti u prosjeku jednom u 475 godina, ali pojedini intervali između premašivanja mogu biti i mnogo dulji i mnogo kraći.

Slika 9 prikazuje kartu potresne opasnosti za područje Hrvatske (Herak i sur., 2011) koja je dio Nacionalnog dodatka Eurokodu-8, europskoj zbirci normi za protupotresnu gradnju. Prikazane proračunate vrijednosti parametra a_g vrijede na razini osnovne stijene (odnosno za sredstvo u kojem je prosječna brzina S-vala u gornjih 30 m tla $V_{s,30} \geq 800 \text{ m/s}$), pa zato ne uključuje utjecaj površinskih slojeva tala na amplifikaciju potresne trešnje koju valja procijeniti ili postupkom mikrozoniranja, ili posebnim studijama prije projektiranja važnih objekata. Karta jasno pokazuje područja gdje je u Hrvatskoj opasnost od potresa najveća: u Dalmaciji, osobito južno od Splita, u širem području Medvednice, te u obalnom





Slika 9. Karta potresne opasnosti za područje Hrvatske (povratno razdoblje 475 godina) na razini osnovne stijene (Herak i sur., 2011; Hrvatski zavod za norme, 2011). Karta u punoj rezoluciji, zajedno s kartom za povratno razdoblje od 95 godina, dostupna je na <http://seizkarta.gfz.hr>.

pojasu Hrvatskog primorja i Kvarnera sjeverno od Senja, za razliku od područja s najmanjom potresnom opasnosti u dijelu zapadne i istočne Slavonije, Korduna i Like te u zapadnom dijelu Istre.

Takve su karte osnova za prostorno planiranje, te za korektnu primjenu odgovarajućih protupotresnih normi pri projektiranju i gradnji.

Za razliku od potresne opasnosti (hazarda) koja ovisi samo o prirodnim faktorima, potresna ugroženost (seizmički rizik) ovisi i o izloženosti potresu, pa je rizik najveći tamo gdje uz veliku potresnu opasnost postoji i najveća koncentracija stanovnika, industrije te drugih važnih resursa. U Hrvatskoj je stoga rizik najveći u Zagrebu gdje živi petina stanovništva, pa bi jaki potres ovdje mogao prouzročiti i najveće ljudske i materijalne gubitke. Na to nas je bolno podsjetio umjereno jak potres od 22. ožujka ove godine.

6. Zagrebačko potresno područje

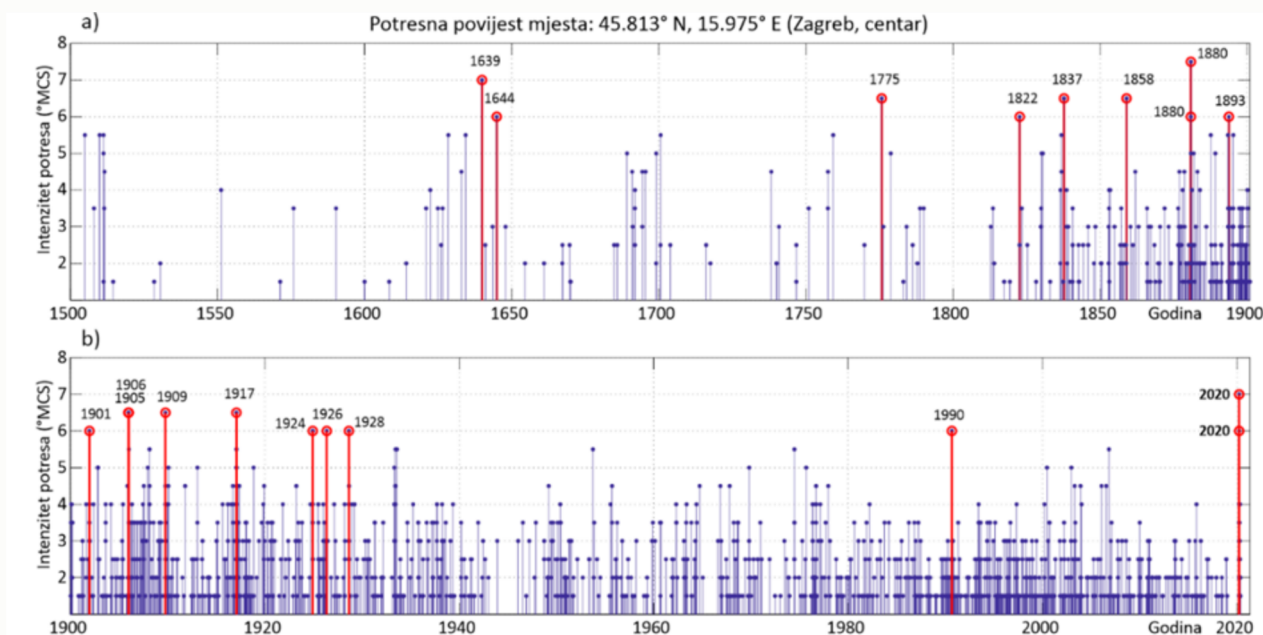
Jedan od najznačajnijih povijesnih potresa u kontinentalnom dijelu Hrvatske svakako je Veliki zagrebački potres koji se dogodio 9. studenog 1880. godine u 6:34 (UTC, engl. *Coordinated Universal Time*), s epicentrom kod Planine Gornje. Najveći intenzitet procijenjen je na VIII °MCS, a magnituda $M = 6,2$ je procijenjena iz intenziteta u epicentru. U to vrijeme u Zagrebu je živjelo oko 30 000 stanovnika: dvoje ih je stradalo, a 1400 zgrada, od njih 2500, zadobilo je oštećenja ili su bile srušene (slika 10). Potres je potaknuo seriju naknadnih slabijih potresa koja je bila posebno izražena sljedećih šest mjeseci. Za zagrebačko područje još su važni i potresi od 17. prosinca 1905. godine i 2. siječnja 1906. godine koji su bili slabiji od onoga iz 1880. godine, no načinili su na nekim mjestima ozbiljnu materijalnu štetu. Iako su ovi potresi vrlo dobro dokumentirani (posebno je važno izvješće koje je nakon potresa sastavio Josip Torbar 1882. godine), svakako bi bilo dobro i detaljnije ih istražiti iz današnje perspektive kako bismo pouzdanije procijenili položaj njihovog žarišta te intenzitet i magnitudu. Posljednji snažni potres magnitude 5,0 dogodio se u Medvedničkom epicentralnom području 1990. godine s epicentrom kod Kraljevog vrha (Markušić i sur., 1993).



Slika 10. Štete na zgradama nakon Velikog zagrebačkog potresa 1880. godine. Marofska ulica u Zagrebu (lijevo) i crkva sv. Katarine u Zagrebu (desno). Iz arhive Geofizičkog odsjeka PMF-a, Zagreb.

Da su jaki potresi u Zagrebu relativno česti, svjedoči i prikaz potresne povijesti Zagreba koja je prikazana slikom 11. Na njoj su stupićima prikazani izračunati intenziteti u centru Zagreba za sve potrese iz Hrvatskog kataloga potresa uz pretpostavku da se tlo na toj lokaciji smije smatrati tzv. srednjim ili prosječnim tlom. Može se uočiti da se npr. u posljednjih 200 godina dogodilo 16 potresa koji su mogli uzrokovati štetu, tj. potresi čiji je izračunati intenzitet u Zagrebu bio VI °MCS ili viši. Najvažniji među njima





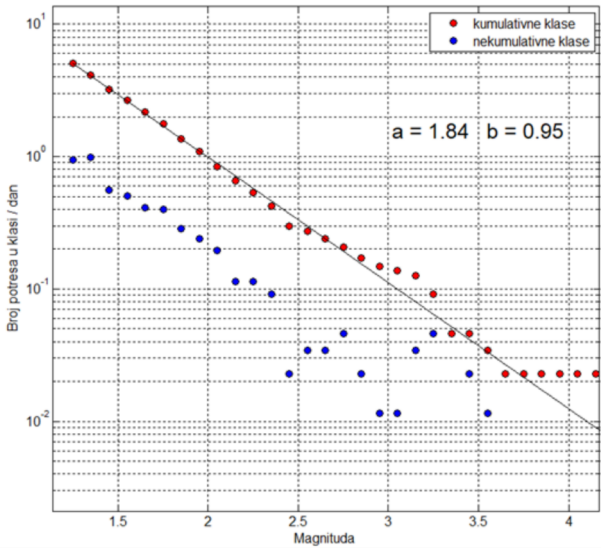
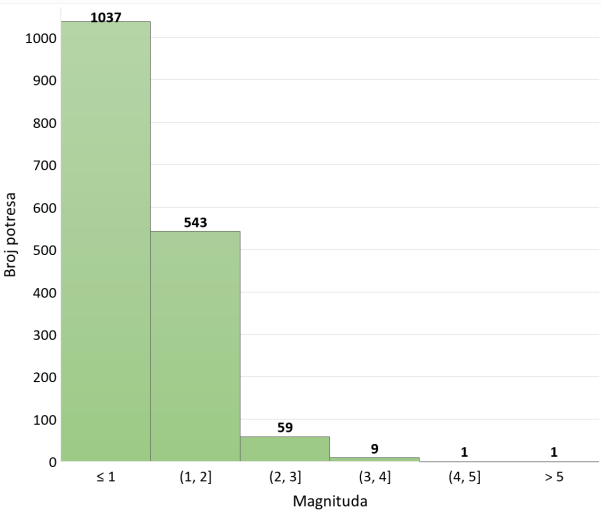
Slika 11. Potresna povijest Zagreba (centar) prikazana procijenjenim intenzitetima potresa iz prošlosti. a) Razdoblje 1500. – 1899.; b) Razdoblje 1900. – 2020. godine. Svaki stupić odnosi se na jedan potres iz Hrvatskog kataloga potresa čiji je izračunati intenzitet u centru Zagreba premašio 1,0 °MCS. Potresi čiji intenzitet na srednjem tlu u centru Zagreba doseže ili premašuje 6,0 °MCS označeni su crveno. Intenziteti su zaokruženi na pola stupnja. Pretpostavljeno je izotropno makroseizmičko polje, i tzv. srednje tlo (bez prirasta intenziteta).

bili su potresi 1837. godine (Medvednica), 1858. i 1905. godine (Prekvršje), 1880. godine (Planina Gornja), 1906. godine (Planina – Kašina), 1909. godine (Pokuplje – Vukomeričke gorice), 1917. godine (Brežice), te 2020. godine (Markuševac). Kako je zagrebačko epicentralno područje vrlo blizu samom gradu, da smo umjesto centra račun proveli za npr. Čučerje, Dugave ili Vrapče, rezultat bi za neke potrese bio i znatno različit. Također valja imati na umu da bi za lokacije na čvrstoj stijeni, odnosno na tlu s dvadesetak metara aluvijalnog materijala na vrhu rezultat bio pola ili cijeli stupanj intenziteta manji, odnosno veći.

Zagrebačka serija potresa nakon glavnog potresa od 22. ožujka 2020.

Dana 22. ožujka 2020. godine u 5:24 (UTC, engl. *Coordinated Universal Time*), odnosno 6:24 po lokalnom vremenu, dogodio se potres s epicentrom na području Markuševca i Čučerja, 7 km sjeverno od centra grada Zagreba. Radi se o plitkom potresu dubine žarišta oko 10 km i umjerene jakosti s lokalnom magnitudom procijenjenom na 5,5 (momentnom magnitudom 5,4), no intenzitet u epicentru ocijenjen je s VII °EMS što ga klasificira kao oštećujući jer je prouzročio značajnu materijanu štetu zbog čega je nažalost stradala i jedna petnaestogodišnja djevojka. Osim diljem Hrvatske, potres se osjetio i u široj okolici (čak i do 1000 km udaljenosti od epicentra!), ponajviše u Sloveniji i u Bosni i Hercegovini.

Nakon glavnog potresa, uslijedio je niz slabijih naknadnih potresa od kojih se najjači magnitude 4,9 dogodio manje od 40 minuta nakon glavnog potresa, u 6:01 (UTC). Do 1. lipnja 2020. godine ukupno je locirano 1650 potresa, od kojih je njih 613 magnitude veće od 1. Raspodjela potresa prema magnitudama od 22. ožujka do 1. lipnja 2020. godine prikazana je na slici 12, a u tablici 2 navedeno je deset najjačih



Slika 12: Gore: Raspodjela naknadnih potresa zagrebačke serije po magnitudama u razdoblju između 22. ožujka i 1. lipnja 2020. godine. Dolje: Razdioba magnituda potresa (za magnitude $M \geq 1,2$) u logaritamskom mjerilu sa širinom klase magnitude $\Delta M = 0,1$. Crveni kružići prikazuju kumulativne čestine (broj potresa/dan s magnitudom $\geq M$), a plavi obične, nekumulativne čestine (broj potresa/dan s magnitudom između $M + \Delta M/2$ i $M - \Delta M/2$). Crna linija je prilagodba Gutenberg-Richterove relacije $\log(N) = a - bM$ (prema preliminarnim podacima D. Herak, 2020, osobno priopćenje).

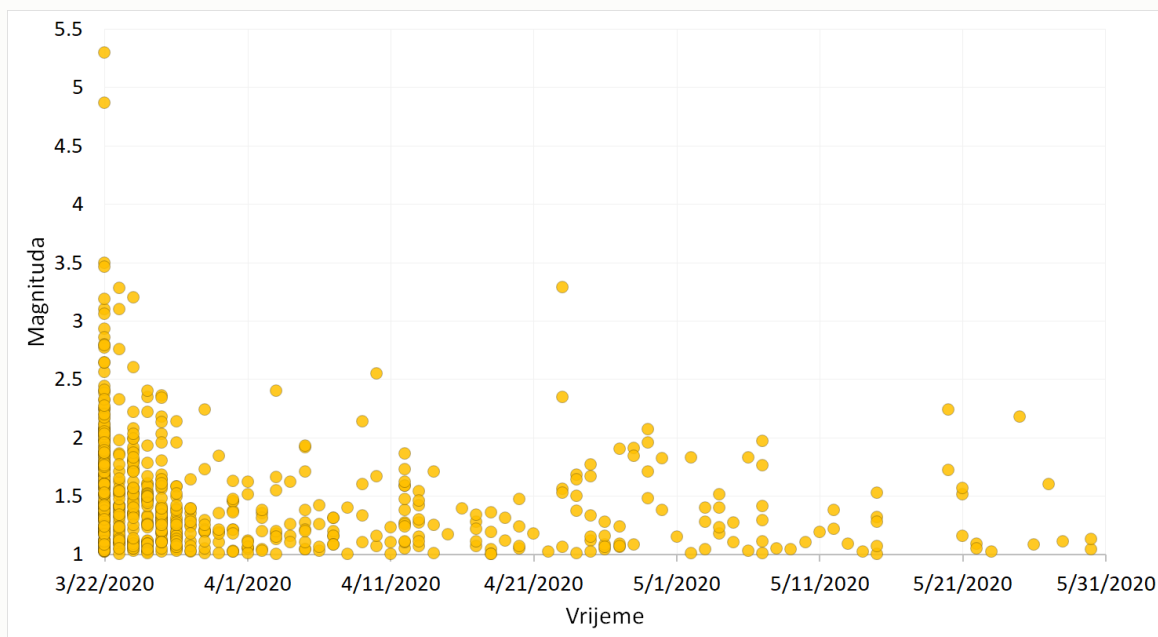
Tablica 2. Deset najjačih naknadnih potresa zagrebačke serije potresa do 1. lipnja 2020. (prema preliminarnim podacima Herak i sur., 2020, osobno priopćenje).

Datum i vrijeme (UTC)	Magnituda
22. ožujka 2020., 6:01	4,9
22. ožujka 2020., 5:29	3,5
22. ožujka 2020., 6:41	3,5
23. ožujka 2020., 10:12	3,3
23. travnja 2020., 7:52	3,3
22. ožujka 2020., 8:04	3,2
24. ožujka 2020., 19:53	3,2
22. ožujka 2020., 5:26	3,1
22. ožujka 2020., 9:11	3,1
23. ožujka 2020., 2:00	3,1

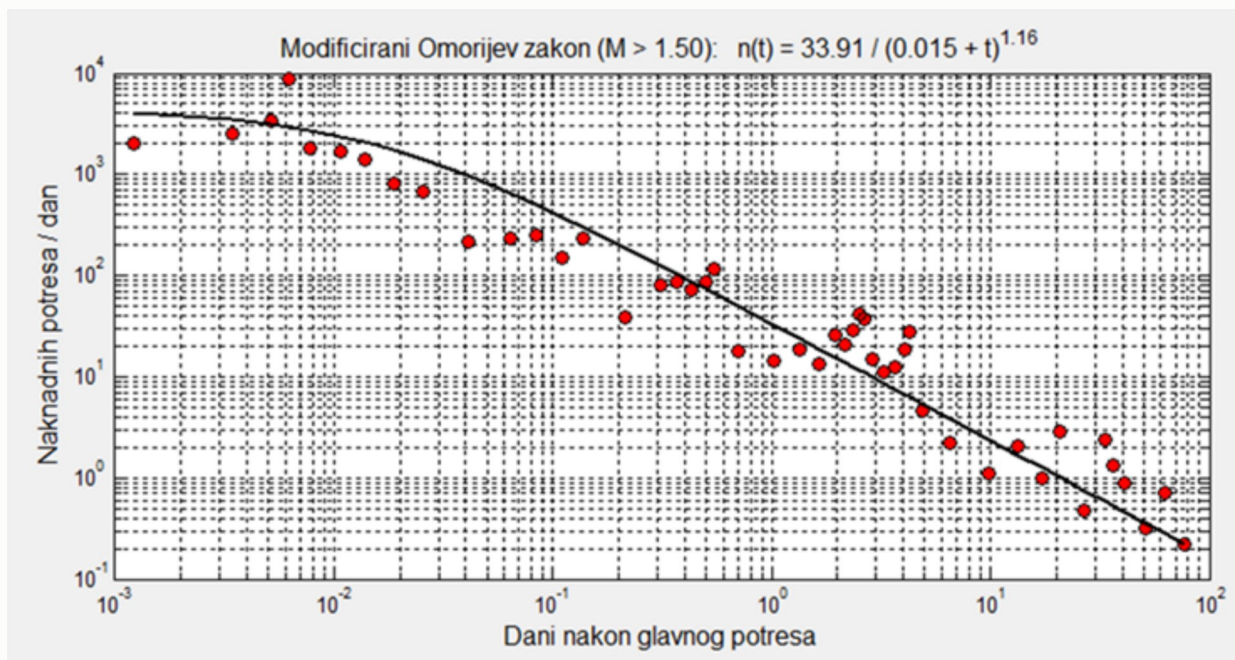
naknadnih potresa ove potresne serije. Samo u prvih tjedan dana locirana su 404 naknadna potresa, što je skoro 1/3 od ukupnog broja lociranih potresa $M > 1,0$ koji su se dogodili za prva dva i pol mjeseca od početka serije! U donjem dijelu slike 12 prikazana je i Gutenberg-Richterova relacija koja govori o tome kako s magnitudom potresa opada njihov broj. Iznos koeficijenta $b = 0,95 \approx 1,00$ znači da se za svaku jedinicu povećanja magnitude broj potresa smanjuje približno deset puta.

Učestalost pojavljivanja naknadnih potresa sve je manja kako vrijeme protječe što ukazuje na mogućnost da se aktivirana, seizmogeno rasjedna zona polako stabilizira (slika 13). Ipak, kako je nepoznato koliko je nakon potresa preostalo nakupljene energije elastičke deformacije na rasjednom sustavu, nije moguće precizno reći koliko će još trajati taj niz naknadnih potresa.





Slika 13. Raspodjela potresa zagrebačke serije $M > 1,0$ u vremenu tijekom prva dva i pol mjeseca (prema preliminarnim podacima Herak i sur., 2020, osobno priopćenje).

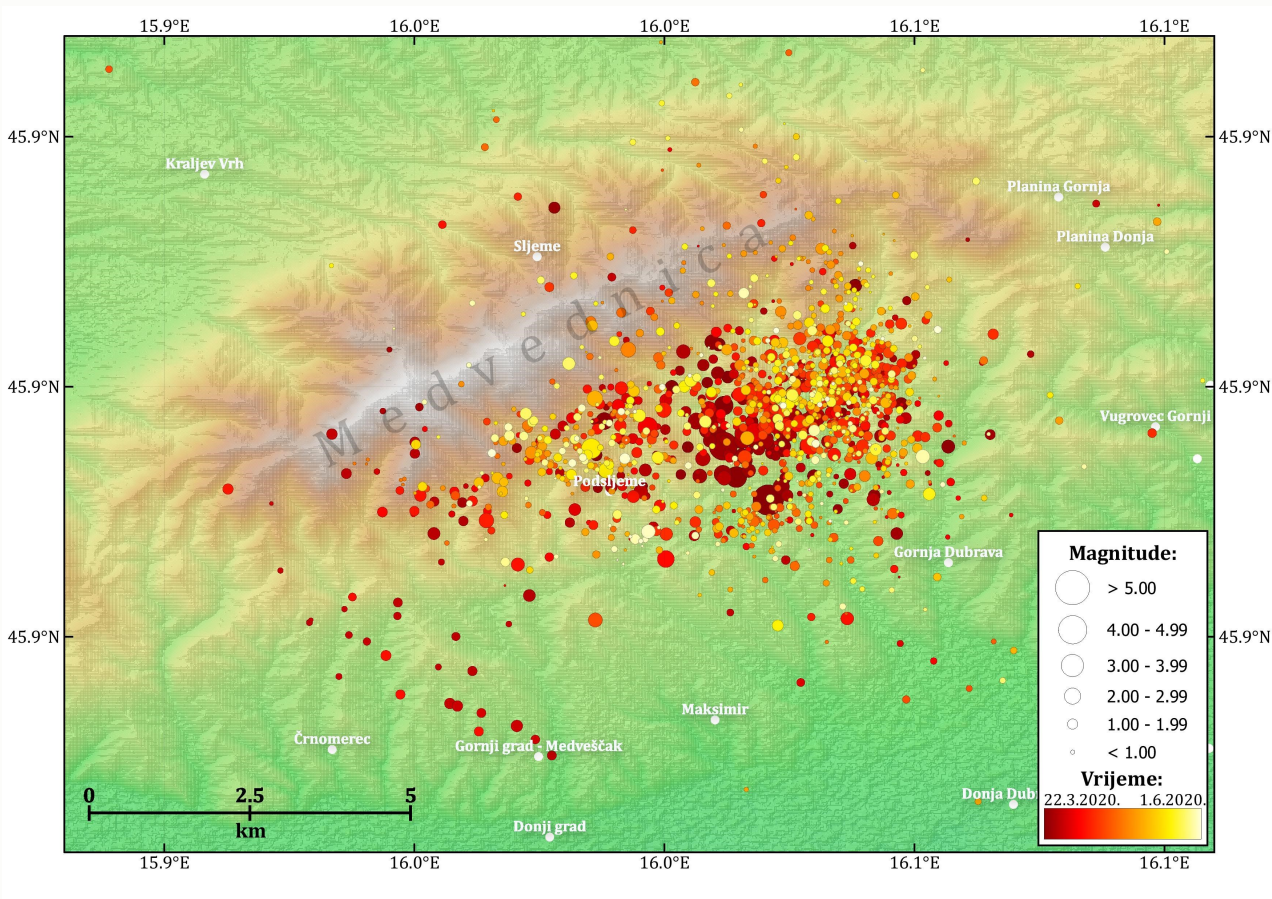


Slika 14. Prosječan broj potresa ($M > 1,5$) normiran na jedan dan, u odnosu na vrijeme koje je proteklo od glavnog potresa 22. ožujka 2020. (crveni kružići). Crna krivulja je opažanjima prilagođen modificirani Omorijev zakon (numerički iskazan iznad grafa, t – vrijeme nakon glavnog potresa u danima) (preliminarni podaci prema D. Herak, 2020, osobno priopćenje).

