

ZAGREBAČKI POTRES

22. OŽUJKA 2020.

STRUČNI ČLANAK

T. BONEVSKA, M. GRLIĆ, M. HORVAT, L. MIHOLIĆ, I. MARTINIĆ

Poznato je kako se Zagreb nalazi na trusnom području, u zoni relativno jake tektonske aktivnosti čija su posljedica snažni potresi. Zagreb su kroz povijest pogađali umjereni i snažniji potresi, a najpoznatiji i najrazorniji bio je onaj iz 1880. godine. Unatoč navedenom, potres je u ranim jutarnjim satima u nedjelju, 22. ožujka 2020. iznenadio gotovo sve građane. Epicentar potresa bio je na području Medvednice, a potres je aktivirao pomak na Markuševečkom rasjedu. Snaga prvog i najjačeg udara bila je magnitude 5,5 po Richteru. Potres se snažno osjetio i na području Krapinsko-zagorske i Zagrebačke županije. Život je nažalost izgubila jedna osoba, a taj broj mogao je biti i znatno veći da nekoliko dana prije na snagu nisu stupile stroge padnemijske mjere i zatvaranje gotovo svih djelatnosti u gradu, zbog kojih su gotovo svi građani bili u svojim domovima. Najjača oštećenja pretrpjeli su dijelovi grada koji su bili najbliži epicentru potresa, kao i centar grada, čija starost građevina nerijetko prelazi i 100 godina. Zakon o obnovi potresom pogođenih područja donesen je nekoliko mjeseci kasnije, a obnova još uvijek traje i trajat će godinama. Osim materijalne štete, potres je ostavio posljedice i na psihičko zdravlje građana, koje je dodatno narušeno snažnim potresom u Petrinji 29. prosinca 2020. U svrhu smanjivanja posljedica od potresa kojih će u budućnosti sigurno biti, potrebno je uložiti sredstva u kvalitetnu obnovu grada, ojačavanje otpornosti zgrada i edukaciju stanovništva.

Ključne riječi: potres, povijest potresa, prostorna analiza, obnova, Zagreb

Uvod

U današnje vrijeme, kada je razvoj znanosti i tehnologije umanjio rizik od brojnih prirodnih nepogoda, ljudi su skloni opustiti se i ne razmišljati o nepredvidljivim situacijama kao što su potresi. Iako su potresi u nekim dijelovima svijeta gotovo svakodnevna pojava, samo pouzdano predviđanje nastanka potresa još uvijek nije moguće. Potres koji se dogodio 22. ožujka 2020. godine, magnitude 5,5 po Richteru, zasigurno će svima koji su ga doživjeli ostati trajno urezan u sjećanje. Oštećenja na građevinama još će neko vrijeme stajati kao pokazatelj problema u urbanističkom planiranju grada Za-

greba. Zakon o obnovi je donesen, međutim provedba obnove teče sporo. Metoda i materijala za bolju obranu od potresa ima i već se naveliko koriste u svijetu, no pitanje kako će se to znanje iskoristiti u obnovi Zagreba. Izdvojena financijska sredstva trebala bi biti dostatna da se građevine obnove barem do razine na kojoj su bile prije potresa, iako je potreba za izdržljivijim konstrukcijama neminovna. Seizmološka istraživanja pak pokazuju da postoji realna opasnost od ponovnog potresa čak i jače magnitude na ovom području. To je pokazao i potres u okolici Petrinje 29. prosinca 2020.

godine koji se također jako osjetio i u Zagrebu. S obzirom na to da se sve događa u doba pandemije bolesti COVID-19, resursi su ograničeni zbog ekonomske krize. Od posljedica potresa u Zagrebu je preminula jedna osoba.