Približan odgovor na to pitanje može dati prilagodba tzv. modificiranog Omorijevog zakona o opaženom broju potresa u vremenu. Slika 14 prikazuje prosječan broj potresa s magnitudom većom od 1,5 u jednom danu u odnosu na vrijeme koje je proteklo od glavnog potresa 22. ožujka 2020. godine (D. Herak, 2020, osobno priopćenje). Analizom kataloga potresa za isto područje za razdoblje 2009. – 2018. godine, može se zaključiti da se u tom razdoblju prosječno takvih potresa ovdje događalo 0,014/dan (oko pet potresa s magnitudom većom od 1,5 godišnje). Crnom krivuljom prikazan je modificirani Omorijev zakon prilagođen opažanjima do 10. srpnja 2020., kojim je moguće procijeniti da će se razina seizmičnosti prije potresa dosegnuti za nešto više od dvije godine. Kako ovaj niz potresa još uvijek traje, a prije konačnih zaključaka valja provesti i analizu potpunosti i homogenosti kataloga, ovo valja uzeti *cum grano salis*.

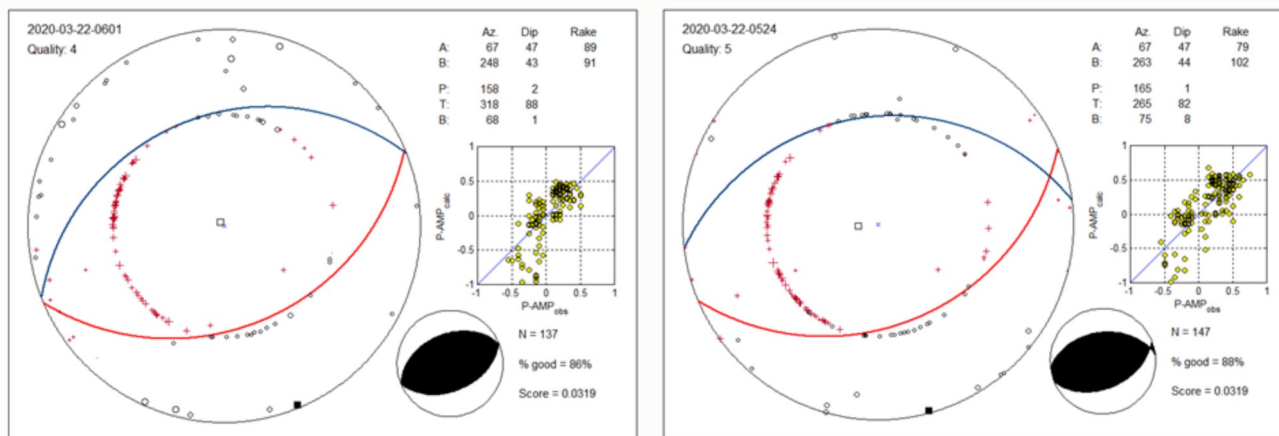
Žarišno područje

Na slici 15 prikazani su epicentri glavnog i naknadnih potresa zagrebačke serije u razdoblju između 22. ožujka i 1. lipnja 2020. godine. Žarišta potresa nalaze se većinom na dubinama 4 – 12 km. Najveći broj epicentara potresa smješten je u sjeveroistočnom dijelu grada Zagreba, posebice na području Markuševca i Čučerja.

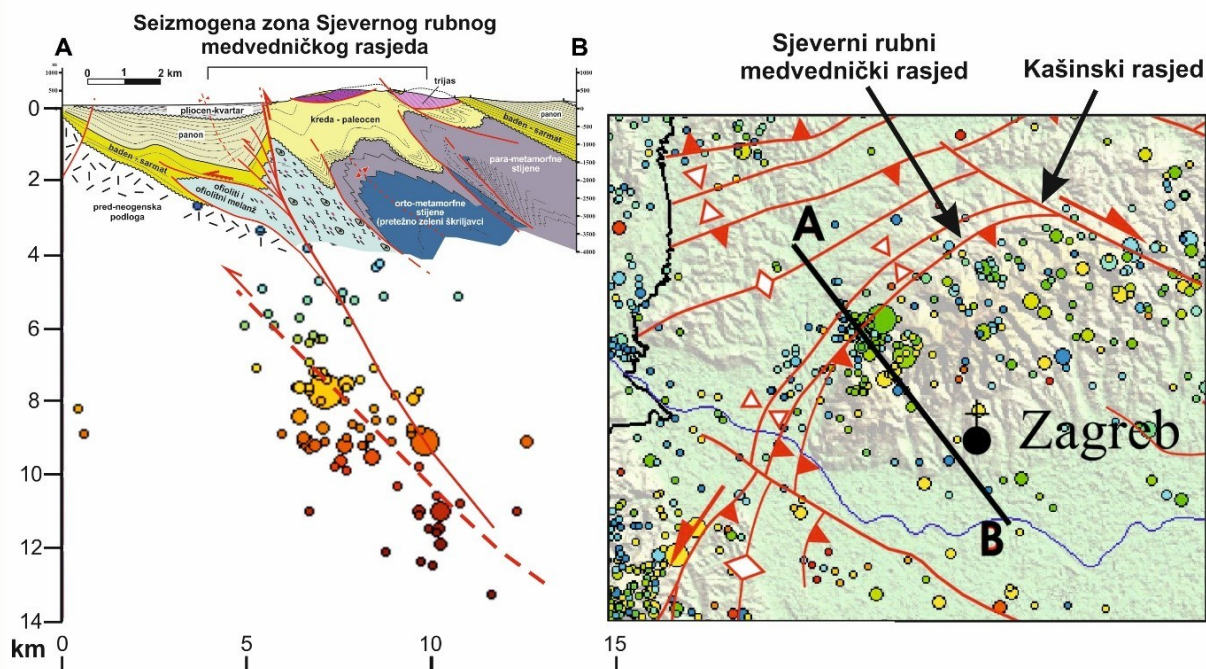


Slika 15. Epicentri glavnog i naknadnih potresa zagrebačke serije u razdoblju između 22. ožujka i 1. lipnja 2020. godine (prema preliminarnim podacima Herak i sur., 2020, osobno priopćenje).





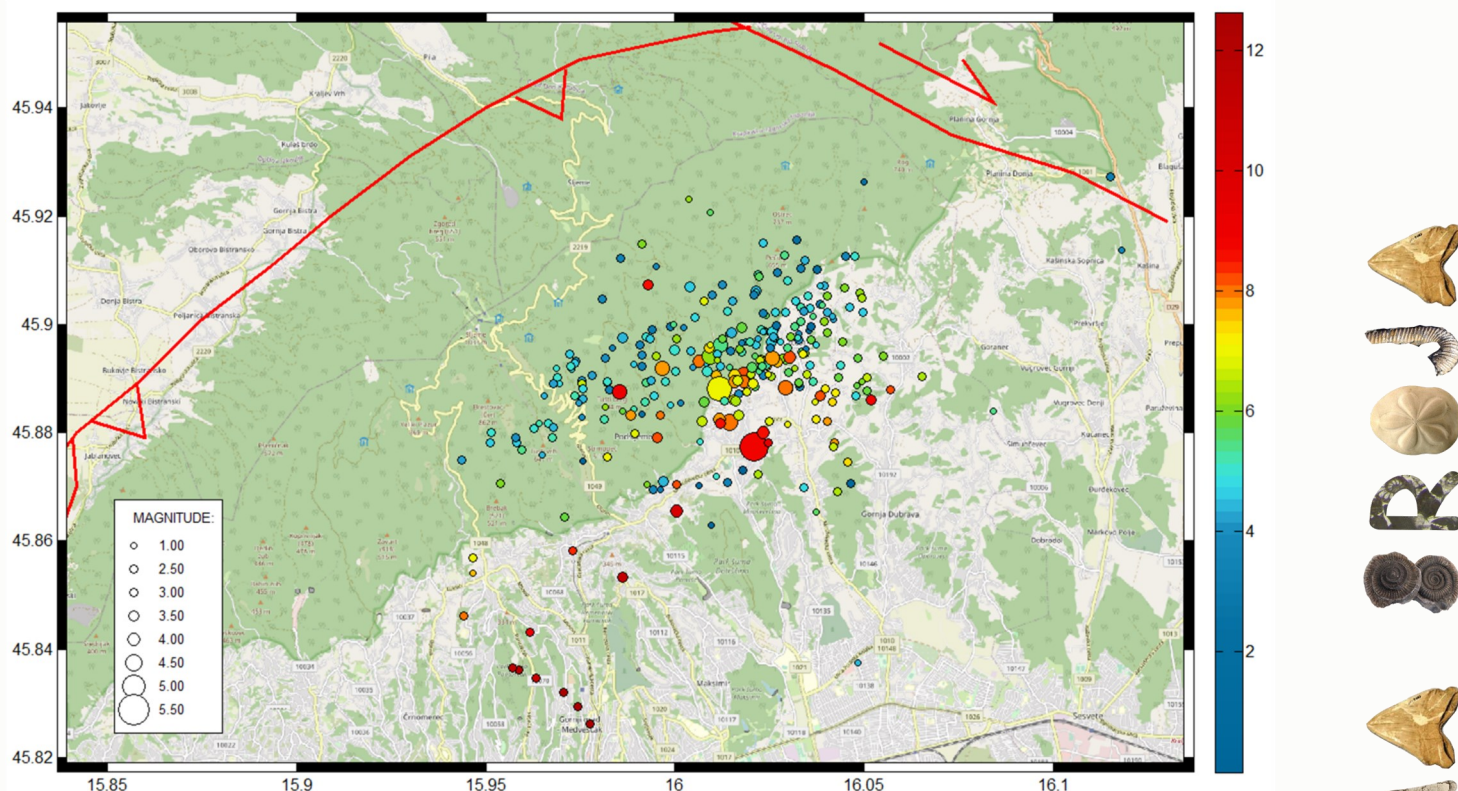
Slika 16. Žarišni mehanizmi potresa od 22. ožujka 2020. u 5:24 (UTC) (glavni potres, lijevo) i najjačeg naknadnog potresa u 6:01 UTC (desno) na kojima su plavim i crvenim tragovima prikazane orijentacije dviju ravnina, od kojih je jedna seizmogeni izvor potresa. Prvi kompresijski nailasci P-vala (pomak tla prema gore) označeni su crvenim križićima, a prvi dilatacijski nailasci (pomak tla prema dolje) praznim kružićima. Os najvećeg tektonskog tlaka (P-os, crni kvadratić) je za oba potresa horizontalna s pružanjem SSZ – JI, dok je os najmanjeg tlaka (T-os, bijeli kvadratić) vertikalna (M. Herak, osobno priopćenje).



Slika 17. Lijevo: Seizmotektonski profil kroz Medvednicu i seizmogenu zonu Sjevernog rubnog medvedničkog rasjeda na kojem su projicirana žarišta potresa zabilježenih u periodu 1970. – 2016. godine, u zoni oko ravnine profila širine 10 km. Desno: Tragovi dva glavna seizmogenih rasjeda na području Medvednice pretpostavljenih na temelju geoloških i geofizičkih istraživanja. Autori: Herak i sur. (2016b).

Na temelju parametara koji opisuju žarišni mehanizam glavnog i najvećeg naknadnog potresa (slika 16) i sličnih žarišnih mehanizama koje su objavile seizmološke agencije i instituti u Europi i SAD-u, razvidno je da su ti potresi bili uzrokovani oslobađanjem kompresijske tektonske napetosti u stijenama u jezgri Medvednice, koje su nastale pod dominantnim tektonskim tlakom usmjerenim SSZ – JJI i uz pomak po reversnom rasjedu pružanja ISI – ZJZ.

Usporedbom prikazanih žarišnih mehanizama potresa i podataka o geološkoj građi Medvednice, moguće je preliminarno pretpostaviti da je seizmogeni, potresni izvor za glavni i najveći naknadni potres, a moguće i za većinu naknadnih potresa, reversni rasjed, odnosno reversni rasjedi koji pripadaju seizmogenoj zoni Sjevernog rubnog medvedničkog rasjeda (SRMR) (slika 17). Tome u prilog govore i preliminarno procijenjene dubine žarišta potresa iz te serije (slika 18) koja su u prosjeku to dublja što su epicentri dalje od traga SRMR. Površinski prepoznatljiv rasjed ove seizmogene zone, koji se pruža duž sjevernog ruba Medvednice, zabilježen je geološkim kartiranjem i interpretacijom refleksijskih seizmičkih profila, s nagibom od površine prema JJI pod središnji dio Medvednice (Tomljenović i Csontos, 2001;



Slika 18. Epicentri glavnog i naknadnih potresa 22. ožujka – 1. lipnja 2020. godine. Prikazani su samo potresi locirani s najmanje 12 podataka o nastupnim vremenima valova potresa, sa standardnom pogreškom epicentra manjom od 2 km te s maksimalnim kontinuiranim nepokrivenim intervalom azimuta u odnosu na epicentar (engl. azimuthal gap) < 125°. Boja simbola odgovara dubini žarišta prema skali na desnom rubu slike (prema preliminarnim podacima Herak i sur., 2020, osobno priopćenje). Crvenim linijama prikazani su i presjeci s površinom reversnog sjevernog rubnog medvedničkog rasjeda (pružanja JZ – SI), te Kašinskog rasjeda (pružanja SZ – JJI) (prema Herak i sur., 2016b).

Tomljenović i sur., 2008; Matoš i sur., 2014). Analizom satelitskih podataka DInSAR postupkom ustanovljeno je da je na području koje pokrivaju epicentri potresa na slici 18 došlo do uzdizanja tla (krovine rasjeda) s maksimalnim površinskim pomakom od oko 3 cm (npr. Markušić i sur., 2020).

Seizmogena zona Sjevernog rubnog medvedničkog rasjeda najvjerojatnije je bila i uzročnik brojnih slabijih i jačih potresa u periodu od Velikog zagrebačkog potresa 1880. godine pa do potresa 22. ožujka 2020. godine. S obzirom na duljinu ove seizmogene zone po pružanju (oko 20 km) i dubinu do koje doseže pod površinom (oko 12 km), seizmogeni potencijal ove zone, odnosno maksimalno očekivane magnitude potresa koje može prouzročiti, procjenjuju se na oko 6,5.

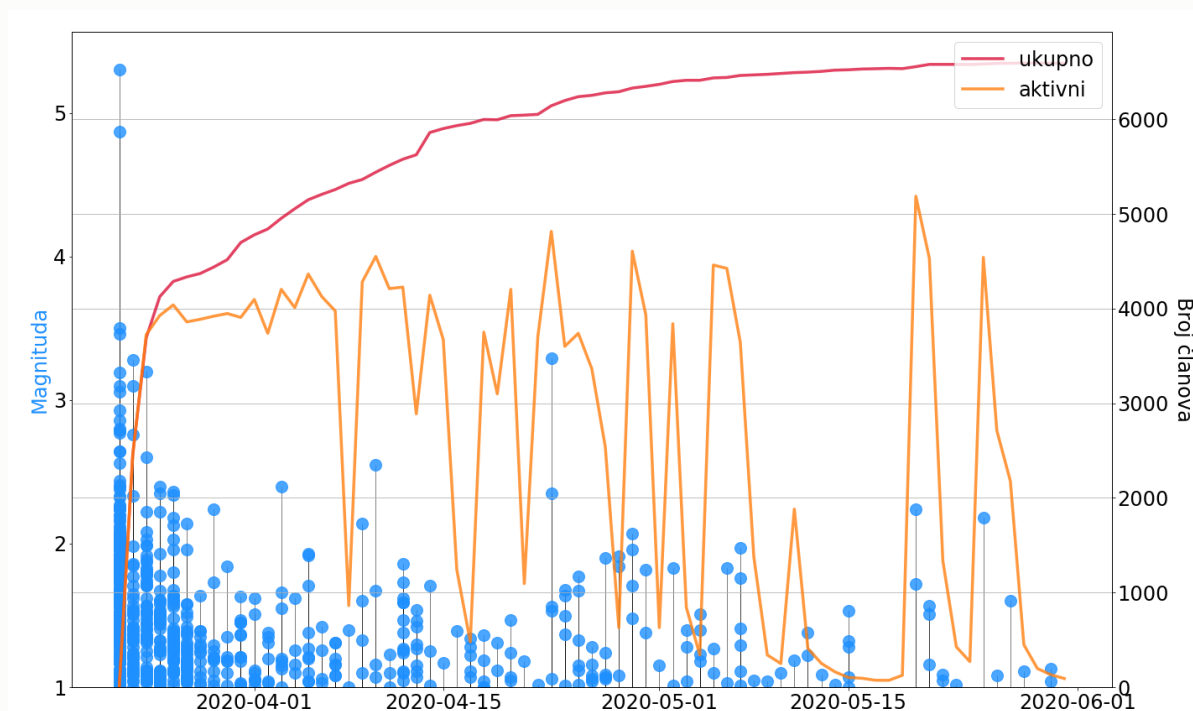
Učinci potresa i interakcija s javnošću

Potres je uzrokovao znatnu materijalnu štetu, ponajviše na povijesnim i kulturnim građevinama u centru Zagreba, ali i na bolnicama, školama, fakultetima te stambenim zgradama. Stradale su i mnoge obiteljske kuće u epicentralnom području, u mjestima Podsljeme, Markuševac, Čučerje, Medvedski Breg, Vugrovec, Trnava, Kašina, Vidovec i Popovec (Bogdan, 2020). Povrh toga, potres se dogodio tijekom epidemije koronavirusa, četiri tjedna nakon početka širenja te infektivne bolesti u Hrvatskoj. U to vrijeme u Hrvatskoj je 206 osoba bilo zaraženo virusom COVID-19, zatvorene su škole i fakulteti te je velik dio građana radio od kuće (Čiviljak i sur., 2020). Sretna je okolnost da se potres dogodio u nedjelju, rano ujutro, kada je i zbog izolacije građana uslijed sprječavanja širenja bolesti, na ulicama bilo vrlo malo ljudi. Ipak, u potresu je ozlijeđeno 27 osoba, a jedna petnaestogodišnja djevojčica preminula je od ozljeda dobivenih prilikom urušavanja zgrade u Đorđićevoj ulici.

Oštećene građevine pregledali su građevinski stručnjaci neformalno i *ad hoc* okupljeni u Hrvatski centar za potresno inženjerstvo. Brzi pregled zgrada započeo je već na dan potresa, s ciljem utvrđivanja stupnja oštećenosti zgrada radi zaštite života i imovine. Oštećenja su kategorizirana prema Europskoj makroseizmičkoj ljestvici (EMS) te je na svaku zgradu stavljena oznaka zelene, žute ili crvene boje s dodatnom oznakom, ovisno o stanju građevine. Zelene oznake podijeljene su na U1: *Uporabljivo bez ograničenja* i U2: *Uporabljivo s preporukom*, žute oznake su PN1: *Privremeno neuporabljivo – potreban detaljan pregled* i PN2: *Privremeno neuporabljivo – potrebne mjere hitne intervencije*, a crvene oznake postavljene su na neuporabljive zgrade te se dijele na N1: *Neuporabljivo – zbog vanjskog utjecaja* i N2: *Neuporabljivo – zbog oštećenja* (Šavor Novak i sur., 2020). Najveći problem predstavljali su urušeni zabatni zidovi i teški dimnjaci koji su morali biti hitno uklonjeni kako bi se spriječila dodatna oštećenja. Do 1. srpnja 2020. godine brzi pregled obavljen je za 25 560 zgrada (<https://www.hcpi.hr/>, 13. srpnja 2020.), od čega je 19 206 označeno kao uporabljivo (oznake U1 i U2), 5009 privremeno neuporabljivo (oznake PN1 i PN2), a 1345 zgrada je bilo neuporabljivo (oznake N1 i N2).

Prema Prijedlogu zakona o obnovi zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije i Zagrebačke županije, u pregledima zgrada do 15. lipnja ustanovljeno je da je u Krapinsko-zagorskoj županiji oštećeno 409 zgrada, od čega je 28 neuporabljivo, a 53 privremeno neuporabljivo. Najpogođeniji su bili općina Gornja Stubica i grad Donja Stubica. U Zagrebačkoj županiji 11 objekata je potpuno neuporabljivo, 29 privremeno neuporabljivo, a ukupno je oštećeno 510 zgrada. Prirodna nepogoda proglašena je za cijelu Zagrebačku županiju, a najprije za gradove Sveti Ivan Zelina, Sveta Nedjelja i Velika Gorica te općine Jakovlje, Luka, Klinča Sela, Orle, Križ i Stupnik. U ove dvije županije većinom se radi o oštećenim obiteljskim kućama te pokojom gospodarskom zgradom. Potres je utjecao i na zgradu Geofizičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Pretrpjela je





Slika 19. Raspodjela potresa zagrebačke serije s magnitudom $M > 1,0$ u vremenu tijekom prva dva i pol mjeseca (prema preliminarnim podacima Herak i sur., 2020, osobno priopćenje) te prikaz ukupnog broja (crvena krivulja) i broja aktivnih članova (narančasta krivulja) Facebook grupe „Zagrebački potres 2020 – vaše info za seizmologe“.

manje materijalne štete te je prekinut dovod električne energije, što je utjecalo na rad Seizmološke službe u prvim trenucima nakon potresa.

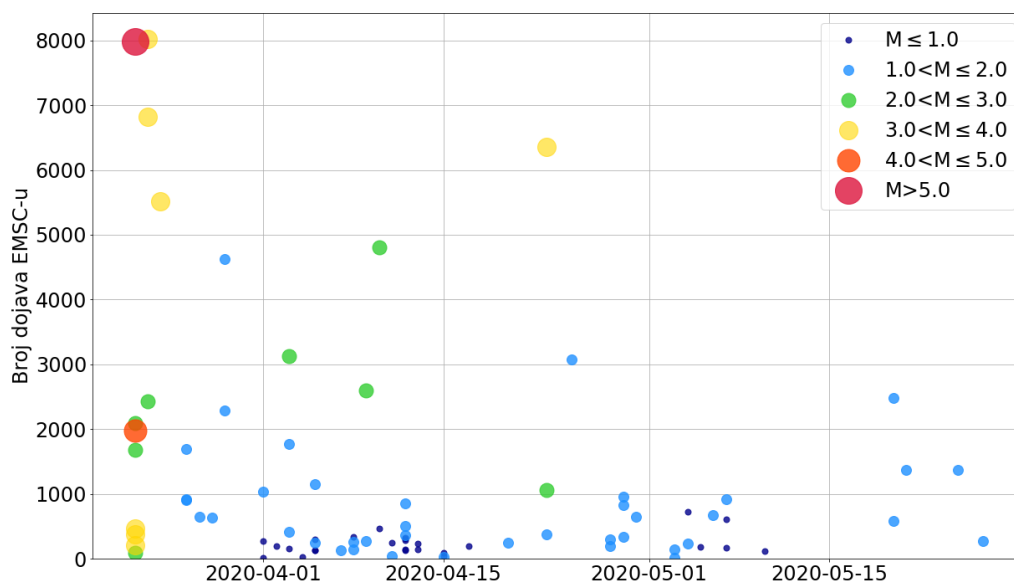
Seizmološka služba obavještava javnost o potresima izvješćima na internetskoj stranici i obavijestima na Twitter profilu *seismo_hr*. Dana 22. ožujka, zbog velikog broja potresa koji su se neprekidno analizirali, objavljena su grupna izvješća za veći broj potresa. Nakon toga izvještavalo se za pojedinačne potrese magnitude veće od 2,0 te su se do 27. ožujka dva puta dnevno objavljivali podaci o svim potresima magnitude veće ili jednake 1,3. Osnovne upute o ponašanju tijekom i nakon potresa dijeljene su putem Twitter profila i Facebook stranice Geofizičkog odsjeka „Geofizika uživo“.

Makroseizmički podaci prikupljali su se izravno na terenu i upitnicama o potresu na internetskoj stranici Seizmološke službe. Osim toga, 23. ožujka otvorena je Facebook grupa „Zagrebački potres 2020 – vaše info za seizmologe“ s ciljem prikupljanja fotografija i videa posljedica potresa. Ona je također služila za prenošenje objavljenih izvješća o potresima te edukaciju građana o potresima dijeljenjem informativnih materijala i medijskih nastupa seizmologa. U prva tri dana u grupu se učlanilo više od 4000 korisnika te je broj članova nastavio rasti do 1. lipnja (slika 19). Broj aktivnih članova grupe, tj. članova koji pregledavaju sadržaj i/ili komentiraju odražava interes građana za objavljeni sadržaj. U grupi je svakodnevno bilo oko 4000 aktivnih članova do 8. travnja. Nakon toga je primijećen povećani interes



članova na dane s potresima magnitude veće od 1,3, koje su ljudi osjetili i za koje su u grupu puštane objave. U grupi su dane obavijesti za 55 potresa.

Građani su se također informirali o potresima koristeći mobilnu aplikaciju Europsko-mediteranskog seizmološkog centra (EMSC), ostavljali makroseizmičke informacije o osjećenosti potresa te komentirali potrese. Najviše dojava da je potres osjećen, oko 8000, prikupljeno je za potres lokalne magnitude 3,1 koji se dogodio 23. ožujka u 19:49 UTC te za glavni potres (slika 20). Broj dojava uglavnom je veći za potrese veće magnitude, ali je veći broj dojava opažen i za potrese magnituda između 1,0 i 2,0 nakon 20. svibnja. Kako se ova serija potresa događa u gusto naseljenom području, osjećeni su i potresi magnitude manje od 1,0.



Slika 20. Ovisnost broja dojava osjećenih potresa Europsko-mediteranskom seizmološkom centru (EMSC, Francuska, <http://emsc-csem.org>) o vremenu i magnitudi potresa.

Umjesto zaključka...

Hrvatska se nalazi na seizmički aktivnom području, no vrlo jaki potresi su ovdje relativno rijetki. Upravo nas ta njihova rijetka pojavnost čini ranjivima jer i kao društvo i kao pojedinci na potrese brzo zaboravljamo i nedovoljno marimo o njihovom mogućem djelovanju. Zato je potrebno da geofizičari, geolozi i građevinari zajednički ustrajno rade na edukaciji i informiranju građana svih uzrasta i stupnjeva odgovornosti, kako bismo osvijestili potresnu opasnost i izgradili društvo koje će biti otporno na potrese. Nemili podsjetnik o tome imali smo s početkom proljeća ove godine i prilika je da ga iskoristimo za korak naprijed u zajedničkom djelovanju na smanjenju potresne ugroženosti u Hrvatskoj.

Literatura

- Albini, P. (2015). The Great 1667 Dalmatia Earthquake. An In-Depth Case Study. Cham: Springer, 96 pp.
- Bogdan, A. (2020). Najsnažniji potres u posljednjih 140 godina. *Građevinar*, 72(4), 361–370.
- Čiviljak, R., Markotić, A., Capak, K. (2020). Earthquake in the time of COVID-19: The story from Croatia (CroVID-20). *Journal of Global Health*, 10(1), 010349, doi: 10.7189/jogh.10.010349.
- Govorčin, M., Herak, M., Matoš, B., Pribičević, B., Vlahović, I. (2020). Constraints on Complex Faulting during the 1996 Ston–Slano (Croatia) Earthquake Inferred from the DInSAR, Seismological, and Geological Observations. *Remote Sensing*, 12, 1157; doi:10.3390/rs12071157. (<https://www.mdpi.com/2072-4292/12/7/1157>).
- Handy, M.R., Giese, J., Schmid, S.M., Pleuger, J., Spakman, W., Onuzi, K., Ustaszewski, K. (2019). Coupled crust-mantle response to slab tearing, bending, and rollback along the Dinaride-Hellenide orogen. *Tectonics*, 38, 1–26.
- Herak, M., Allegretti, I., Herak, D., Ivančić, I., Kuk, V., Marić, K., Markušić, S., Sović, I. (2011). Republika Hrvatska. Karta potresnih područja, <http://seizkarta.gfz.hr>.
- Herak, D., Herak, M. (2010). The Kupa Valley (Croatia) earthquake of 8 October 1909 – 100 years later. *Seismological research letters*, 81 (1), 30–36, doi:10.1785/gssrl.81.1.30.
- Herak, D., Herak, M. (2012). Seizmičnost i potresna opasnost na Makarskom primorju. U: Makarsko primorje danas. Institut društvenih znanosti Ivo Pilar, Zagreb, 265–276. (https://bib.irb.hr/datoteka/577934.ZBORNIK_makarsko_primorje_danas_2012_pdf.pdf)
- Herak, M., Herak, D., Dasović, I. (2016a). Fault-plane solutions and stress orientation in the greater region of Northern and Central Dinarides. 35th general assembly of the European Seismological Commission. Trieste, Italy, 4–11.
- Herak, M., Herak, D., Markušić, S. (1996). Revision of the earthquake catalogue and seismicity of Croatia. 1908–1992, *Terra Nova*, 8, 86–94.
- Herak, M., Herak, D., Markušić, S., Ivančić, I. (2001). Numerical modeling of the Ston-Slano (Croatia) aftershock sequence, *Studia geophysica et geodaetica*, 45(3), 251–266.
- Herak, M., Herak, D., Stipčević, J. (2019). Seismology in Croatia, 2015–2018, *Geofizika*, 36(2), 171–224.
- Herak, D., Herak, M., Tomljenović, B. (2009). Seismicity and earthquake focal mechanisms in North-Western Croatia. *Tectonophysics*, 465, 212–220, doi: 10.1016/j.tecto.2008.12.005.
- Herak, M., Herak, D., Tomljenović, B. (2016b). Seismicity and Neotectonics in the Greater Zagreb Area. U Fact Finding Workshop on the Active Tectonics of the Krško Region (Ur. K. Decker), Technical Workshop, Klagenfurt/Celovec, Austria, Ministerium für Lebenswertes Oesterreich, Vienna, 16–20. (<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0612.pdf>).
- Herak, D., Herak, M., Tomljenović, B. (2020). Rukopis u pripremi za časopis Geofizika, osobno priopćenje.
- Herak, D., Herak, M., Vrkić, I. (2017a). Velika trešnja, seizmičnost i potresna opasnost na širem dubrovačkom području. *Dubrovnik: časopis za književnost i znanost XXVIII*, 1, 5–18.
- Herak, D., Sović, I., Cević, I., Živčić, M., Dasović, I., Herak, M. (2017b). Historical seismicity of the Rijeka region (NW External Dinarides, Croatia) – Part I: Earthquakes of 1750, 1838 and 1904 in the Bakar epicentral area. *Seismological research letters*, 88, 904–915.



- Herak, M., Živčić, M., Sović, I., CeciĆ, I., Dasović, I., Stipčević, J., Herak, D. (2018). Historical seismicity of the Rijeka region (NW External Dinarides, Croatia) – Part II: The Klana earthquakes of 1870. *Seismological research letters*, 89, 1524–1536, 55.
- Herak, D., Živčić, M., Vrkić, I., Herak, M. (2020). The Međimurje (Croatia) Earthquake of 1738. *Seismological research letters*, 91, 1042–1056.
- Hrvatski zavod za norme (2011). HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade – Nacionalni dodatak.
- Ivančić, I., Herak, D., Herak, M., Allegretti, I., Fiket, T., Kuk, K., Markušić, S., Prevolnik, S., Sović, I., Dasović, I., Stipčević, J. (2018). Seismicity of Croatia in the period 2006 – 2015. *Geofizika*, 35, 69–98.
- Ivančić, I., Herak, D., Markušić, S., Sović, I., Herak, M. (2002). Seismicity of Croatia in the period 1997–2001. *Geofizika*, 18–19, 17–29.
- Ivančić, I., Herak, D., Markušić, S., Sović, I., Herak, M. (2006). Seismicity of Croatia in the period 2002 – 2005. *Geofizika*, 23, 87–103.
- Kišpatić, M. (1891). Potresi u Hrvatskoj, Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti. 13, 81–164.
- Markušić, S., Herak, D., Ivančić, I., Sović, I., Herak, M., Prelogović, E. (1998). Seismicity of Croatia in the period 1993–1996 and the Ston-Slano earthquake of 1996. *Geofizika*, 15, 83–101.
- Markušić, S., Herak, D., Sović, I., Herak, M. (1993). Seismicity of Croatia in the period 1990–1992. *Geofizika*, 10, 19–34.
- Markušić, S., Ivančić, I., Sović, I. (2017). The 1667 Dubrovnik earthquake – some new insights. *Studia geophysica et geodaetica*, 61 (3), 587–600.
- Markušić, S., Stanko, D., Korbar, T., Belić, N., Penava, D., Kordić, B. (2020). The Zagreb (Croatia) M5.5 Earthquake on 22 March 2020. *Geosciences*, 10, 252. doi:10.3390/geosciences10070252.
- Matoš, B., Tomljenović, B., Trenc, N. (2014). Identification of tectonically active areas using DEM: a quantitative morphometric analysis of Mt. Medvednica, NW Croatia. *Geological quarterly*, 58, 1, 51–70.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., M. Hamburger, Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N., Veis, G. (2000). Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105 (B3), 5695–5719.
- Mohorovičić, A. (1910): Potres od 8. X 1909. Godišnje izvješće Zagrebačkog meteorološkog opservatorija za godinu 1909. 9/4, 1910, 1-56.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G., (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa–Arabia–Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 111, B05411.



- Schmid, S.M., Fügenschuh, B., Kounov, A., Matenco, L., Nievergelt, P., Oberhansli, R., Pleuger, J., Schefer, S., Schuster, R., Tomljenović, B., Ustaszewski, K., van Hinsbergen, D.J.J. (2020). Tectonic units of the Alpine collision zone between Eastern Alps and western Turkey. *Gondwana Research*, 78, 308–374.
- Shebalin, N. V., Karnik, V., Hadžievski, D. (1974). Catalogue of earthquakes I–III, UNDP/UNESCO Survey of the seismicity of the Balkan region. Skopje.
- Skoko, D. (2002). Kišpatićev doprinos seizmologiji, U: Spomenica preminulim akademikima, Sv. 102, Mijo Kišpatić: 1851.–1926. (Ur. S. Ščavničar, V. Majer), Zagreb, HAZU, pp 74.
- Šavor Novak, M., Uroš, M., Atalić, J., Herak, M., Demšić, M., Baniček, M., Lazarević, D., Bijelić, N., Crnogorac, M., Todorić, M. (2020). Potres magnitude 5,5 u Zagrebu od 22. ožujka 2020. godine: preliminarni izvještaj o seizmološkim stajalištima i oštećenjima zgrada. Rukopis na recenziji.
- Tomljenović, B., Csontos, L. (2001). Neogene – Quaternary structures in the border zone between Alps, Dinarides and Pannonian Basin (Hrvatsko zagorje and Karlovac Basins, Croatia). *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, 90, 3, 560–578.
- Tomljenović, B., Csontos, L., Marton, E., Marton, P. (2008). Tectonic evolution of the northwestern Internal Dinarides as constrained by structures and rotation of Medvednica Mountains, North Croatia. U: *Tectonic Aspects of the Alpine-Dinaride-Carpathian System* (Ur.: Siegesmund, S., Fügenschuh, B., Froitzheim, N.), Bodmin, Cornwall, Geological Society London, 145–167.
- Torbar, J. (1882). Izvješće o zagrebačkom potresu 8. studenoga 1880. *Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti*, Zagreb, 141 p.
- Weber, J. Vrabec, M., Pavlovčić-Prešeren, P., Dixon, T., Jiang, Y., Stopar, B. (2010). GPS-derived motion of the Adriatic microplate from Istria Peninsula and Po Plain sites, and geodynamic implications. *Tectonophysics*, 483, 214–222.

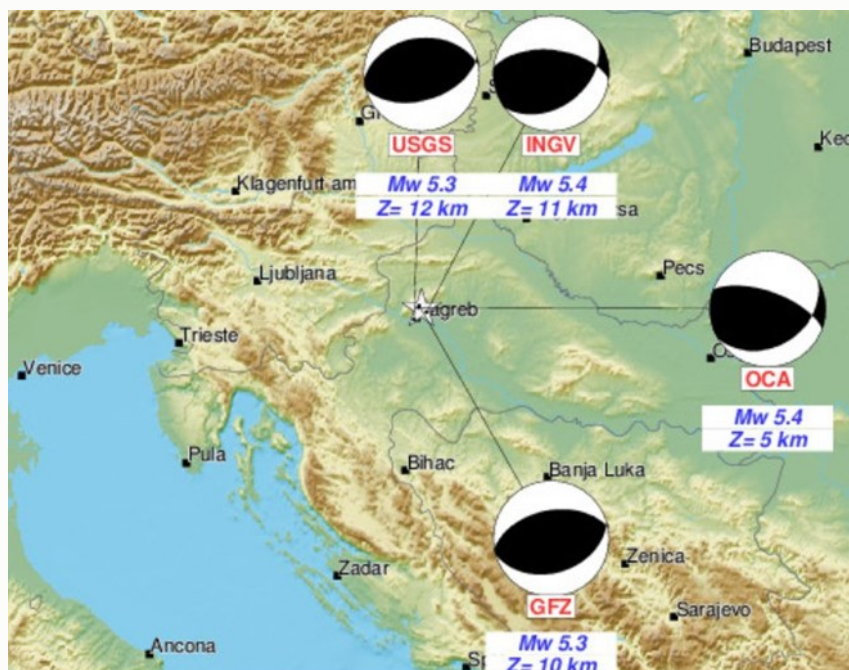
Potresi u Zagrebu 22. ožujka 2020. godine

Tvrtko Korbar i Snježana Markušić

Dva jaka potresa dogodila su se 22. ožujka 2020. godine, oba s epicentrima u sjeveroistočnom dijelu grada Zagreba te izazvala znatnu materijalnu štetu s kojom su nažalost povezane i ljudske žrtve. Već su prve objavljene lokacije žarišta i mehanizmi pomaka u žarištu potresa EMSC-a (*European-Mediterranean Seismological Centre*, slika 1) upućivale da su oba potresa vjerojatno povezana s aktivnošću reverznog rasjeda na dubini od oko 10 km, o čemu su na svojim mrežnim stranicama i u medijima izvijestili i iz Geofizičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (GFZ), pri kojem djeluje i Seizmološka služba, a nešto kasnije i na stranicama vodećih hrvatskih geoloških institucija (vidi popis mrežnih stranica).

Na temelju analize svih dostupnih geofizičkih podataka i znanstvenih radova, moglo se zaključiti da je u ranim jutarnjim satima 22. ožujka 2020. nagli pomak duž rasjeda reverznog karaktera na dubini od oko 10 km oslobodio veliku količinu energije u hipocentru (žarištu) potresa koji je bio magnitude 5,4.





Slika 1. Grafički prikaz prve automatizirane obrade seizmoloških podataka o potresu u Zagrebu 22. ožujka 2020. Izvor: mrežna stranica European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC).

Epicentar (projekcija hipocentra na površinu) je bio na području Markuševca u sjeveroistočnom dijelu grada Zagreba. Radi se o najjačem potresu koji je pogodio šire zagrebačko područje od Velikog zagrebačkog potresa iz 1880. godine, koji je bio magnitude 6,3.

Podsjećamo da su rasjedi velike smične pukotine u stijenama, a oni koji su i danas aktivni mogu biti seizmogeni, odnosno mogu uzrokovati potrese. Naprezanja u gornjim dijelovima Zemljine kore uzrokuje kontinuirano kretanje dubokih litosfernih ploča, pa u podzemlju dolazi do međusobnog sučeljavanja velikih kilometarskih blokova stijena. Povremenim naglim smicanjem

blokova stijena jedan o drugi, kad se prijeđe granična točka trenja duž rasjedne plohe, u žarištu (hipocentru) potresa iznenada se oslobađa golema energija koja se rasprostire kroz stijene potresnim valovima. Potresni valovi šire se od žarišta na sve strane, kreću se do površine, gdje, ovisno o količini oslobođene energije u žarištu, mogu izazvati manje, veće ili razorne štete.

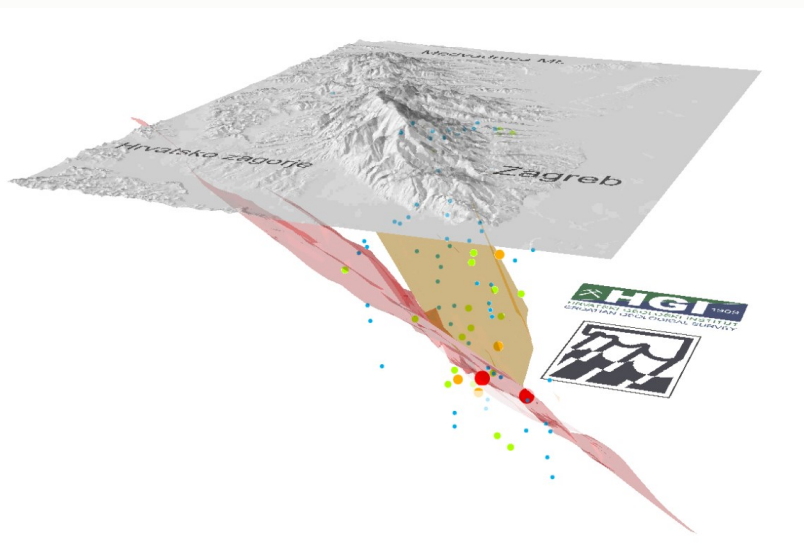
U novijoj geološkoj znanstvenoj literaturi objavljeno je nekoliko radova koji se bave strukturno-tektonskim sklopom planine Medvednice i rasjedima kao mogućim uzrocima potresa na tom području (npr. Tomljenović i Csontos, 2001). Geološki temelji tih radova nalaze se u geološkim kartama koje su izrađene na Hrvatskom geološkom institutu tijekom prethodnih 50-ak godina. Međutim, nisu svi rasjedi koji su prikazani na geološkim kartama aktivni. Zapravo, većina rasjeda bila je aktivna u geološkoj prošlosti kroz različite faze tektonske evolucije nekog područja (zadnji objavljeni strukturno-tektonski rad o Medvednici je van Gelder i sur., 2015), a recentna aktivnost pojedinih rasjeda može se definirati primjenom raznih specijalističkih geoloških disciplina (npr. Matoš i sur., 2014). Pored toga, mehanizme ranijih potresa na ovom području geolozi su istraživali i u suradnji sa seizmolozima (npr. Herak i sur., 2009). U novije vrijeme u mjerenje površinskih pomaka odabranih točaka uključili su se i geodeti, s obzirom na sve preciznije satelitske metode te daljinska istraživanja pomoću kojih se mogu registrirati milimetarski pomaci pojedinih točaka smještenih unutar velikih blokova stijena omeđenih seizmogenim rasjedima (Pribičević i sur. 2017; Govorčin i sur., 2019). Multidisciplinarnim pristupom dolazi se do seizmotektonskog modela kojim se pokušavaju što logičnije objasniti mehanizmi potresa na nekom području.

Prvi znanstveni rad o potresima u Zagrebu, koji su se dogodili 22. ožujka 2020. godine, objavljen je u časopisu *Geosciences* (Markušić i sur., 2020). U radu je, između ostaloga, priložen i 3D model te video animacija (*time-lapse*) potresnog slijeda u prvih 24 sata nakon glavnog udara. Preliminarno 3D modeliranje Zagrebačkog potresa osmišljeno je u okviru suradnje multidisciplinarnog tima seizmologa i geologa na projektu Hrvatske zaklade za znanost GEOSEKVA (<https://www.hgi-cgs.hr/GeoSekva.html>). Ova metoda prvi puta je primijenjena za analizu neke

potresne sekvence u Hrvatskoj i objavljena u znanstvenom časopisu. Analiza je pokazala da su potresi nastali zbog naglog pomaka (*rupture*) na glavnom rasjedu, koji je interpretiran kao navlačni rasjed sjeverozapadne vergencije, koji se u hipocentru, ispod sjevernog dijela Zagreba, nalazi na dubini većoj od 10 km. Paraklaza je konstruirana na temelju hipocentara koji su grupirani u prvih pola sata potresnog slijeda, a oplicavaju prema površini ispod središnjeg dijela planine Medvednice, pod kutem od 40-ak stupnjeva, pa bi virtualna projekcija paraklaze bila na površini u Hrvatskom zagorju (slika 2).

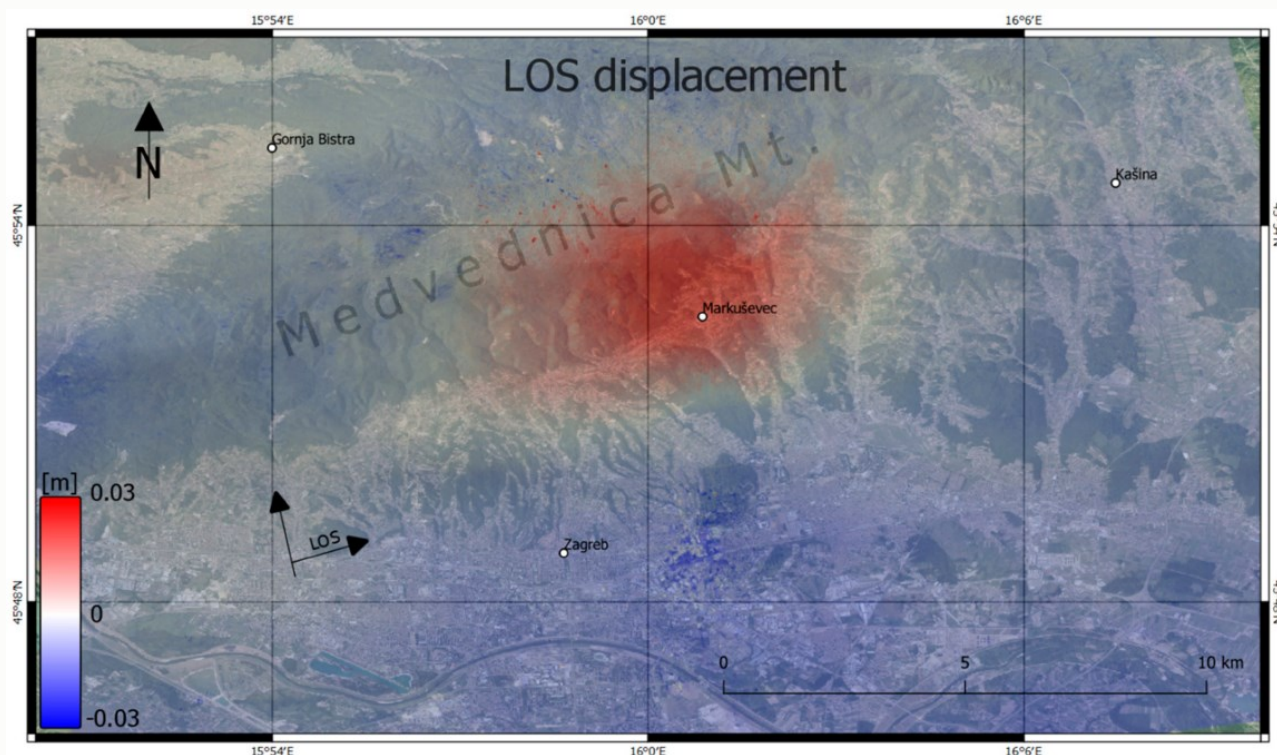
Najjači naknadni udar, magnitude 5,0, također se dogodio na glavnom rasjedu unutar prvih pola sata ovog seizmičkog slijeda. Uslijedili su naknadni pomaci duž glavnog rasjeda, što je aktiviralo sustav rasjeda u podzemlju sjeveroistočnog dijela grada Zagreba i planine Medvednice. Nakon nekoliko sati aktiviran je i modelirani sekundarni rasjed, strmije nagnut prema jugu (pružanja istok – zapad) ispod glavnog grebena Medvednice. Brojna naknadna podrhtavanja, koja traju mjesecima, događaju se na kompleksnom sustavu rasjeda, koji je očito aktiviran pomakom na glavnom navlačnom rasjedu, uslijed kojeg je oslobođena najveća količina energije nakupljane u stijenama tijekom 100-godišnjeg naprezanja. Iz analize prvih 24 sata potresnog slijeda može se zaključiti da se radi o aktivnom sustavu rasjeda, koje bi trebalo pokušati konstruirati u okviru sveobuhvatnije analize ovog i prethodnih potresa na širem području Medvednice.

Preliminarna analiza prostornog prikaza rezultata satelitske radarske inteferometrije izvedena je na osnovu prikupljenih podataka Copernicus Sentinel satelita odnosno InSAR podataka. Tako je definirana površinska deformacija terena nakon glavnih udara koja iznosi oko 3 cm u središnjem dijelu (slika 3), a dobivena je na temelju obrade satelitskih snimaka prije i nakon potresa.



Slika 2. 3D prikaz hipocentara Zagrebačkog potresa od 22. ožujka 2020. i dva glavna rasjeda (paraklaze u boji) interpretirana pomoću *time-lapse* animacije (iz Markušić i sur., 2020, pripremio Nikola Belić, HGI).





Slika 3. Prostorni prikaz površinskih deformacija dobivenih na osnovu inicijalne obrade radarskih podataka sa prikazanim epicentrima potresa tada dostupnih podataka (iz Markušić i sur., 2020, pripremio Branko Kordić, HGI).

Pregledom geoloških karata moglo se pretpostaviti da neki od rasjeda iz navedenog aktivnog sustava moguće dopiru i do površine na području središnjeg dijela planine Medvednice (slika 4). Nažalost, strukturno-tektonski sklop u podzemlju nije jednostavno rekonstruirati, pa se ne zna koliko su rasjedi međusobno povezani, odnosno može li popuštanje napetosti duž jednog aktivnog rasjeda uzrokovati aktiviranje drugog. Srećom, većina ovako jakih potresa najčešće je popraćena samo brojnim slabijim, a vrlo rijetko ovako jaki potresi prethode nekom još jačem u okviru iste serije potresa, koja može trajati danima pa i mjesecima. Do sada se to pravilo pokazalo i u zagrebačkom slučaju, jer slabija podrhtavanja nakon glavnog potresa još uvijek traju.

Za što bolju interpretaciju strukturno-tektonskog sklopa nekog područja nužna su detaljnija i usmjerena istraživanja te multidisciplinarni pristup, jer se jednostranim pristupom ne mogu postići zadovoljavajući rezultati. Dok geofizičari Seizmološke službe budno prate što se u realnom vremenu događa u podzemlju Zagreba i Medvednice, istraživačke grupe znanstvenika (geofizičara, geologa i geodeta) rade na rasvjetljavanju seizmotektonskih aktivnosti na području Zagreba u okviru tematskih projekata ili svoje redovite istraživačke djelatnosti. Geolozi s Hrvatskoga geološkog instituta do sada su u okviru svoje tradicionalno temeljne djelatnosti geološkog kartiranja doprinosili unaprjeđivanju znanja o geološkoj građi područja Republike Hrvatske, a u novije vrijeme to čine i kroz istraživanja u okviru multidisciplinarnih tematskih znanstvenih projekata od kojih neki pokušavaju definirati i aktivne rasjede (npr. HRZZ GEOSEKVA), a svakako su zainteresirani i za slična multidisciplinarna istraživanja u budućnosti.



Korisne mrežne stranice

EMSC – *European-Mediterranean Seismological Centre*:

<https://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php?id=840695>

<https://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php?id=840707>),

GFZ – Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu: https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/o_zagrebackom_potresu_2020

https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/o_potresima?@=1lpze#news_97576

(https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/izvjesca_o_potresu?@=1lppn#news_45225),

HGI – Hrvatski geološki institut: https://www.hgi-cgs.hr/Potresi_na_podrucju_Zagreba.html

RGNF – Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu: <https://www.rgn.unizg.hr/hr/izdvojeno/2587-osvrt-na-potres-u-zagrebu-2020-godine-autor-teksta-je-prof-dr-sc-bruno-tomljenovic>

Literatura

Govorčin, M., Pribičević, B., Wdowinski, S. (2019). Surface Deformation Analysis of the Wider Zagreb Area (Croatia) with Focus on the Kašina Fault, Investigated with Small Baseline InSAR Observations Sensors, 2019, 19, 4857. doi:10.3390/s19224857

Herak, D., Herak, M., Tomljenović, B. (2009). Seismicity and earthquake focal mechanisms in North-Western Croatia. Tectonophysics, 465, 212–220.

Markušić, S., Stanko, D., Korbar T., Belić, N., Penava, D. Kordić, B. (2020). The Zagreb (Croatia) M5.5 Earthquake on 22 March 2020. Geosciences, 10, 252, <https://www.mdpi.com/2076-3263/10/7/252>

Matoš, B., Tomljenović, B., Trenc, N. (2014). Identification of tectonically active areas using DEM: a quantitative morphometric analysis of Mt. Medvednica, NW Croatia. Geol. Q., 58, 51–70.

Pribičević, B., Đapo A. (2016). Analiza pomaka na Geodinamičkoj mreži Grada Zagreba iz različitih vremenskih epoha. Geodetski list, glasilo Hrvatskoga geodetskog društva, 70 (93,3), 207–230.

Tomljenović, B., Csontos, L. (2001). Neogene – quaternary structures in the border zone between Alps, Dinarides and Pannonian Basin (Hrvatsko zagorje and Karlovac Basins, Croatia). Int. J. Earth Sci., 90, 560–578.

van Gelder, I.E., Matenco, L., Willingshofer, E., Tomljenović, B., Andriessen, P.A.M., Ducea, M.N., Beniest, A., Gruić, A. (2015). The tectonic evolution of a critical segment of the Dinarides-Alps connection: Kinematic and geochronological inferences from the Medvednica Mountains, NE Croatia. Tectonics, 34, 1952–1978. doi:10.1002/2015TC003937



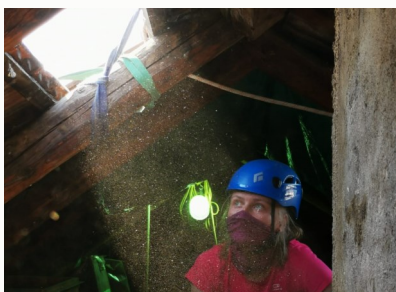
Volonterska akcija „Alpinisti, visinci i speleolozi pomažu Zagrebu“

Ivona Baniček

Potres nije uzdrmao samo derutna pročelja i zidove zgrada. Nepogoda koja nas je zadesila 22. ožujka 2020. godine nije samo utjerala strah u kosti građana i osvijestila ih siline prirode. To je događaj koji je otkrio korozivan sustav, neefikasnost nadležnih službi i apsolutnu bespomoć civila pred ovakvom i sličnim pojavama. No u moru problema, iznjedrila se i jedna nevjerojatna situacija – stotinu volontera se dobrovoljno prijavilo i odlučilo djelovati nauštrb izostanka reakcije odgovornih.

Pokušati opisati grad u danima nakon potresa je gotovo nemoguće – opustošene ulice, cigle, prašina i crjepovi posvuda, nigdje živa čovjeka. Strah koji se uvukao je bio opipljive prirode. I onda šok i nevjerica jer šačica ljudi s pojasevima, štrikovima i kacigama kuca od vrata do vrata i provjerava krovove, dimnjake i dvorišta. Bili smo dočekani sa skepticizmom i otpraćeni uz zahvale. Toplina volonterizma je brzo zahvatila grad i već smo kroz par dana skupljali ovacije po cesti za svoj trud. Ljudi su prepoznali dobru stvar i potpuno nas podržali u tome. Uz bok s vatrogascima koji su napravili lavovski posao sami po sebi, volonteri statičari su također dali nevjerojatan doprinos da se u danima kaosa i zbunjenosti, koliko-toliko uvede red i smisao te započne sanacija ranjenog Zagreba. U gotovo tri tjedna akcije, sanirano je preko 300 krovovišta i više od 1000 dimnjaka je sigurno uklonjeno.

Imala sam čast upoznati i raditi s fantastičnom skupinom ljudi čija nesebičnost, požrtvovnost i odvažnost će još dugo odjekivati ovim prostorom. Povratili su nadu u volonterstvo i mnogim građanima kojima smo pomogli vjeru u ljude. Hvala im svima od srca!



Fotografije s volonterske akcije
(Foto: Kristina Šipić, Igor Pavlović i ostali volonteri akcije)



Što nam je činiti prije, tijekom i nakon potresa?

Katarina Gobo

Osjećaj sigurnosti u vlastitom domu, uz slogan „ostanite doma“ radi epidemiološke situacije s virusom COVID-19, doslovno je poljuljan u nedjelju 22. ožujka 2020. godine u ranojutarnjim satima. Prijeteći zvuk tutnjave i sam potres sigurno će ostati dugoročno urezani u pamćenje stanovnika Zagreba i okolice. Taj nemio događaj – koji je odnio jedan mladi život, ozlijedio 27 osoba i uzrokovao znatna oštećenja u dijelovima Zagreba – podsjetio nas je da živimo na seizmički aktivnom području i da trebamo biti spremni na izvanredne situacije. Budući da se razorni potresi na području Zagreba ne događaju često – posljednji takav dogodio se 140 godina ranije, točnije 9. studenoga 1880. godine – shvatljivo je da su ljudi „zaboravili“ na tu opasnost. To ne umanjuje potrebu za osvještavanjem stanovništva, što često nastupa, nažalost, tek po gotovom činu i pretrpljenoj šteti.

Iako potrese nije moguće predvidjeti, možemo ipak reći da će se oni kad-tad dogoditi, pogotovo ako su već zabilježeni na nekom području. To ne znači da trebamo živjeti u strahu i panici, već da trebamo biti spremni reagirati na prikladan način. U Japanu, gdje su potresi skoro svakodnevna pojava, djecu odmalena uče pravilnom postupanju, simuliraju se evakuacije, a sve u svrhu poželjnih i pravovremenih reakcija kako bi u slučaju pravog potresa broj stradalih bio čim manji. Bitno je zapamtiti da potres sam po sebi ne ubija, već da pogibeljne mogu biti neprikladno izgrađene građevine koje se za potresa mogu oštetiti i rušiti!

Što nam je činiti prije potresa?

Prvo i osnovno – potrebno je povećati osviještenost i educirati stanovništvo o potresima i poželjnim samozaštitnim mjerama. Međutim, to treba biti dugoročna i aktivna praksa, a ne puka reakcija na minuli događaj. Iako je potres u Zagrebu 1880. godine pokrenuo sustavno proučavanje potresa na našim prostorima i dao svoj doprinos kasnijem procvatu grada, tek je još razorniji potres u Skopju 1963. godine potaknuo projektiranje i gradnju zgrada otpornih na potrese na našim prostorima. Poznavanje osnovnih prirodnih zakonitosti, principa i pravila može uvelike doprinijeti smanjenju ranjivosti neke zajednice, a samim time i broja stradalih i materijalnih šteta.



Slika 1. Osigurajte namještaj i instalacije u domu, te pripremite komplet za preživljavanje (preuzeto sa: <https://www.earthquakecountry.org/>).

Mi kao pojedinci ne možemo utjecati na način gradnje ili kvalitetu zgrade u kojoj stanujemo ili radimo, kao ni na svojstva terena na kojem je ona građena. Međutim, svatko od nas može i trebao bi, u okvirima mogućnosti, povećati sigurnost unutar vlastitog doma ili radnog prostora. To podrazumijeva niz aktivnosti ili postupaka poput:

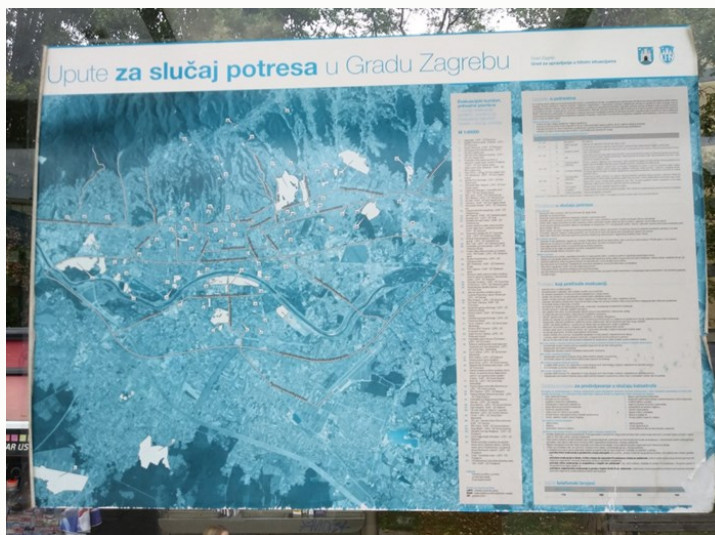
- poznavanja „sigurnih“ mjesta u svakoj sobi koja mogu poslužiti kao zaklon u slučaju potresa (npr. čvrsti stol, nosivi zid)
- osiguravanja ispravnosti instalacija te poznavanja postupka zatvaranja ventila za vodu i plin
- osiguravanja namještaja pričvršćivanjem o zidove te onemogućavanja gibanja pokretnih dijelova namještaja (slika 1)
- prikladnog opterećivanja namještaja i razmještanja predmeta – teže predmete uvijek sklanjati na niže police kako prilikom potresa ne bi došlo do njihovog ispadanja i ozljeđivanja ukućana
- pohranjivanja lako lomljivih predmeta (npr. od stakla, porculana) u niskim zatvorenim ormarićima
- pripremanja kompleta/torbe s osnovnim potrepštinama u slučaju nužde (dokumentima, lijekovima, vodom, hranom i nešto odjeće) (slika 1)
- simuliranja sklanjanja i evakuacije
- poznavanja evakuacijskih puteva i mjesta okupljanja na otvorenim površinama.

Kako bi se povećala razina osviještenosti o potresima, Ured za upravljanje u hitnim situacijama je 2016. godine izradio [edukativni letak](#) s bitnim informacijama o potresima i samozaštitnim postupcima. Letci su besplatno distribuirani svim kućanstvima u Gradu Zagrebu. Osim toga, izrađene su [Upute za slučaj potresa u Gradu Zagrebu](#) s osnovnim informacijama o potresima, načinu postupanja u slučaju potresa i prikazom evakuacijskih koridora i prihvatnih površina. Upute su distribuirane javnim objektima i institucijama, a možemo ih naći i na većini stajališta javnog prijevoza (slika 2). Mjestimice su te upute, nažalost, vandalizirane. Jeste li ih ikad proučili i znate li kojim putem doći do vama najbliže prihvatne površine?

Što nam je činiti tijekom potresa?

Budući da potrese nije moguće predvidjeti, njihovu ćemo pojavu sigurno dočekati s iznenađenjem i dozom straha. Stoga je važno ostati pribran, ne paničariti i sjetiti se pravilnog postupanja:

- skloniti se u najbliži zaklon – primjerice pod čvrsti stol ili dovratnik nosivog zida
- udaljiti se od krupnog namještaja iz kojeg bi mogli poispadati predmeti
- udaljiti se od prozora, balkona i nesigurnih zidova
- isključiti dovod plina, vode i struje



Slika 2. Upute za slučaj potresa u Gradu Zagrebu na autobusnoj stanici blizu Folnegovićevog naselja.



- napustiti zgradu čim prestane trešnja korištenjem stubišta, nikako dizala
- udaljiti se od zgrade na otvorene ili prihvatne površine koje se nalaze na sigurnoj udaljenosti od građevina
- pratiti i slijediti upute nadležnih službi, a ne informacije iz upitnih izvora
- ne vraćati se u zgrade oštećene potresom
- ako ste na otvorenom, tamo i ostati, na sigurnoj udaljenosti od zgrada, rasvjetnih stupova...
- ako ste u vozilu, zaustavite se na širokom prostoru, daleko od zgrada, mostova, drveća i rasvjetnih stupova i ostanite u vozilu
- ako ste pod ruševinama, smanjite kretanje na minimum, ostanite smireni, lupkajte po zidu ili cijevima kako bi vas spasioci mogli pronaći
- pomagati unesrećenima.

Općenito, preporučeni postupak tijekom potresa može se sažeti na princip *Drop! Cover! Hold on!* ili u prijevodu *Spusti se! Skloni se! Čekaj!* Američke stranice su otišle i korak dalje i izradile shemu zaštite prikladnu za osobe s invaliditetom (slika 3).

Što nam je činiti nakon potresa?

Očekivano je osjećati se „potreseno“ nakon potresa, ali potrebno je održati pribranost i pružiti pomoć unesrećenima. Nakon potresa potrebno je ustanoviti oštećenost zgrada i instalacija te ostati strpljiv dok nadležne institucije ispituju njihovu sigurnost i uporabljivost. Kroz dulji ili kraći period nakon glavnog potresa uslijedit će niz naknadnih, uglavnom slabijih potresa, koji mogu stvarati osjećaj nelagode i dodatno oštetiti već oštećene građevine. Ovisno o pretrpjelim štetama, gubitcima i psihofizičkom stanju, oporavak će – kako emocionalno, tako i ekonomski – trajati dulje ili kraće. Educiranost o potresima utoliko može pomoći da se prebrode pretrpjele traume i strah od novih potresa, kao i da se kritički postavimo prema dezinformacijama poput onih koje nagovještavaju dolazak novog potresa u točno određeno vrijeme. Iako je prošlo nekoliko mjeseci od potresa u Zagrebu, ne bi li bilo dobro učiti na greškama i propustima, te uvesti (pro)aktivne mjere zaštite i redovito simulirati evakuacije u vrtićima, školama i na radnim mjestima? Sjetimo se da nije samo Zagreb na rizičnom području, nego i veći dio hrvatskog priobalja.

Zaključak

Potresi su prirodna pojava koja se događala u prošlosti, događa se danas, a događat će se i u budućnosti. Preventivne mjere se nažalost često promoviraju tek nakon što se katastrofe dogode; dakle, prekasno. Na nama je da educiramo sebe i druge o mogućim opasnostima i načinima nošenja s njima kako bi



Slika 3. Pravilno postupanje tijekom potresa za osobe različitog stupnja invaliditeta (preuzeto sa: https://www.earthquakecountry.org/library/Earthquake_Protective_Action_Postcard_English.pdf).

smanjili ranjivost i poboljšali osviještenost zajednice. Takva će zajednica u kriznim situacijama znati pravilno reagirati i djelovati te na taj način umanjiti neželjene posljedice potresa, ali i drugih prirodnih opasnosti.

Stanje nakon potresa

Palača Amadeo i Hrvatski prirodoslovni muzej 1706. – 22. ožujka 2020. – danas

Iva Mihoci, Tatjana Vlahović i Martina Šašić Kljajo

Povijest zgrade

Pregledom dostupnih literaturnih izvora, prema Ratančić (2018) najstariji pouzdani podatak koji se odnosi na lokaciju muzeja u današnjoj Demetrovoj ulici, a prethodno Kazališnoj vulici, bilježi da se sredinom 18. stoljeća ovdje nalazilo „zemljište prazno i napušteno od tužnog požara 1706. godine“. To je opožareno zemljište pripadalo vlasniku Nikoli Kupiniću (upisan kao vlasnik 1713. godine). Ono je 1741. godine prodano Kristoforu Baptisti, a njegova je udovica 1753. godine „dva nekada Kupinićeva terena“ prodala Kristoforu Vojkoviću. Vojkovićev vrt od dva zemljišta kupio je 1763. godine Kristofor Bornemissa. Bornemissina kuća je zauzimala dvije parcele, a pripadala je tipu baroknih zdanja koja su nakon prestanka potrebe za gradskim fortifikacijama, izgrađene na gornjogradskom bedemu (Ratančić, 2018). Bornemissinu je kuću između 1783. i 1793. godine kupio grof Antun Pejačević, koji je krajem stoljeća produžio sjeverno krilo do linije ulice i dogradio južno i istočno krilo, u kojem je na prvom katu formirana velika plesna dvorana. Dimenzije dvorane su bile 12x20 metara s visinom od 6,5 metara. U sjeveroistočnom kutu zgrade, s pristupom iz Demetrove ulice i iz prizemlja, nalazila se podrumaska prostorija označena kao Pivnica. Druga prostorija označena kao Drvarnica, nalazila se u južnom dijelu istočnog krila, s ulazom iz unutrašnjeg dvorišta, a čini se da se tu nalazio i bunar. Pejačevićovo kazalište bilo je prvo službeno zagrebačko kazalište, a otvoreno je 22. siječnja 1797. godine (Ratančić, 2018).

Nakon Pejačevića, kuća do 1807. godine ulazi u posjed grofa Kulmera, a zatim u vlasništvo zagrebačkog župana grofa Antona (Antal) Amadé de Várkonya. Grofu u čast kazalište je bilo prozvano Amadeovo kazalište odnosno Amadeov teatar. Kazalište je u palači u Demetrovoj 1 djelovalo od 1797. do 1835. godine. Uz kazalište, u palači su bili uređeni stanovi za iznajmljivanje, a tu je djelovala i prva zagrebačka kazališna kavana. Prema Ratančić (2018), u dijelu prizemlja zapadnog krila, desno od prolaza prema Tuškancu, postoji vjerojatnost da se sredinom 19. stoljeća nalazila Jelačićeva kovnica novca. Amadéovi nasljednici kuću su 1841./1842. godine prodali grofu Aleksandru Draškoviću. Nakon Draškovićeve smrti 1845. godine, palaču je za 20 000 guldena kupilo mađaronsko društvo Casino. Međutim, već 1849. godine palača je bila u državnom vlasništvu (Ratančić, 2018). Kada je palača postala državno vlasništvo, javilo se više prijedloga o njezinoj budućoj namjeni. Već 1853. godine predlaže se smještanje Narodnog muzeja u ispražnjenu zgradu, a jedan od prijedloga bio je da zgrada postane sjedište novoosnovane Jugoslavenske akademije (Ratančić, 2018).



Odlukom Hrvatsko-slavonskog sabora iz 1834. godine, usvojen je prijedlog o osnivanju Narodnog muzeja, čija je zadaća bila skupljanje, proučavanje i izlaganje „svih uspomena vrijednih starinah, duševnih i materijalnih umjetnih proizvoda“. Svečana akademija, kojom je obilježen početak rada Muzeja, održana je 10. rujna 1846. godine u dvorani Narodnog doma (Opatička 18). U tadašnjem Narodnom muzeju, u gornjogradskoj Opatičkoj 18 čuvale su se, među ostalima, *sbirke prirodopisne* i to: „geognostička sbirka, sbirka mineralah, sbirka ljušturah i konhilijah, sbirka okaminah ili petrefaktah, sbirka kukacah ili insektah, zoologička sbirka, herbarium“ (Mihoci i sur., 2014).

Međutim, skućeni prostor u Opatičkoj 18, u kojem su uz Muzej djelovala i druga društva te Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, nije zadovoljavao potrebe rastućeg Muzeja te se ubrzo javila inicijativa za novim, adekvatnijim prostorima. Unatoč čestom ponavljanju o nedostatku prostora, tek je 1867. godine u Saboru usvojena odluka o preseljenju Narodnog muzeja u „stari kasino“ u Demetrovoj (Ratančić, 2018).

U siječnju 1868. godine, pod nadzorom dvojice pristava Narodnog muzeja, Šime Ljubića i Spiridona Brusine, prenesene su sve arheološke i prirodopisne zbirke u novouređenu palaču u Demetrovoj. Arheološki postav bio je uređen na prvom katu, dok su na drugom katu bile smještene zoološko-botanička i geološko-mineraloška zbirka. U konačnici, ostale institucije su ipak napustile zgradu i od tada u njoj djeluje Prirodopisni odjel Narodnog muzeja, koji se 1870. godine podijelio na dvije sekcije. Kasnije je iz sekcije za zoologiju, geologiju i botaniku proistekao Hrvatski narodni zoološki muzej, dok su iz sekcije za mineralogiju i geologiju 1893. godine nastali Geološko-paleontološki i Mineraloško-petrografski muzej (Ratančić, 2018).

Tako su, sve do 1986. samostalno djelovali Hrvatski narodni zoološki muzej, Geološko-paleontološki muzej i Mineraloško-petrografski muzej. Tri zasebna muzeja su 1986. godine ujedinjena u Hrvatski prirodoslovni muzej, koji u palači u Demetrovoj 1 djeluje i danas.

Štete na zgradi palače u razornom potresu 22. ožujka 2020. – statika

Građevina je izvorno zidana punom opekom, a u svom životnom vijeku doživjela je više rekonstrukcija. U jednoj od rekonstrukcija podruma, prilikom produbljenja i proširenja, dodani su dijelovi armirano-betonskih zidova ili zidovi u cjelini. Tako je naknadno izveden podrum ispod dvorišta u cjelini izveden kao armirano-betonska konstrukcija, a prodor vode kroz vanjske zidove podruma prema ulici više puta je saniran betonom i betonskim špricom. Stropne konstrukcije podruma i prizemlja izvedene su kao zidani svodovi i lukovi od pune opeke. Naknadno je veći dio stropa podruma izveden kao ab ploča. Stropne konstrukcije 1. i 2. kata izvedene su kao drveni grednici. Krovna konstrukcija je drveno krovšte tipa dvostruka visulja. Vertikalna komunikacija omogućena je jednim drvenim stubištem na svodovima i jednim naknadno izvedenim ab stubištem. Na istočnom krilu, prema Demetrovoj ulici, vidljive su naknadno ugrađene čelične zatege. Ove zatege ugrađene su kao dodatno osiguranje, zbog većih oštećenja konstrukcije nastalih nakon ranijih potresa (Radionica statike, 2020).

Nakon potresa 22. ožujka 2020. godine pregledom pročelja od strane statičara Branka Galića utvrđene su manje pukotine na nadvojima i parapetima, a koje ne ugrožavaju mehaničku otpornost i stabilnost građevine. U podrumu na ab zidovima, zidanim zidovima i svodovima te ab pločama nisu uočena vidljiva oštećenja nastala potresom. Pregledom zidanih zidova i svodova prizemlja uočene su pukotine na zidovima i nadvojima, a koje ne ugrožavaju mehaničku otpornost i stabilnost građevine. Pregledom prvog i drugog kata uočene su pukotine na zidovima, nadvojima, spojevima drvenih stropova i



zidova, a posebno su izražene pukotine na ukrutnim zidovima (zidovi krila okomiti na pročelje), a gdje je na pojedinim dijelovima bilo potrebno izvesti podupiranja kako ne bi došlo do urušavanja nadvoja, zidova i stropova. Pregledom potkrovlja uočena su manja oštećenja na konstrukciji, temeljem kojih ne prijeti urušavanje u bilo kom obliku. Naposljetku, pregledom dimnjaka kotlovnice uočena je pukotina na južnom dimnjaku, no zaključeno je da dimnjak neće pasti na vertikalno opterećenje, ali mogao bi pasti tijekom novog potresa. S obzirom na to, južni dio dvorišta je ograđen te kretanje i pristup na tom dijelu nije dopušten (Radionica statike, 2020).

Nakon detaljnog statičkog pregleda svih prostorija muzeja, uočena su manja oštećenja. Ona nisu ugrozila mehaničku otpornost i stabilnost građevine, te je nakon podupiranja jače oštećenih dijelova 1. i 2. kata dozvoljen boravak i rad u svim prostorijama (Radionica statike, 2020). Žurno se pristupilo sanaciji štete na muzejskoj građi i pripremi iste za preseljenje u prostor završenih novih suvremenih i prvih namjenski građenih čuvaonica na novoj lokaciji u Novom Petruševcu 6, a kao posljedica plana cjelovite rekonstrukcije i dogradnje palače Amadeo koja je predviđena od proljeća 2021. godine temeljem financijskih sredstava Ministarstva regionalnog razvoja i fondova Europske unije i Grada Zagreba.

Štete na fundusu Hrvatskog prirodoslovnog muzeja – muzejski predmet kao temelj Muzeja

Hrvatski prirodoslovni muzej je fundusom najbogatiji muzej u Republici Hrvatskoj, matični je muzej za prirodoslovlje, a skrbi o preko 1,4 milijuna muzejskih predmeta, od kojih je trenutno preko 750 000 inventirano i time po Zakonu o muzejima (NN 61/18, 98/19) ima svojstvo kulturnog dobra. Najveća oštećenja dogodila su se u stalnom postavu i u pojedinim muzejskim čuvaonicama. Najviše je stradala građa zoološkog stalnog postava obzirom da je ista bila pohranjena u povijesnim staklenim vitrinama na kojima je tijekom potresa došlo do loma i pada stakla po muzejskim predmetima. U muzejskim čuvaonicama došlo je također do lomova stakla (cilindara za pohranu), zaštitnih kutija sa staklenim poklopcima i sustava, u kojima je građa bila adekvatno pohranjena i konzervirana. Odmah nakon potresa zbog razlijevanja konzervansa, građa je svakim satom bila izložena daljnjem nepovratnog gubitku, te se sanaciji i ponovnom konzerviranju prema pravilima struke pristupilo odmah bez obzira na nastavak podrhtavanja i pandemiju. U potresu je znatno oštećen muzejski materijal iz 15 zbirki, a koje obzirom na brojnost čine 12,82 % fundusa muzeja. Postotak oštećenih predmeta u zbirkama je sljedeći, a procijenjena vrijednost štete koja uključuje zamjenu materijala za pohranu i restauraciju te ponovnu konzervaciju pojedinog muzejskog predmeta iznosi 699.781,04 kuna:

- Zbirka riba 1,13 %
- Središnja zbirka vodozemaca i gmazova 0,79 %
- Zbirka stranih kralješnjaka 1 %
- Zbirka sisavaca 0,042 %
- Zbirka kostura 1,71 %
- Zbirka ptica 0,89 %
- Zbirka bodljikaša 2,81 %
- Zbirka žarnjaka 1,53 %
- Zbirka rakova 0,0192 %
- Zbirka spužvi 2,16 %
- Zbirka recentnih glavonožaca 0,11 %



- Zbirka kolutićavaca 0,27 %
- Flora sarmatskih naslaga Podsuseda, Dolja i Sv. Nedelje 6,3 %
- Sistematska zbirka minerala 0,024 %
- Zbirka sigi 0,71 %.

Kako je temelj svakog muzeja muzejski predmet, za navedena oštećenja na predmetima provedena je ili predstoji zahtjevna i sustavno organizirana restauracija i rekonzervacija te pohrana u najadekvatnijoj muzejskoj ambalaži. Tako će navedeni predmeti i dalje biti na raspolaganju baštinicima kulture i svim dionicima novog stalnog postava muzeja te znanstvenom uvidu i obradi muzejskih zbirki.



Oštećenja u Muzeju

Literatura

Mihoci, I., Vlahović, T., Bukovec, D., Jandrić, N. (2014). Hrvatski prirodoslovni muzej-kovčeg dragocjenosti i teatar prirodoslovne raznolikosti (Hrvatska). *Priroda*, 14, 5–11.

Narodne novine 61/18, 98/19: Zakon o muzejima.

Radionica statike (2020). Elaborat stanja konstrukcije nakon potresa, Glavni projekt, 058/2020, Radionica statike d.o.o., Zagreb, pp. 12.

Ratančić, B. (2018). Zagreb, Palača Amadeo, Hrvatski prirodoslovni muzej. Elaborat konzervatorsko-restauratorskih istraživanja, Hrvatski restauratorski zavod (Služba za nepokretnu baštinu), Zagreb, 7–24.

Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, stanje nakon potresa 22. ožujka 2020. godine

Aleksandra Čižmešija i Karmen Fio Firi

Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu (PMF) ima sedam odsjeka: Biološki, Fizički, Geofizički, Geografski, Geološki, Kemijski i Matematički. Zgrade u kojima djeluju nalaze se na više različitih lokacija – dijelom u centru grada Zagreba, a dijelom u kampusu PMF-a na Horvatovcu. Potres koji je 22. ožujka 2020. godine rano ujutro pogodio područje Zagreba i okolice ostavio je značajan trag na zgradama i opremi Fakulteta, osobito na starijim objektima smještenima u centru grada te ćemo ukratko prikazati stanje zgrada nakon potresa. Prikazane fotografije zabilježene su od strane djelatnika PMF-a koji su došli na uviđaj štete nakon potresa, dok su osnovna oštećenja opisana prema inicijalnim ocjenama šteta na građevinama Tehničke službe PMF-a.

Rooseveltov trg 6 – zgrada Biološkog odsjeka

Zgrada je pretrpjela znatna oštećenja, na vanjskom dijelu – s oštećenjima žbuke i značajnim oštećenjima dimnjaka, ali i unutarnjem dijelu, s oštećenjima u vidu pukotina na nosivim zidovima, nadvojima iznad vrata, pregradnim zidovima i stropovima.

Marulićev trg 9a – kompleks Botaničkog vrta

Na zgradi su vidljiva oštećenja na žbuci u obliku pukotina u unutarnjem i vanjskom dijelu. Urušeni su i dimnjaci.

Marulićev trg 19 i 20 – Geografski odsjek

Zgrade su pretrpjele značajna oštećenja u vanjskom i unutarnjem dijelu, osobito zidovi i stubišta u zgradi na Marulićevom trgu 19. Dimnjaci su odvojeni od pročelja zgrade zbog čega je prijetilo urušavanje zbog narušene statike te ih je bilo potrebno ukloniti u cijelosti.

Horvatovac 102a – Kemijski, Geološki i Biološki odsjek

Zgrade su novijeg datuma izgradnje i armiranobetonske konstrukcije s nenosivim zidanim elementima. Pretrpjele su štete na vanjskom i unutarnjem dijelu, no ostale su uporabljive nakon potresa. Oštećenja uključuju: otpale i oštećene opeke na fasadama, pukotine na stubištima, oštećenja na svim tipovima



instalacija i dizalima, na edukativnoj i znanstvenoj opremi te pukotine na zidovima u gotovo svim uredima, laboratorijima i predavaonicama.

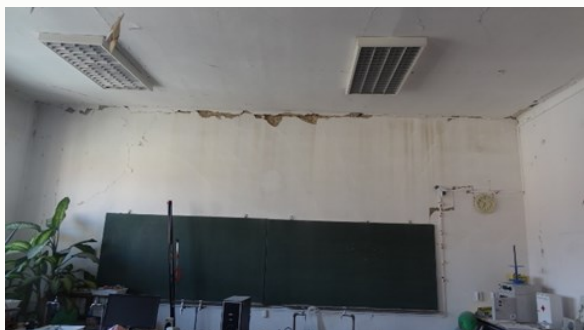
Horvatovac 95 – zgrada Geofizičkog odsjeka i Seizmološke službe te Geološkog odsjeka

Na donjem dijelu zgrade nisu uočena oštećenja nosive konstrukcije, već su oštećenja uključivala spojeve nosive armiranobetonske konstrukcije i zidane ispune te vodovodne mreže u podrumu zgrade. U nekim uredima došlo je do pucanja nenosivih zidanih zidova ili podgreda na stropu. Zbog vibracija čelične konstrukcije zgrade na posljednjoj nadograđenoj etaži došlo je do manjih oštećenja na fasadi ispod strehe krovništva, a u unutarnjem dijelu do otpadanja konstrukcije i obloge spuštenog stropa.

Bijenička 30 i 32 – zgrade Matematičkog i Fizičkog odsjeka

Obje su zgrade armiranobetonske konstrukcije s nenosivim zidanim elementima, a oštećenja su takva da ne utječu na nosivost zgrada. Zbog mogućeg otpadanja fasadne opeke potreban je oprez u okruženju zgrada. Na pojedinim dijelovima zgrada došlo je do pucanja nenosivih zidanih zidova ili podgleda na stropu.

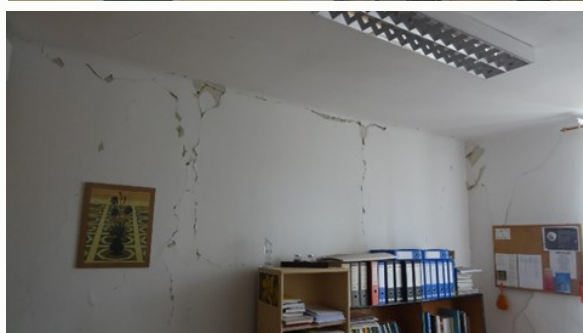
Ukupna nastala šteta na zgradama PMF-a procijenjena je na oko 20 milijuna kuna. Za pomoć u njezinoj sanaciji PMF je pokrenuo humanitarnu akciju prikupljanja sredstava za sanaciju štete od potresa „Za naš PMF“, uz promociju na društvenim mrežama i u medijima (https://www.pmf.unizg.hr/?@=1ltkt#news_26883 i <https://www.facebook.com/pmf.unizg/videos/187165272705605>). Sanacije su počele ubrzo nakon potresa, no s obzirom na opseg radova, neki od radova još su uvijek u tijeku. Novu akademsku godinu 2020./2021. trebali bismo najvećim dijelom dočekati spremni, no održavanje nastave u „normalnom“ obliku je i dalje neizvjesno s obzirom na stanje vezano uz pandemiju COVID-19.

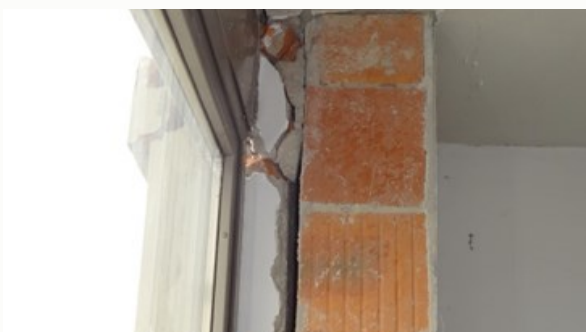


Oštećenja – zgrada Biološkog odsjeka



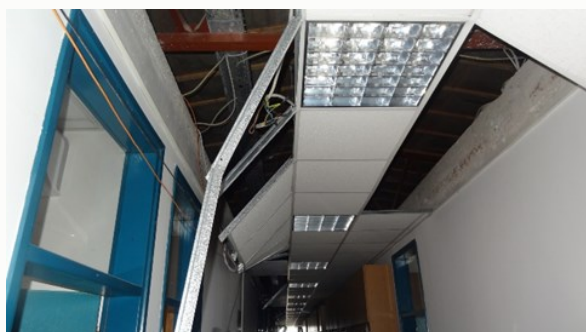
Oštećenja – kompleks Botaničkog vrta





Oštećenja – Kemijski, Geološki i Biološki odsjek

Oštećenja – Geografski odsjek



*Oštećenja – zgrada Geofizičkog odsjeka i
Seizmološke službe te Geološkog odsjeka*

Oštećenja – zgrade Matematičkog i Fizičkog odsjeka





Oštećenja – zgrada RGN fakulteta

svim uredima po zavodima, predavaonicama, kabinetima, laboratorijima, hodnicima, kuhinjama, sanitarnim čvorovima i dr.), odvajanje žbuke od zidova u većini prostorija fakulteta, popucala stakla u nadsvjetlima u većini ureda, a koja zahtijevaju hitnu zamjenu (od suterena pa sve do šestog kata zgrade fakulteta), popadala žbuka i stakla. U pojedinim uredima oštećena i/ili uništena su računala, tastature te drugi predmeti zaposlenika. Velika većina namještaja je uništena s obzirom da su prevrnuti tijekom potresa, a posljedično je uništen i namještaj i inventar na koji su ormari pali (stolovi, stolice i podovi ureda). Pojedini radijatori u uredima i laboratoriju odvojili su se od zidova i pali na pod pri čemu su oštetili i pod. Velika većina slika, fotografija i zidnih karata popadala je, prilikom čega su oštećene ili uništene.

Kako je ubrzo nakon potresa Zagreb pogodila i poplava s noći sa 24. na 25. srpnja, zgrada je prilikom tog događaja pretrpjela dodatna oštećenja, posebice u podrumskim prostorima u kojima se nalaze i laboratoriji.

Studentski život u vrijeme potresa i koronavirusa

Fakultet u vrijeme karantene

Elen Zukon Koić

Polovicom ožujka 2020. godine proglašena je karantena na području Republike Hrvatske, kako bi se spriječio porast broja oboljelih virusom koji uzrokuje COVID-19.

U Hrvatskoj je život kakvog smo ranije poznavali u potpunosti obustavljen. Započelo je obaveznom nošenjem zaštitnih maski u javnom prijevozu, držanjem fizičke udaljenosti na javnim prostorima, kako



zatvorenim, tako i otvorenim. Došlo je do odgađanja koncerata, festivala i ostalih javnih događaja na kojima je sudjelovao veći broj ljudi, zatim i do skraćivanja radnog vremena kafića, restorana, teretana, trgovina te i njihovo naknadno kompletno zatvaranje na neodređeno vrijeme što je bio velik udarac za studentski društveni život.

S obrazovne strane je rečeno da se fakulteti zatvaraju na dva tjedna, te da ćemo se nakon toga moći normalno vratiti kontaktnoj nastavi. Mnogi su već tada sumnjali u istinitost tvrdnje, te se nagađalo da bi ovaj opći *lockdown* mogao potrajati i duže što je profesore nagnalo na pripremu alternativnih metoda učenja i pisanja kolokvija. Drugi su pak vjerovali da će ovome svemu brzo doći kraj, te nisu na vrijeme krenuli s *online* nastavom, već su očekivali da će se sve moći nadoknaditi kroz nekoliko tjedana kad se svi vrate na fakultet. U vrlo kratkom roku došlo je i do reduciranja i naknadnog ukidanja međugradskih autobusnih i željezničkih linija na neodređeno, što je onemogućilo studentima povratak kući.

Profesori, asistenti i demonstratori koji su se odmah prihvatili proučavanju najefikasnijeg načina rada bili su u prednosti. U ovom periodu su nam aplikacije poput Zoom-a, Teams-a ili Discord-a postali najbolji prijatelji. Veliki broj fakulteta je već od ranije koristilo program Merlin kao pomoć pri nastavi, za rješavanje domaćih zadaća ili preuzimanja materijala potrebnog za praćenje nastave. Svaki profesor je sam krojio nove uvjete za polaganje kolegija. Dok su neki odlučili predavanja, vježbe i provjere znanja održavati isključivo online, drugi su se odlučili za drugačiji pristup te održavanja fizičkih ispita na fakultetu.

U sklopu online nastave, najveći problem predstavljale su nam vježbe koje bi inače odrađivali u laboratorijima, za mikroskopom ili u učionicama crtajući i proučavajući što je neophodno za našu buduću struku. Kako bi to nadoknadili, dobivali smo veliku količinu domaćih zadaća, kao i izradu izvještaja s terena koje nismo obišli uživo, već uz pomoć *Google Earth*-a i sličnih programa. Sve u svemu, koncept online terenske nastave, iako nama studentima nije odgovarao, pokazao se kao prihvatljiva alternativa pravoj terenskoj nastavi. Iako nije idealan način, dopustio nam je kreativnost i samostalnost s kojom se prije možda nismo susreli. Naravno, s vremena na vrijeme studenti su se bunili i ispitivali o mogućoj organizaciji prave terenske nastave u nekom kasnijem razdoblju, kroz koji tjedan ili mjesec ili čak početkom nove akademske godine.

Članove Studentskog odsjeka Hrvatskoga geološkog društva prethodno je dodatno rastužila vijest da je terenska nastava u Makedoniju predviđena za travanj 2020. godine također odgođena, te da ni u trenutku pisanja ovog članka još uvijek nije poznato razdoblje mogućeg održavanja iste zbog nepredvidive situacije s COVID-19. Što se tiče roka za obavljanje zadanih obaveza, vremena je bilo sasvim dovoljno, no otežavajući faktor u već dovoljno neugodnoj situaciji izazvanoj karantenom predstavljala je činjenica da smo se mi kao studenti ulijenili. Nismo morali trčati na faks, već smo nastavu mogli pratiti u pidžami iz našeg kreveta uz šalicu kave.

Krajem svibnja vraćene su međugradske linije autobusa, te je omogućen rad u laboratorijima tj. održavanje najnužnijih vježbi. Naknadno su se počeli održavati i ispiti, ovisno o kolegiju, neki su se odvijali *online*, a drugi uživo. Ono što je svim profesorima i asistentima bilo zajedničko je fleksibilnost u radu i terminima održavanja ispita zbog činjenice da je ovo izvanredna situacija kakvu nitko od nas nije prethodno doživio te da nismo iz većine kolegija temeljito kao inače prošli cijeli program. Ljetni rokovi trajali su pet tjedana, umjesto uobičajenih četiri, zato što je prvi tjedan rokova bio namijenjen isključivo polaganju ispita iz zimskoga semestra, s obzirom na to da se izvanredni rokovi u travnju nisu održali zbog karantene. Neki profesori i uveli predrokovke za svoje kolegije kako bi nam još dodatno olakšali polaganje.



Ono što je studentima 3. i 5. godine predstavljalo problem za vrijeme karantene bila je nemogućnost prikupljanja materijala i njihova laboratorijska analiza u sklopu izrade završnih i diplomskih radova, pa su neki studenti u dogovoru s mentorima i izmijenili temu rada te ju prilagodili uvjetima prenamjenom istraživačkog rada u pretežito komparativni. Drugi studenti su pak čekali kraj karantene i povratak na fakultet kako bi mogli odraditi sve potrebno za izradu rada. Međutim, povratkom na fakultet dočekali su ih ispiti, neke i oni iz zimskog semestra, uz one iz ljetnog te nakon toga brzinski dovršavali i pojednostavljivali radove i obrane. Neki studenti su ostavili dovršavanje radova za jesen, tako da je karantena stvarno svima barem djelomično promijenila planove.

Vrijeme leti, brzo će stići i rujan, pa ćemo vidjeti što nas sve još čeka.

Civilna zaštita (volontiranje za vrijeme potresa i korone)

Ivan Antolović

Prvi sam se puta susreo s volonterskim radom 2007. godine kad sam se upisao u izviđače i otišao na izviđački logor. Izviđački pokret temelji se na volonterskom radu i entuzijazmu mladih ljudi koji svojim radom uče, odgajaju i uveseljavaju djecu svih uzrasta. U izviđačima uz tehnike preživljavanja u prirodi učiš cijeniti vrijednosti kao što su nesebičnost, altruizam i radišnost. Uz te vrijednosti stekao sam mnoge vještine i znanja poput orijentacije, vođenja manjih i većih grupa, podizanja šatora.

Upravo su mi ta znanja nakon potresa pomogla kada sam se odazvao na poziv za volontiranje. Uz mene se javilo još 50-ak kolega, između kojih i mnogi prijatelji izviđači iz cijelog Zagreba i okolice, kako bismo pomogli unesrećenima kod potresa koji su zadesili Zagreb krajem ožujka 2020. godine.

Vodili smo se kao pričuvna postrojba Civilne zaštite. Prvi nam je zadatak bio podizanje šatorskog naselja na trgu Dr. Franje Tuđmana za smještaj ljudi koji su privremeno ostali bez krova nad glavom u potresu. Isto šatorsko naselje koje je u minimalno roku podignuto raspakirano je par tjedana kasnije jer nije bilo potrebno. Sljedeće akcije bile su opremanje Arene Zagreb, odnosno pretvaranje Arene u bolnicu za slučaj velikog broja zaraženih virusom COVID-19 te iskrcaj medicinske i zaštitne opreme iz sedam zrakoplova pristiglih u zračnu luku Zagreb koji su se pretovarivali u kombije i distribuirali po cijeloj Hrvatskoj.

Uz izviđački pozdrav: Budi pripravan!



Fotografija s volonterske akcije u zračnoj luci u Zagrebu



TEMA

Veliki potres u Zagrebu 1880. godine

Dominik Teskera, Dominik Vadjla, Katarina Gobo i Karmen Fio Firi

Nenadano buđenje 22. ožujka 2020. godine uz tutnjavu i trešnju vrlo je vjerojatno nalikovalo i jutru prije gotovo 140 godina, dana 9. studenoga 1880. godine. S obzirom da je ovaj broj Vijesti posvećen potresima, kratko ćemo se podsjetiti nekih zanimljivosti vezano uz, kako ga često nazivaju, Veliki potres u Zagrebu. Iako su geofizičari najkompetentniji za izvještavanje o potresima, tematika potresa oduvijek je bila zanimljiva i geolozima, pa se tako potresi spominju i o njima se uči na mnogobrojnim kolegijima. Tako su 2018. godine na kolegiju Geološki hazardi na Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, studenti Dominik Teskera i Dominik Vadjla u svom seminaru dali pregled događaja vezanih uz Veliki zagrebački potres. Kroz dijelove njihova seminara, uz pokoju dodatnu crticu, prisjetit ćemo se osnovnih informacija o tom potresu.

Među brojnim potresima zabilježenim na zagrebačkom epicentarnom području, svojom jačinom i razornošću ističe se potres koji je 9. studenog 1880. u 7 sati i 34 minute zatresao grad Zagreb i prigradska naselja, a smanjenim intenzitetom se osjetio i diljem Hrvatske. Maksimalni intenzitet u epicentru i najbližoj okolici procijenjen je na IX stupnjeva MCS, a u ostalom dijelu grada Zagreba na VIII stupnjeva MCS (http://www.hgi-cgs.hr/zagreb_potresi.html). Budući da u vrijeme potresa nije bilo seizmografa, magnituda je procijenjena kasnijim istraživanjima između 6,0 i 6,5, dok većina izvora navodi vrijednost magnitude od 6,2. Hipocentar je modernim metodama procijenjen na dubini između 12 i 17 km što ga svrstava u plitke potrese. Prema mehanizmu nastanka radi se o tektonskom potresu. Epicentar potresa nalazio se sjeveroistočno od Zagreba, između Kraljeva Vrha, Zeline i Kašine.

Kao posljedica potresa pojavili su se mnogi primarni i sekundarni učinci – primarni su oni izravno vezani za sam potres (npr. podrhtavanje tla, rušenje građevina), a sekundarni su oni koji iz njih proizlaze (npr. požari uslijed oštećenih instalacija). Kao jedan od primarnih učinaka suvremenici i zagrebački kroničari navodili su dugo podrhtavanje tla. Intenzitet trešnje su opisali sljedećim riječima : „... zaljuljalo tlo kao da se pretvorilo u valove. Crkveni tornjevi su se zanjihali, a zvona su sama od sebe zvonila.“ (<https://www.youtube.com/watch?v=NGPaCLXKlgl&t=290s>). Velika trešnja je ustvari i očekivani učinak ovakog potresa s obzirom na njegovu snagu, dubinu hipocentra i udaljenost od epicentra. Od primarnih se učinaka navode i brojna urušavanja gradskih objekata. Detaljan opis potresa zabilježio je prirodoslovac i akademik Josip Torbar u radu „Izvešće o zagrebačkom potresu 9. studenog 1880.“ iz 1882. godine. U njemu navodi kako su bile porušene i popucale crkve, kuće, obrambene kule i bedemi te druge gradske zgrade. Navodi i kako su se dimnjaci zakrenuli pod određenim kutevima, dok se dio prelomio i probijao krovove i tavane te čak popadao u sobe. Dimnjaci su također za sobom vukli ciglovlje, otrgano kamenje i smrvljenu žbuku te njima zatrpavali susjedne niže krovove i ulice. Uz strovaljene dimnjake, najveću štetu počinili su porušeni zabati i vatrobrani zidovi. Upravo je Veliki potres bio poticaj za početak sustavnog proučavanja potresa. Dakle, zbog nepostojanja sustavnog praćenja u doba potresa ne postoje izvori koji bi primjerice govorili o pojavi rasjedanja ili promjenama nivoa podzemne vode uslijed potresa. Što se tiče naknadnih udara, do kraja 1880. godine bilo je ukupno 75 potresnih udara razne jačine. Od sekundarnih čimbenika najznačajnije su bile pojave naknadnih udara i likvefakcije. U ranije spomenutom izvještaju akademika Josipa Torbara (Torbar, 1882) navedeno je kako su ljudi na više mjesta zamijetili pojavu likvefakcije, fenomen vezan uz



potrese magnitude ≥ 6 (Veinović i sur., 2007). Neki izvori navode pojavu poplava potoka rijeke Save u jesen 1880., ali zbog nenavođenja datuma poplave nemoguće je reći ima li ikakve korelacije s potresom.

U većini se izvora navodi kako su smrtno stradala dva stanovnika, iako neki izvori navode samo jednu osobu. Prema podacima zagrebačkih bolnica, 29 osoba je bilo teže ozlijeđeno uz mnoštvo lakše ozlijeđenih (Torbar, 1882). Godine 1880. Zagreb je imao nešto manje od 30 000 tisuća stanovnika (točnije 29 218 prema podacima Muzeja grada Zagreba). Nakon potresa, grad je neko vrijeme bio bez javne rasvjete, škole su bile zatvorene, trgovački promet smanjen, a zamro je i svaki društveni i kulturni život. Mnogi su napuštali grad sklanjajući se kod rođaka na selu, a neki su bježali čak i izvan granica Hrvatske. Pretpostavlja se da je oko 6000 ljudi, dakle čak petina cjelokupnog stanovništva grada napustila Zagreb (<http://www.mgz.hr/hr/izlozbe/potres-u-zagrebu-1880-i-izgradnja-nakon-potresa,301.html>). Podatak koji potkrjepljuje zapise o velikom napuštanju grada je izvještaj zagrebačkog Glavnog kolodvora, na kojemu je izdano 3800 putničkih karata u prva 24 sata nakon potresa. Iako nije ozlijeđen direktno u potresu, zabilježeno je i kako je poznati hrvatski pisac August Šenoa, preminuo 13. prosinca 1881. godine u 44. godini života, od teške upale pluća koju je zaradio pomažući unesrećenima u hladnim danima nakon potresa.

Potresom je bila oštećena gotovo polovina svih tada postojećih zgrada, njih 1758 od ukupno 3830 (Premperl i Ladović, 1981). Na području Zrinjevca i današnje Klaićeve ulice izgrađene su barake za stanovnike čije su kuće bile oštećene. Budući da je slijedila zima, bilo je važno što prije sanirati i osposobiti za stanovanje što veći broj stambenih objekata. Zbog toga je angažiran veliki broj građevinskih radnika među lokalnim stanovništvom, ali i iz susjednih zemalja.

Torbar (1882) navodi kako je ukupna šteta u gradu Zagrebu iznosila 2 153 108 forinti, dok je prema seizmologu Marijanu Heraku materijalna šteta iznosila polovicu tadašnjega godišnjeg državnog proračuna (http://hr.wikipedia.org/wiki/Potres_u_Zagrebu_1880). Ekonomsku pomoć Zagrebu poslali su gotovo svi gradovi u Hrvatskoj, a pridružili su im se i brojni europski gradovi: Beč, Budimpešta, Prag, Sofija, Varšava, Krakov i Lavov. Što se tiče materijalne štete, osim brojnih stambenih objekata i uništene javne rasvjete, potrebno je spomenuti štetu koju je potres nanio brojnim javnim ustanovama i kulturno-povijesnim



Slika 1. Oštećena unutrašnjost zagrebačke katedrale, fotografija Ivana Standla (https://hr.wikipedia.org/wiki/Potres_u_Zagrebu_1880.)



Slika 2. Crkva u Kašini s vidljivim znatnim oštećenjima nakon potresa (<https://hr.izzi.digital/DOS/776/19784.html>)



objektima. Uz značajno oštećenu katedralu (slika 1), razaranja je pretrpio veliki broj ostalih sakralnih objekata, kako na Kaptolu i Gornjem gradu (crkve sv. Marka i sv. Katarine), tako i u prigradskim naseljima (crkve u Remetama i Kašini, slika 2). Većina škola bila je oštećena, primjerice kaptolske pučke škole i kadetska škola u Novoj Vesi. Kamenita su vrata bila raspucana, a zamjetne su se pukotine pojavile i na snažnim srednjovjekovnim kulama Gornjega grada, Popovom tornju i Lotrščaku.

Zanimljivo je spomenuti kako se Zagreb unatoč velikom razaranju brzo oporavio od potresa. U vremenu nakon Velikog potresa došlo je do urbanog formiranja grada, čime je iz malog provincijskog gradića Austro-Ugarske monarhije u dvadesetak godina niknuo gotovo novi grad (Premerl i Ladović, 1981). Samo do kraja stoljeća grad je dobio obnovljeni i moderniziran glavni trg, proširenu vodovodnu mrežu, uvedena je kanalizacija, uređen botanički vrt te su obnovljene i izgrađene mnoge ustanove poput katedrale, Hrvatskog narodnog kazališta, srednjoškolskog centra na Rooseveltovu trgu, brojnih pučkih škola (Premerl i Ladović, 1981).

Područje Zagreba i okolice pogađaju brojni potresi, od kojih većinu čine manji – nezamjetni potresi. Učestalost potresa u Zagrebu je bila velika i prije potresa u ožujku 2020. godine – potresi se zabilježe i više puta tjedno. Treba spomenuti kako su se potresi u Medvednici najčešće događali u kasnu jesen, zimi i u proljeće, odnosno kada je površina tla raskvašena od padalina pa i efekti potresa zbog toga mogu biti jači (http://www.hgi-cgs.hr/pojava_klizista.html).

Zagrebački potres 1880. godine bio je velika katastrofa jer je u njemu razoren veliki dio grada, dvije su osobe poginule, mnogo ih je ranjeno. Taj je potres značajan ne samo po razornim učincima, nego mnogo više po tome što je dao poticaj proučavanju potresa, otkad ono zapravo sustavno i počinje na našim prostorima. Tada je utemeljeno uvjerenje da „proučavanje potresa ne može biti isključiv interes pojedinaca“, već da je to „nasušna potreba“ cijele zajednice (Simović, 2000).

Literatura

- Premierl, N., Ladović, V. (1981). Izgradnja Zagreba nakon potresa 1880. Čovjek i prostor, 24, 334, 22–23.
- Simović, V. (2000). Potresi na zagrebačkom području. Građevinar, 52, 11, 637–645.
- Torbar, J. (1882). Izvješće o zagrebačkom potresu 8. studenoga 1880. Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 141 p.
- Veinović, Ž., Domitrović, D., Lovrić, T. (2007). Pojava likvefakcije na području Zagreba u prošlosti i procjena mogućnosti ponovne pojave tijekom jačeg potresa. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 19, 111–120.
- http://www.hgi-cgs.hr/zagreb_potresi.html (9. studenog 2018.)
- <https://www.youtube.com/watch?v=NGPaCLXKlI&t=290s> (9. studenog 2018.)
- <http://www.mgz.hr/hr/izlozbe/potres-u-zagrebu-1880-i-izgradnja-nakon-potresa,301.html> (9. studenog 2018.)
- https://hr.wikipedia.org/wiki/Potres_u_Zagrebu_1880 (27. kolovoza 2020.)
- http://www.hgi-cgs.hr/pojava_klizista.html (9. studenog 2018.)
- <https://hr.izzi.digital/DOS/776/19784.html> (27. kolovoza 2020.)



Projekt ENGIE – *Encouraging Girls to Study Geosciences and Engineering*

Karmen Fio Firi, Morana Hernitz Kučenjak, Ana Maričić i Iva Kolenković Močilac



Europski projekt pod nazivom ENGIE – *Encouraging Girls to Study Geosciences and Engineering* ili na hrvatskom „Poticanje djevojaka na studije geoznanosti i inženjerstva“ započeo je s provedbom početkom 2020. godine i trajat će tri godine. Projekt podržava *Raw Materials Community* Europskog Instituta za inovacije i tehnologiju (*European Institute of Innovation and Technology* (EIT RawMaterials)).

U provedbi ENGIE projekta sudjeluje 26 institucija iz Europe. U partnerstvo su uključena tri sveučilišta, Sveučilište u Miskolcu (University of Miskolc, Mađarska), Tehnološko sveučilište Luleå (*Luleå University of Technology*, Švedska) i Sveučilište u Zagrebu (Hrvatska); dva istraživačka centra (*La Palma Research Centre* iz Španjolske i *National Research Council of Italy* iz Italije) te Europska federacija geologa (*European Federation of Geologists*, EFG) kao strukovna organizacija na europskoj razini u suradnji s 26 nacionalnih udruga članica, uglavnom geoloških društava. U provedbi projekta tako sudjeluje i 20 nacionalnih udruga EFG-a kao povezane treće strane (*Linked Third Parties*, LTP) čime su projektne aktivnosti proširene na više od 20 europskih zemalja. Iz Hrvatske na projektu sudjeluju Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu kao partner projekta (doc. dr. sc. Iva Kolenković Močilac i doc. dr. sc. Ana Maričić) i Hrvatsko geološko društvo kao LTP (doc. dr. sc. Karmen Fio Firi s Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, dr. sc. Morana Hernitz Kučenjak iz INA d.d.).

Ideja projekta je da se različitim aktivnostima doprinese stvaranju interesa za studiranjem geoznanstvenih i srodnih inženjerskih disciplina kod djevojaka u dobi od 13 do 18 godina, čime se nastoji utjecati na postizanje ravnoteže spolova u ovim poljima znanosti. Naime, na razini Europske Unije, kao i na svjetskoj razini postoji naglašen nesrazmjer udjela muških i ženskih zaposlenika u području geoznanosti i srodnih inženjerskih disciplina, poput rudarstva, a dokazano je da spolno uravnoteženi timovi postižu bolje rezultate.

Početna faza projekta uključivala je anketiranje srednjoškolskih učenika i nastavnika prirodnih predmeta u različitim školama na području Republike Hrvatske, kako bi se dobile osnovne informacije o informiranosti i interesu mladih za geoznanosti. Ovaj dio istraživanja se provodio u srednjim školama u 22 zemlje tijekom veljače 2020. godine pod vodstvom istraživačkog tima s *Luleå University of Technology* iz Švedske. Ankete su ispunjavane anonimno, a u Hrvatskoj su se provodile dijelom *on-line*, a dijelom i na tiskanim anketnim listićima. Ovim putem zahvaljujemo svim nastavnicima i učenicima koji su sudjelovali u anketiranju.



Sljedeći korak uključivao je proučavanje dobrih praksi poučavanja predmeta iz STEM područja (područja znanosti, tehnologije, inženjerstva i matematike) kako bi se identificirali ključni elementi za motiviranje i uspješan prijenos znanja, kao dio razvoja edukacijske strategije koja će biti primijenjena tijekom izvedbe projektnih aktivnosti.

Aktivnosti projekta u prvoj polovici 2020. godine prilagođene su trenutnoj neizvjesnoj situaciji u Hrvatskoj i svijetu s obzirom na epidemiju koronavirusa COVID-19. Projekt bi trebao biti prezentiran u sklopu Festivala znanosti i Noći istraživača, te se nadamo da će u budućim mjesecima biti moguće realizirati većinu planiranih projektnih aktivnosti.

Više informacija o samom projektu možete naći na stranici <https://www.engieproject.eu/>.

Projekt ROBOMINERS

Duje Smirčić



Projekt ROBOMINERS (<https://robominers.eu/>) financiran je program OBZOR 2020 Europske zajednice za istraživanje i inovacije, s ciljem olakšavanja pristupa Europskoj zajednici mineralnim sirovinama. Osnovna ideja projekta je razvoj modularnog robotskog rudara sposobnog za preoblikovanje prema određenim uvjetima. Inovativnim pristupom proizveo bi se novi ekosustav rudarenja s novim idejama iz drugih sektora, poglavito uključivanjem robotičkih ideja. Korištenje robotskih rudara bilo bi posebice važno pri eksploataciji malih i nepristupačnih ležišta mineralnih sirovina. Pod ovim se podrazumijevaju napušteni ili poplavljeni već postojeći rudarski objekti, kao i već istražena mjesta ranije označena ekonomski neisplativim zbog nedovoljne veličine ili nedostupnosti.

Projekt će biti financiran 48 mjeseci s početkom 14. lipnja 2019. i postavljen je kao dugoročni strateški cilj kojim bi se omogućio pristup mineralnim sirovinama (osobito onima koje spadaju u kategoriju strateških i kritičnih sirovina) državama članicama Europske zajednice kako bi se smanjila ovisnost o uvezenim sirovinama.

ROBOMINERS okuplja 14 partnera iz 11 država s iskustvom u automatizaciji, robotici, biorobotici, senzornim sustavima, računalnim znanostima, razvoju, proizvodnji i menadžmentu industrijskih sustava, mehatronici, geološkom kartiranju, GIS servisima, mineralnim sirovinama, razvoju rudnih ležišta, rudarenju i obradi sirovine, metalurgiji, recikliranju, utjecajima na okoliš, izradi studija o očuvanju okoliša, ekološkoj i cirkularnoj ekonomiji.

U vrijeme trajanja projekta konzorcij namjerava ispuniti sljedeće ciljeve:

- Konstruirati potpuno funkcionalni prototip robotskog rudara prateći ekološki prihvatljivi dizajn koji će biti u mogućnosti navoditi i obavljati selektivno rudarenje u potopljenim podzemnim okolišima
- Dizajnirati rudarski ekosustav predvidive budućnosti putem simulacija, modeliranja i izradom virtualnog prototipa.
- Procijeniti sve ključne čimbenike robotskog rudara na razinu 4 tehničke sposobnosti (*Technology readiness level 4*).
- Koristiti prototipove za proučavanje i unaprjeđenje budućih izazova istraživanja uzevši u obzir sposobnost rasta, otpornost, mogućnost preoblikovanja, mogućnost automatskog popravka, skupno djelovanje, djelovanje u teškim uvjetima, selektivno rudarenje, metode proizvodnje i sveukupni utjecaj rudarenja na ekosustav.

European Federation of Geologists (EFG), kao jedan od partnera, uključila je svoje članice u projekt, a među njima i Hrvatsko geološko društvo (HGD), kao povezane treće strane. Uloga HGD-a je sudjelovati u prikupljanju podataka i informacija o mogućim lokacijama gdje bi se mogla provoditi testna rudarenja prototipom robotskog rudara. Do sada su aktivnosti HGD-a podrazumijevale obavješćavanje o projektu, te prikupljanje informacija o mogućim lokacijama za testiranje robotskog rudara na području Republike Hrvatske.

Koordinator za projekt ROBOMINERS ispred Hrvatskoga geološkog društva je dr. sc. Duje Smirčić s Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Za dodatne informacije o projektu možete se obratiti na dsmircic@rgn.hr.

Projekt CROWD THERMAL

Staša Borović



Projekt CROWD THERMAL (<https://www.crowdthermalproject.eu/>) ima za cilj osnažiti europsku javnost da izravno sudjeluje u razvoju geotermalnih projekata uz pomoć alternativnih shema financiranja (engl. *crowdfunding* – grupno financiranje) i alata za socijalno angažiranje. Kako bi se taj cilj postigao, projekt će prvo povećati transparentnost geotermalnih projekata i tehnologija stvaranjem poveznice jedan na jedan između geotermalnih aktera i javnosti kako bi se mogla dobiti socijalna licenca za djelovanje (engl. *Social Licence to Operate* – SLO).



Projekt će se odvijati u razdoblju od 1. rujna 2019. do 31. kolovoza 2022. godine. Financiran je iz programa Obzor 2020 u sklopu Akcija koordinacije i podrške u temi Izgradnja budućnosti s niskom razinom ugljika i klimatskom otpornošću. Ukupni iznos financiranja je 2.305.801,25 €.

CROWD THERMAL planira stvoriti model društvenog prihvaćanja geotermalne energije koji će se koristiti kao osnova u budućim akcijama za poticanje javne potpore geotermalnoj energiji. Paralelno i sinergijski s time, projekt će razraditi detalje o alternativnom načinu financiranja i smanjenju rizika koji pokrivaju različite vrste geotermalnih resursa i različite socio-geografske postavke. Modeli će biti razvijeni i potvrđeni kroz tri studije slučaja, po jedna na Islandu, u Mađarskoj i Španjolskoj, te uz pomoć transeuropske ankete koju će provesti povezane treće strane (engl. *Linked Third Parties* – LTPs): nacionalna geološka udruženja povezana s Europskom federacijom geologa (EFG-om).

Ciljevi projekta su:

- Proučiti i definirati zahtjeve za društvenu prihvatljivost i razviti model socijalne licence za rad (SLO) za različite geotermalne tehnologije i instalacije.
- Izraditi pregled uspješnih studija slučaja, kao i zapreka alternativnom financiranju geotermalne energije u državama EU na nacionalnoj i europskoj razini.
- Predložiti nove financijske modele za grupno financiranje na nacionalnoj i nadnacionalnoj osnovi koji će pokrivati pojedine države članice i Europu u cjelini.
- Izraditi preporuke za novu shemu ublažavanja rizika koja će dopunjavati alternativna rješenja financiranja, a istovremeno štiti interes privatnih ulagača.
- Razviti temeljne usluge za promociju zasnovanu na društvenim medijima i alternativno financiranje geotermalnih projekata, u suradnji s postojećim strukturama i konvencionalnim igračima.

CROWD THERMAL okuplja deset partnera iz šest država s bogatim iskustvom u financiranju geotermalnih projekata, alternativnom financiranju, korištenju društvenih medija, pružanju komunalnih usluga, istraživanjima, inovacijama, obrazovanju, ulaganjima, razvoju velikih geotermalnih projekata i međunarodnom umrežavanju na području geotermalne energije.

European Federation of Geologists (EFG) je uključila svoje članice, među njima i Hrvatsko geološko društvo (HGD), kao povezane treće strane, kako bi olakšala prikupljanje podataka i informiranje o rezultatima projekta. Do sada su se aktivnosti od strane HGD-a odnosile prvenstveno na informiranje o projektu putem mrežne stranice i Facebook profila društva, te pribavljanje informacija o zakonodavnom okviru Republike Hrvatske po pitanju financiranja i vlasništva nad geotermalnim projektima, proizvodnjom i cijenama električne i toplinske energije, dostupnim subvencijama za obnovljive izvore energije te naknadama koje proizvođači plaćaju za korištenje istih i distribuciju energije u sustave. Kao glavni problemi identificirani su nestabilnost zakonodavnog okvira te postojanje nelogičnosti i proturječnosti u propisima koji reguliraju različite aspekte korištenja geotermalne energije.

Dosadašnjim rezultatima projekta moguće je pristupiti na poveznici <https://www.crowdthermalproject.eu/deliverables/>.

Koordinatorica za projekt CROWD THERMAL ispred Hrvatskoga geološkog društva je dr. sc. Staša Borović iz Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju Hrvatskoga geološkog instituta. Za dodatne informacije o projektu možete joj se obratiti elektroničkom poštom na sborovic@hgi-cgs.hr.

Josipa Kapuralić: ODREĐIVANJE STRUKTURE KORE I LITOSFERNOGA PLAŠTA NA PODRUČJU DINARIDA I JUGOZAPADNOGA DIJELA PANONSKOGA BAZENA METODOM TOMOGRAFIJE BLISKIH POTRESA

Mentor: prof. dr. sc. Franjo Šumanovac, RGNF

Disertacija obranjena: 5. lipnja 2020. na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu u Zagrebu (*on-line* obrana).

Područje istraživanja obuhvaća kontaktnu zonu Jadranske mikroploče, koja je dio Afričke ploče i Panonskog bazena, dijela Euroazijske ploče. Prvi put je na ovom području primijenjena metoda tomografije bliskih potresa (LET-metoda) koja je omogućila konstruiranje trodimenzionalnog (3D) modela seizmičke brzine P-valova, kako bi se unaprijedila saznanja o kori i gornjem plaštu. Ulazni podaci za izračun modela brzine su vremena putovanja P-valova od hipocentara bliskih potresa do seizmoloških postaja unutar istraživanog područja.

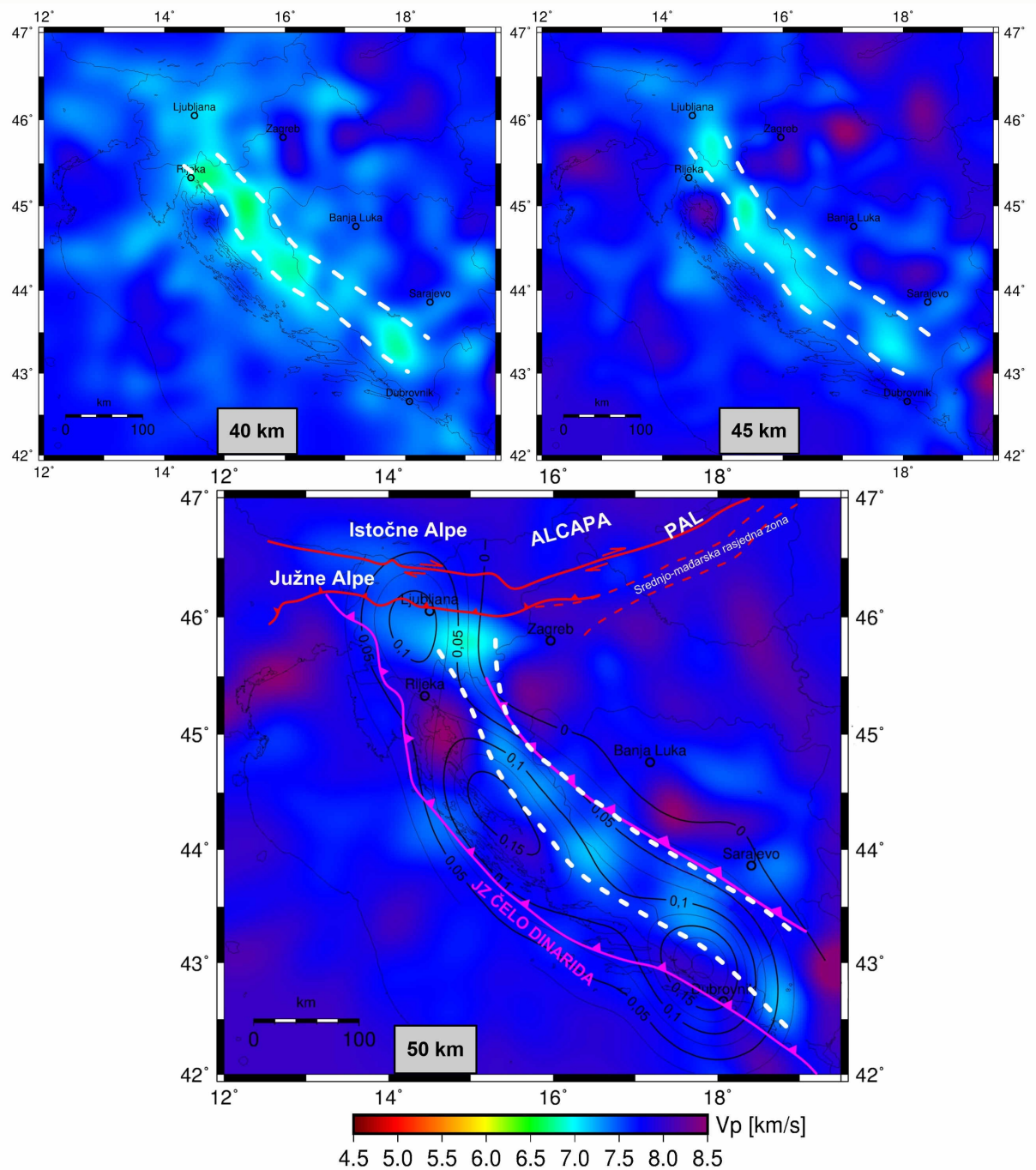
Podaci su prikupljeni u dvije faze. Nakon prve faze prikupljanja i obrade podataka konstruiran je 3D model brzina na području sjevernih Dinarida. Model je verificiran i kalibriran s detaljnim 2D modelom duž profila u sjevernim Dinaridima, čime se poboljšala postignuta rezolucija novog 3D modela. Druga faza prikupljanja podataka obuhvatila je šire područje te je konstruiran model na području cijelih Dinarida i prijelazne zone prema Panonskom bazenu.

Dinaridska kora karakterizirana je relativno malom seizmičkom brzinom P-valova u gornjoj kori i znatnim povećanjem brzine u donjoj kori. Značajan vertikalni gradijent brzine unutar kore ukazuje kako je dinaridska kora dvoslojna, dok u Panonskom bazenu brzine upućuju na jednostavniju strukturu kore, što je potvrdilo već ranije uočene glavne karakteristike tih dviju kora. Ispod Panonskog bazena su na području glavnih depresija prisutne anomalije malih brzina uzrokovane debelim naslagama sedimentnih stijena, a anomalija velike brzine između Savske i Dravske depresije prema tektonskim kartama pripada području ofiolitnih zona.

Najznačajniji doprinos ovog istraživanja je konstrukcija 3D modela brzina velike rezolucije, posebno u vršnom dijelu plašta. Model je omogućio preciznu interpretaciju debljine kore na temelju maksimalnog vertikalnog gradijenta brzine u donjoj kori. Male seizmičke brzine u vršnom dijelu plašta prisutne su ispod Dinarida na dubinama oko 45 km do dubine veće od 55 km. Tako male seizmičke brzine u gornjem plaštu su prva neposredna indikacija kontakta dviju tektonskih cjelina. Na temelju ove anomalije male brzine prvi put je određena dodirna zona Jadranske mikroploče i Panonskog tektonskog segmenta u gornjem plaštu.

Opis slike sa stranice 56

Horizontalni presjeci LET-modela na dubinama 40, 45 i 50 km. Na presjek dubine 50 km ucrtane su granice velikih tektonskih jedinica šireg područja (Schmid i sur., 2008). Kontaktna zona dvaju plašteva prema Šumanovcu (2010) je označena rasjedom ispod Dinarida, a podudara se sa sjeveroistočnom granicom kontaktne zone interpretirane u LET-modelu (bijele isprekidane linije). Crne izolije predstavljaju pozitivnu anomaliju dV (km/s) teleseizmičkog modela na istoj dubini (Šumanovac i sur., 2017).



Abisodinamika, potresi i Gjuro Pilar

Katarina Krizmanić

Gjuro Pilar (22. travnja 1846. – 19. svibnja 1893.) bio je istaknuti hrvatski prirodoslovac druge polovice 19. stoljeća, čovjek široke izobrazbe i kulture, prvi hrvatski školovani geolog, sveučilišni profesor, rektor Sveučilišta u Zagrebu te redoviti član JAZU. Također, bio je jedan od prvih i najznačajnijih kustosa koji je dao nemjerljiv doprinos razvoju muzejske djelatnosti u Hrvatskoj, a osobito je zaslužan za utemeljenje prirodnopisnih odjela Narodnoga muzeja u Zagrebu, čiji je sljednik današnji Hrvatski prirodoslovni muzej. Godine 1870. imenovan je upraviteljem Mineralogičko-eološkog odjela Narodnog muzeja u Zagrebu, a nekoliko godina kasnije, 1875., i profesorom za mineralogiju i geologiju na Zagrebačkom sveučilištu.

Znanstveni rad Gjura Pilara bio je vrlo raznovrstan, o čemu svjedoči i diversificiranost njegovih radova, no ovdje je prigoda istaknuti da je ulazio u meritum gotovo svih geoloških disciplina, pritom jednakom pomnošću razmatrajući temeljna pitanja evolucije Zemlje i uzročnike promjena, kao i dubinske globalne geološke procese, a zanimala ga je i ekscentričnost kretanja Zemlje. Imao je tek 22 godine kada je, stekavši prirodoslovno obrazovanje na sveučilištima u Parizu i Bruxellesu, doktorirao na sveučilištu u Bruxellesu. Nakon doktorata nastavlja studij te dovršava rukopis svoje teze „Les Révolutions de l'Écorce du Globe“ („Promjene Zemljine kore“), koju je javno obranio 1869. godine (Pilar, 1869) i time postao „agrégé à l'Université de Bruxelles“ (ekvivalent docenta). Rasprava je to, na svjetskoj razini, o Zemlji, njezinoj dinamici i evolutivnim promjenama tijekom čitave njezine prošlosti, u kojoj Pilar donosi pregled dotadašnjeg znanja te donosi spekulacije o dizanju i spuštanju kontinenata, otoka i morskog dna, s mnoštvom primjera što pokazuju detaljno poznavanje literature, a, između ostaloga, ističe da se žarka, tekuća Zemljina nutrina nalazi ispod kore deblje od 40 km (Kochansky-Devidé, 1974). Omiljena Pilarova tema, kojoj se često vraćao, jest središnja Zemljina toplina kao stalan izvor sila koje na različit način djeluju na Zemljinu koru u kojoj razlikuje donji (čvrsti, granitni) dio i površinski (sedimentni) dio. Kontrahira se samo donji dio, pa u njemu nastaju pukotine koje uzrokuju potrese i omogućuju vulkanizam (Herak, 1994).

Veliki zagrebački potres 1880. godine bio je povod da svoja razmišljanja o geodinamici zabilježi u knjizi „Grundzüge der Abyssodynamik: zugleich ein Beitrag zu der durch das Agramer Erdbeben vom 9. November 1880. neu angeregten Erdbebenfrage“ („Osnove abisodinamike“) objavljenoj, uz potporu matematičko-prirodoslovnog razreda Akademije, u Zagrebu 1881. godine. Premda u vrijeme potresa Pilar nije bio u Zagrebu, već u Bruxellesu na liječenju (*U vrijeme kada se dogodila katastrofa, 9. studenoga prošle godine, na moje veliko žaljenje, nisam bio u Agramu /u to sam vrijeme bio u Bruxellesu/ i nisam se mogao odmah vratiti zbog značajne osjetljivosti mojih očiju. U Agram sam stigao sredinom siječnja 1881. i*



Gjuro Pilar



pronašao još uvijek dovoljno tragova strahovitog učinka podrhtavanja, unatoč tome što je već puno toga već obnovljeno, posebno izvana, Pilar, 1881), njegovo djelo rezultat je intenzivnog praćenja rasprava u svijetu o unutrašnjoj Zemljinoj dinamici kao i ideja koje su mu se nametale u raščlanjivanju pojedinih problema tijekom nastave, a i zapažanja prilikom sustavnog praćenja potresa. Za nas su, razumljivo, zanimljiva njegova razmatranja o zagrebačkom potresu. Naime, tako jak i razoran potres izazvao je paniku među ljudima, pogotovo i stoga što su se nakon glavnog dogodili brojni manji potresi koji su mu slijedili. Tlo je podrhtavalo još šest mjeseci nakon glavnog potresa za koji je utvrđeno da je trajao 10 sekundi. Pojavile su se i „mnoge teorije“, ili Pilarovim riječima: *Tlo je još drhtalo pod nogama i već su nicali teorije o potresu kao gljive poslije kiše*. Bilo je i onih koji su širili uznemirujuće vijesti da je Zagreb na rubu propasti jer leži nad podzemnim vulkanom, izmišljali su muljne vulkane u Resniku, Šćitarjevu i Vrapču, neki su vidjeli kako na vrhu Medvednice suklja modrikast plamen, a u Stubici da su otvorena nova vruća vrela itd.

Ništa neobično, ako znamo da je u to vrijeme znanost još obilovala raznim pseudoznanstvenim teorijama o nastanku potresa. No, tim više je značajno što je Pilar, zajedno s ostalim prirodoslovnicima okupljenima oko tadašnje Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, proučavanju potresa pristupio doista temeljito i metodično, koristeći stečena znanja, ali i uvodeći nove znanstvene paradigme. Potrese je dijelio na tri tipa: vulkanske, one koji nastaju urušavanjem stijena u šupljine u tlu i one koji nastaju na dislokacijama u stjenovitoj Zemljinoj kori. *Upravo su rasjedi u nastajanju, po Pilarovom mišljenju, glavni uzroci potresa, iako ne isključuje određeno značenje i drugih faktora kao što je stvaranje pukotina, izdizanje i spuštanje prizmatskih tijela kore, naglo otvaranje i zatvaranje pukotina i pridruženo valovito kretanje žarko-žitke Zemljine unutrašnjosti*. Nakon iscrpne analize potresne fenomenologije, dolazi do zaključka da je većina potresa tektonska, nastala pucanjem granitne kore. Pokrovni sedimenti mogu utjecati samo na vrstu potresanja, već prema njihovoj debljini, položaju i sastavu. Udarac dolazi od plohe koja prolazi kroz cijelu koru. Prema tome, da bismo mogli ocijeniti prirodu potresa, potrebno je upoznati geološke odnose potresenog područja. *Kako je zagrebački potres 1880. bio od posebnog Pilarova interesa, on daje prvi zaokružen prikaz geologije Medvednice (Zagrebačke gore)* (Herak, 1994). Neposredno nakon velikog zagrebačkog potresa, na sjednici Matematičko-prirodoslovnog razreda tadašnje Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti osniva se „Strukovno povjerenstvo“ u koje su bili izabrani Ljudevit Vukotinović, Josip Torbar, Vinko Dvořak i Ivan N. Stožir, a za potrebe prikupljanja podataka o potresima i njihove obrade. Pilara u ovome povjerenstvu nije bilo jer je tada još bio u Bruxellesu, na liječenju. Međutim, kada je godine 1882. JAZU osnovala „Odbor za opažanje potresnih pojava“ od osam članova, među njima je bio i Gjuro Pilar. Članom toga odbora bio je još jedan veliki prirodoslovac i muzealac – Mijo Kišpatić, autor poznatih „Potresnih izvješća“.

Znakovit je, nadalje, i Pilarov rad „Djakovački potres dne 24. ožujka 1884.“ objavljen u Radu JAZU (Pilar, 1884), u kojemu donosi vrlo detaljan opis Đakovačkog potresa temeljen na pomnom zapažanju i bilježenju svih pojava koje su ljudi zamijetili u vrijeme potresa, ponašanju ljudi i životinja u vrijeme potresa te razmatranju djelovanja potresa na građevine, uz zaključak da se građevine trebaju raditi *...u lagljem stilu i uz upotrebu obilja željeza...* To stoga jer *djakovština mora računati s potresom kao s periodičnom nevoljom*. Također, u tome radu dolaze do izražaja i njegova razmišljanja o prirodnim uzročnicima potresa, dovodeći u svezu pomake u Zemljinoj kori, pukotine i potrese. Pilar se osvrće i na važnost određivanja parametara potresa te ističe i potrebu za nabavom seizmografa, u cilju njihova objektivnog određivanja. Valja napomenuti da su svi osnovni podaci o đakovačkom potresu koji se nalaze u UNESCO-vom katalogu potresa uzeti prema Pilarovom izvješću: vrijeme, koordinate epicentri, procjena maksimalnog intenziteta i



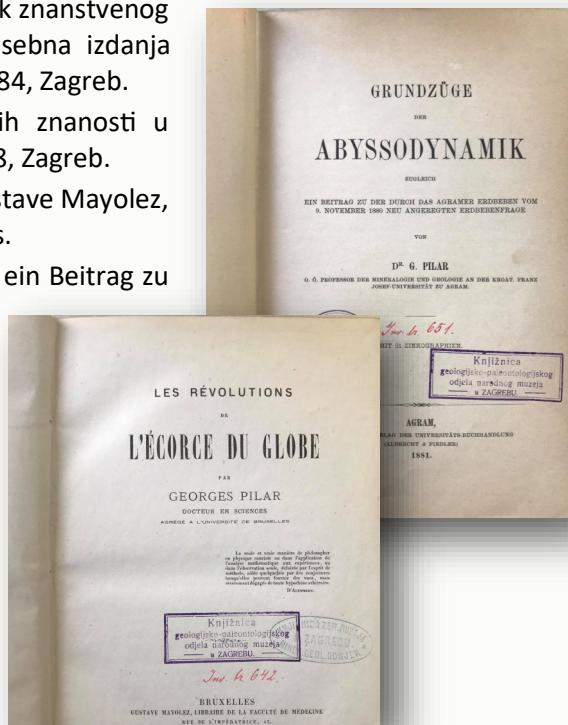
polumjer područja unutar kojeg se potres osjetio (Skoko i Prelogović, 1994)

Tadašnja svjetska znanstvena javnost pozitivno je prihvatila Pilarove rasprave, što dokazuje činjenica da je, primjerice, njegova doktorska teza (izvorno napisana na francuskom jeziku) u cijelosti prevedena na engleski jezik i objavljena u Washingtonu (Smithsonian Institution, 1877), a djelo „Grundzüge der Abyssodynamik“, iako objavljeno u Zagrebu i na njemačkom jeziku, prikazano je i citirano u brojnim cijenjenim stručnim časopisima te dospjelo do knjižnica diljem svijeta pa i Kongresne knjižnice u Washingtonu.

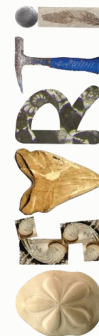
I, premda su neke Pilarove teze o geodinamici i postanku potresa danas možda zastarjele ili se, zahvaljujući napretku tehnologije i novim znanstvenim saznanjima, tumače drugačije, njegovi radovi iskazuju, za vrijeme u kojem su nastali, iznimno razumijevanje i vladanje materijom, a nadasve pokazuju razinu struke u razdoblju povijesti geološke znanosti u kojemu je živio i stvarao. Pilar je, naime, djelovao u doba kada se moderna geologija tek osamostaljivala kao znanost i tim su više njegov znanstveni doprinos i ukupnost njegovih dosega istaknutiji, značajniji i, možemo slobodno reći, bez izuzetka jedinstveni. Još za života bio je cijenjen u europskim i svjetskim znanstvenim krugovima i toga je bio svjestan. U svojem pismu Florijanu Latkoviću, župniku u Slavonskom Brodu, iz 1883. godine, glede kandidature za zastupnika Broda u Hrvatskome saboru, između ostaloga piše: *Ja sam gotov čovjek i što mi je bio cilj života moga to sam postigao, naime priznanje učenoga svieta za moj znanstveni rad.*

Literatura:

- Herak, M. (1994). Pilarovo poimanje geodinamike. Zbornik znanstvenog skupa o Gjuri Pilaru, Slavonski Brod, (1993). Posebna izdanja HAZU, Razred za prirodne znanosti, Knjiga 11, 73—84, Zagreb.
- Kochansky-Devidé, V. (1974). Prilozi povijesti geoloških znanosti u Hrvatskoj. I. Gjuro Pilar. Geol. Vjesnik, 27, 333—348, Zagreb.
- Pilar, G. (1869): Les Révolutions de l'Écorce du Globe. Gustave Mayolez, Libraire de la Faculté de Médecine, 158 p., Bruxelles.
- Pilar, G. (1881). Grundzüge der Abyssodynamik, zugleich ein Beitrag zu der durch das Agramer Erdbeben von 9. November 1880. neu angeregten Erdbebenfrage, Agram.
- Pilar, G. (1884). Djakovački potres dne 24. ožujka 1884. Rad Jugosl. akad. znan. umjetn., 78, 117—174, Zagreb.
- Skoko, D., Prelogović, E. (1994). Značenje Pilarovog doprinosa prirodnoznanstvenom tumačenju potresa. Zbornik znanstvenog skupa o Gjuri Pilaru, Slavonski Brod, (1993). Posebna izdanja HAZU, Razred za prirodne znanosti, Knjiga 11, 117—133, Zagreb.



Pilarove knjige Les Révolutions de l'Écorce du Globe i Grundzüge der Abyssodynamik



POTRES kao tema u književnosti

Nina Kovačić i Josipa Haviđić

Tema potresa i njegovih posljedica rano se javlja u književnosti, a prisutna je i u „Starom“ (npr. 1. Kr 19.11.) i u „Novom zavjetu“ (npr. Mt 27.54. i 27.51.). Grci su vjerovali da potresi dolaze iz mora i da o njima odlučuje Posejdon, Bog mora i zemljotresa, pa ga Homer i u „Ilijadi“ i u „Odiseji“ naziva *zemljotrescem* (stihovi 201 i 208 u elektroničkom izdanju „Ilijade“: http://gimnazija-sb.com/portal/wp-content/uploads/2015/02/homer_ilijada.pdf). Potres i usporedbe s udarom potresa sadržani su u djelima velikana klasične svjetske književnosti: Petrarca u djelu „Secret“ spominje potres u Italiji 1349. godine, Shakespeare u djelu „Romeo i Julija“ spominje onaj u Engleskoj 1580. godine, dok Voltaire u romanu „Candide“ spominje potres u Lisabonu 1755. godine.

Ni suvremeni autori ne zaobilaze ovu temu. Veliki potres u Kobeu 1995. godine, u kojem su poginule 6434 osobe provlači se kroz priče Harukija Murakamija iz 2003. godine u knjizi „nakon potresa“ (naslov je pisan malim slovima po autorovoj želji): *Čudne su to i zagonetne pojave, nije li tako – potresi? Uzimamo zdravo za gotovo da nam je tlo pod nogama čvrsto i nepomično. Čak se i kaže za ljude da imaju obje noge na zemlji, stoje čvrsto na tlu. Ali onda odjednom, jednog dana, shvatimo da to nije istina. Zemlja, stijenje, koji bi morali biti pojam čvrstine, odjednom se pretvore u kašastu tekućinu. Čuo sam to na vijestima na televiziji: mislim da to zovu likvefakcija.*

Na našim je prostorima zabilježena „velika trešnja“ u Dubrovniku 1667. godine, s procijenjenom magnitudom od 7,2 prema Richteru, u kojoj je izgubilo život oko 2000 ljudi ili 42 % Dubrovčana. Ovaj je događaj opisan u stihovanim svjedočanstvima Nikole Bone/Bunića, Petra Kanavelića i Bara Bettere prikazanim u djelu „Poetika katastrofe“ Slavice Stojan iz 2015. godine, kao i u povijesnom romanu Raula Mitrovicha (pseudonim Feđe Šehovića) iz 1987. godine, „Oslobađanje đavola“, u kojem je navedeno: *Sve palače s jedne i druge strane pretvorile su se u gomilu krša, više i stravičnije negoli u seksteriji gdje je njegova kuća. Susretao je uglavnom izbezumljena lica žena koje su nekamo bježale nošene instinktom samoodržanja, krsteći se i usput moleći Boga, uvjerene da se radi o smaku svijeta. (...) Usput, baš kraj Katedrale, osjetio je opet podmukli drhtaj zemlje i opet se kroz guste zavjese prašine sunce jedva probijalo. (...) Sav poderan i izranjavljen uspio je doći do svoje kuće, ili bolje reći do mjesta gdje se nekad nalazila Menčetićeva palača jer se u maloprijašnjem udaru srušila do temelja i druga polovica zdanja, baš na onom mjestu odakle se oglašavao njegov sin jedinac.*

Zagrebački Veliki potres iz 1880. godine, procijenjene magnitude 6,2 prema Richteru, ukomponiran je u strukturu romana „Potres“ Višnje Stahuljak iz 2009. godine: *Podzemlje je u 10 sekundi jednim okomitim udarcem i trešnjom smlavilo čitav grad kao igračku. Igračke smo. Igračke zemlje i njezine uzburkanosti, ljuljamo se na njezinim potresima kao i na potresima vlastitih duša. Potreseni smo do svoje krhke biti, ranjivi, izrasli na tom tresnom području, potreseni životom svojih uzbibanosti. Ustrašeni od potresa zemaljskih i međuljudskih, potresa svjetskih i domaćih, osobnih, naših, i onih što tresu našom nutrinom, našim životima i životima naših najdražih.*

Najsnažnija feljtonistička svjedočanstava o zagrebačkome potresu iz 19. stoljeća ostavio je August Šenoa u ciklusu „Zagrebulje“ (<https://www.knjizevnost.hr/zagrebulje-1880-august-senoa>). Posljednje Zagrebulje iz 1880. godine sadrže detaljne opise posljedica na grad i život stanovnika. U svojstvu gradskog



senatora, Šenoa je sudjelovao u procjeni šteta i pomaganju stradalnicima zbog čega je često boravio na otvorenom i kao posljedicu dobio upalu pluća od koje je umro sljedeće godine. Naveo je: *Deset sekunda! Šesti dio jedne minute! Časak, da dva tri puta dahneš, manje neg' što treba na smrt ranjenu crvu da pogine, šta je to u životu čovjeka? Šta je to u povijesti naroda? Ništa. U tečaju povijesti svijeta čini ti se da te mjere nema. Al' sada, kad nam se malo vraća svijest i dah, kad je i sam bijes prirode, bijući nas, sustao, te se možeš poslije dugih deset dana položiti na uzglavlje, kad ti pod drhtavim nogama ne riče podzemni vatreni zmaj udarajući svojom kobnom pandžom u srce hrvatske domovine – istom sad, prolazeći kućama glavnoga grada, mjerimo deset sekunda, pa nam se čini da je to bio cio vijek, proklet vijek.*

I kao da postoji neka tužna tajna veza između Augusta Šenoe i potresa, u potresima koji su pogodili grad Zagreb 22. ožujka 2020. godine stradala je i „Kuća Šenoa“, smještena u ulici Ive Mallina 27. Ovo zdanje je zaštićena građevina i kulturno dobro Hrvatske i predstavlja povijest četiriju generacija obitelji Šenoa tijekom 182 godine njihova života u Zagrebu.

Literatura

Mitrovich, R. (1987). Oslobođanje đavola. Grafički zavod Hrvatske, Zagreb, 161.

Murakami, H. (2003). nakon potresa. Prev. Maja Šoljan. Vuković & Runjić, Zagreb, 113.

Stojan, S. (2015). Poetika katastrofe – pjesnici o Velikoj trešnji 1667. godine u Dubrovniku i okolici. Anali Zavoda za povijesne znanosti Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti u Dubrovniku, 51/1, 113–148.

Stahuljak, V. (2009). Potres. Naklada Ljevak, Zagreb, 140.

http://gimnazija-sb.com/portal/wp-content/uploads/2015/02/homer_ilijada.pdf (29. kolovoza 2020.)

<https://www.knjizevnost.hr/zagrebulje-1880-august-senoa> (29. kolovoza 2020.)

<http://hu-benedikt.hr/?p=119597> (29. kolovoza 2020.)



Kuća Šenoa u ulici Ive Mallina, <http://hu-benedikt.hr/?p=119597>



U ovom broju surađivali su:



Ivan Antolović, student
*Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek*

doc. dr. sc. Katarina Gobo
*Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek
Horvatovac 102a, 10000 Zagreb
katarina.gobo@geol.pmf.hr*



Ivona Baniček, mag. geol.
*Hrvatski geološki institut
Zavod za hidrogeologiju i inženjersku
geologiju
Sachsova 2, 10000 Zagreb
ivona.banicek@hgi-cgs.hr*

Josipa Havidić, dipl. ing. geol.
*INA Industrija nafte d.d.
Istraživanje i proizvodnja
Istraživanje i razvoj portfelja Upstreama
Avenija V. Holjevca 10, 10000 Zagreb
josipa.havidic@ina.hr*



dr. sc. Staša Borović
*Hrvatski geološki institut
Zavod za hidrogeologiju i inženjersku
geologiju
Sachsova 2, 10000 Zagreb
stasa.borovic@hgi-cgs.hr*

prof. dr. sc. u. m. Davorka Herak
*Prirodoslovno-matematički fakultet
Geofizički odsjek
Horvatovac 95, 10000 Zagreb
dherak@gfz.hr*



prof. dr. sc. Aleksandra Čižmešija
*Prirodoslovno-matematički fakultet
Matematički odsjek
Bijenička cesta 30, 10000 Zagreb
cizmesij@math.hr*

prof. dr. sc. Marijan Herak
*Prirodoslovno-matematički fakultet
Geofizički odsjek
Horvatovac 95, 10000 Zagreb
mherak@gfz.hr*



dr. sc. Iva Dasović
*Prirodoslovno-matematički fakultet
Geofizički odsjek
Horvatovac 95, 10000 Zagreb
dasovici@gfz.hr*

dr. sc. Morana Hernitz Kučenjak
*INA Industrija nafte d.d.
Istraživanje i proizvodnja
Istraživanje i razvoj portfelja Upstreama
Lovinčičeva 4, 10000 Zagreb
morana.hernitz-kucenjak@ina.hr*



doc. dr. sc. Karmen Fio Firi
*Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek
Horvatovac 102a, 10000 Zagreb
karmen.fio@geol.pmf.hr*

dr. sc. Josipa Kapuralić
*Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geofizička istraživanja i
rudarska mjerenja
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb
josipa.kapuralic@rgn.unizg.hr*





doc. dr. sc. Iva Kolenković Močilac
*Rudarsko-geološko-naftni fakultet
 Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
 Pierottijeva 6, 10000 Zagreb
 iva.kolenkovic@rgn.unizg.hr*

izv. prof. dr. sc. Snježana Markušić
*Prirodoslovno-matematički fakultet
 Geofizički odsjek
 Horvatovac 95, 10000 Zagreb
 markusic@gfz.hr*



dr. sc. Tvrtko Korbar
*Hrvatski geološki institut
 Zavod za geologiju
 Sachsova 2, 10000 Zagreb
 tvrtko.korbar@hgi-cgs.hr*

dr. sc. Iva Mihoci
*Hrvatski prirodoslovni muzej
 Demetrova 1, 10000 Zagreb
 iva.mihoci@hpm.hr*



Nina Kovačić, dipl. ing. fiz.
*INA Industrija nafte d.d.
 Istraživanje i proizvodnja
 Istraživanje i razvoj portfelja Upstreama
 Avenija V. Holjevca 10, 10000 Zagreb
 nina.kovac@ina.hr*

dr. sc. Marija Mustać
*Prirodoslovno-matematički fakultet
 Geofizički odsjek, Seizmološka služba
 Horvatovac 95, 10000 Zagreb
 mmustac@gfz.hr*



Katarina Krizmanić, dipl. ing. geol.
*Hrvatski prirodoslovni muzej
 Demetrova 1, 10000 Zagreb
 katarina.krizmanic@hpm.hr*

dr. sc. Duje Smirčić
*Rudarsko-geološko-naftni fakultet
 Zavod za mineralogiju, petrologiju i
 mineralne sirovine
 Pierottijeva 6, 10000 Zagreb
 duje.smircic@rgn.hr*



Helena Latečki, mag. phys.-geophys.
*Prirodoslovno-matematički fakultet
 Geofizički odsjek, Seizmološka služba
 Horvatovac 95, 10000 Zagreb
 hlatecki@gfz.hr*

dr. sc. Martina Šašić Kljajo
*Hrvatski prirodoslovni muzej
 Demetrova 1, 10000 Zagreb
 martina.sasic@hmp.hr*



doc. dr. sc. Ana Maričić
*Rudarsko-geološko-naftni fakultet
 Zavod za mineralogiju, petrologiju i
 mineralne sirovine
 Pierottijeva 6, 10000 Zagreb
 ana.maricic@rgn.unizg.hr*

Dominik Teskera, student
*Prirodoslovno-matematički fakultet
 Geološki odsjek*





prof. dr. sc. Bruno Tomljenović
*Rudarsko-geološko-naftni fakultet
 Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
 Pierottijeva 6, 10000 Zagreb
 bruno.tomljenovic@rgn.unizg.hr*

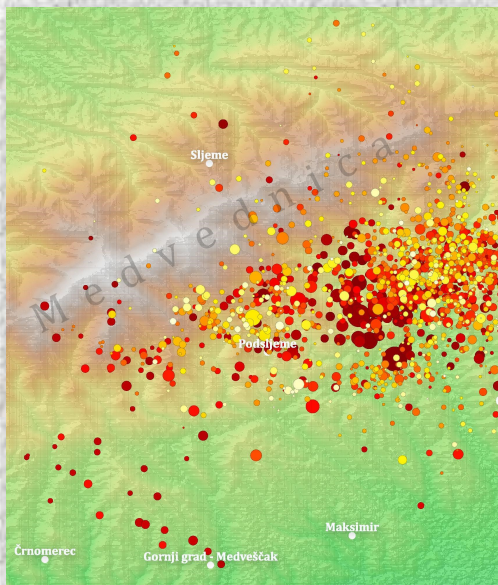


Dominik Vadlja, student
*Prirodoslovno-matematički fakultet
 Geološki odsjek*

prof. dr. sc. Tatjana Vlahović
*Hrvatski prirodoslovni muzej
 Demetrova 1, 10000 Zagreb
 tatjana.vlahovic@hpm.hr*



Elen Zukon Kolić, studentica
*Prirodoslovno-matematički fakultet
 Geološki odsjek*



Naslovnica: *Epicentri glavnog i naknadnih potresa zagrebačke serije u razdoblju između 22. ožujka i 1. lipnja 2020. godine (prema preliminarnim podacima Herak i sur., 2020, osobno priopćenje)*

Svoje priloge za Vijesti HGD-a šaljite na: karmen.fio@gmail.hr ili morana.hernitz-kucenjak@ina.hr

Veliko HVALA svima koji su pomagali nakon potresa!



Izdavač:

HRVATSKO GEOLOŠKO DRUŠTVO
Zagreb, Sachsova 2; info@geologija.hr

Za izdavača:

prof. dr. sc. Nenad Tomašić

Glavna urednica:

doc. dr. sc. Karmen Fio Firi

Tehnička urednica:

dr. sc. Morana Hernitz Kučenjak

Uredništvo:

dr. sc. Koraljka Bakrač
Ana Kamenski, mag. geol.
Nina Kovačić, dipl. ing. fiz.
Katarina Krizmanić, dipl. ing. geol.
doc. dr. sc. Ana Maričić
dr. sc. Ana Majstorović Bušić,
Agata Poganj, studentica

Naklada: 400 primjeraka

Tisak:

Kerschoffset d.o.o.
Ježdovečka 112, 10250 Lučko-Zagreb

***Za sadržaj priloga
odgovaraju potpisani autori***



Vijesti Hrvatskoga geološkog društva objavljene su uz financijsku potporu
Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske

Dana 25. srpnja 2001., odlukom Ureda za odnose s javnošću Vlade Republike Hrvatske Vijesti Hrvatskoga geološkog društva prijavljene su na temelju članka 18. stavka 4. i 5. Zakona o javnom priopćavanju (NN br. 83/96)

UDK 55

CODENVHGDEJ

ISSN 1330-1357

U sljedećem broju pročitajte...



**Pripreme za 70.
godišnjicu
Hrvatskoga
geološkog
društva**

**Hrvatski
prirodoslovni
muzej – nove
čuvaonice**

**Projekti
Hrvatske zaklade
za znanost**



Naša poslovna izvrsnost rezultat je energije naših ljudi.

Od istraživanja i proizvodnje, preko prerade pa sve do maloprodajne djelatnosti, naša najjača snaga su ljudi. Zahvaljavujući njihovoj energiji INA je već pola stoljeća lider u svim segmentima poslovanja. Zato je svaki poslovni uspjeh naše kompanije prvenstveno uspjeh naših zaposlenika.

INA - vi ste naša energija.

INA
www.ina.hr