Povijest potresa na području Zagreba i okolice

Prema izračunima geofizičara Josipa Mokrovića na području Zagreba i njegovog šireg regionalnog područja od 1502. do 1883. godine dogodio se ukupno 661 potres, od čega je njih dvadesetak prouzročilo veću štetu (Gusić i dr., 2016). Najstariji zabilježeni potres u Zagrebu dogodio se 26. ožujka 1502. godine, a prouzročio je rušenje tornja crkve sv. Marka. Do "zagrebačkog potresa u doba korone" (kako ga naziva Markušić, URL 1) najistaknutiji potres bio je onaj iz 1880. godine, takozvani "Veliki zagrebački potres" kada su izgubljena 2 ljudska života, ozlijeđen je nemali broj ljudi, a oštećeno je ili porušeno više od polovice grada. Ukupna materijalna šteta iznosila je 2 153 108 forinti. Potres je bio jačine oko 9° MCS, odnosno magnitude 6,3 po Richteru. Epicentar potresa bio je na području Medvednice, oko mjesta Kašina i Planina, a žarišna dubina procijenjena je na između 10 i 15 km teorijskim izvodima „o odnosu mjera padanja predmeta i smjera rasprostiranja valova potresa" (Simović, 2000). Potres se dogodio u 7 sati i 3 minute, 9. studenoga, a u tadašnjim su novinama pisali da se Zagreb "fest prodrmal" i "splasil ljude". Počela se širiti glasina da ispod Medvednice leži vulkan, spominjali su se muljni izvori na području Resnika, Šćitarjeva i Vrapča. Posljedice potresa dovele su do velikog iseljavanja stanovništva iz grada. Sljedeći jači potresi bili su onaj 1901. godine s epicentrom na području Šestina (magnitude 4.6 po Richteru), dva jaka potresa krajem

1905. i početkom 1906. godine na gotovo istoj lokaciji kao "Veliki zagrebački potres", potres iz 1990. godine s epicentrom u blizini Kraljevog vrha (magnitude 4,7 po Richteru) i konačno potres koji se dogodio 22. ožujka 2020. godine s magnitudom 5,5 po Richteru (URL 1). Pozitivna posljedica potresa 1880. godine je ta što je ukazao na činjenicu da ova pojava više ne može biti predmet interesa pojedinca već da je problem potrebno sagledavati sa stručnog stajališta u interesu javnosti. Od tada započinje sustavno praćenje seizmičnosti ovog područja. Prvu seizmološku postaju u Zagrebu postavio je Andrija Mohorovičić 1908. godine (Markušić i dr., 2020). Sa svrhom pokušaja prognožiranja potresa, u Hrvatskoj 1970-ih godina kreću istraživanja ovisnosti seizmičkih aktivnosti o tektonskim gibanjima i nastaju prve karte prognoze potresa. Prve karte rasporeda maksimalnog intenziteta potresa objavljene su 1981. godine, a 1987. godine objavljene su karte seizmičke opasnosti za razne vremenske periode (Gusić i dr., 2016).

Istraživanja dinamike pomaka Zemljine kore u Hrvatskoj

Kontinuirano dugoročno praćenje pomaka Zemljine kore na području Republike Hrvatske počinje 1994. godine pokretanjem projekta CRODYN. Informacije dobivene mjerenjima na ukupno 32 točke postavljene do 2013. godine omogućile su geometrijsko modeliranje i deformacijsku analizu područja Jadranske mikroploče. Geodinamičkim istraživanjima na širem zagrebačkom području u trajanju od 1997. do 2015. godine dobiven je model gibanja pripovršinskih slojeva Zemljine kore tog područja koji ukazuje na stalnu tektonsku aktivnost, osobito na području Medvedni-

ce. Mjerenja su provedena postavljanjem 43 točke i provođenjem 10 GPS mjernih kampa- nja vremenski raspoređenih kroz 18 godina. Osobita tektonska aktivnost zabilježena je na području Medvednice, zonama Zagrebačkog rasjeda i rasjeda Stubica – Kašina (Pribičević i dr., 2016). Solarić (2013) predlaže uporabu hrvatskog pozicijskog sustava CROPOS za prognoziranje jačih potresa, osobito na po- dručju Zagreba i Krškog, a po uzoru na Japan koji se koristi sličnom metodom. CROPOS ko- risti GNSS satelite pa bi za ovaj projekt bilo potrebno usmjeriti još satelita na području interesa koji bi se financirali iz fondova Europ- ske Unije. Do danas ova ideja nije realizirana. Zahvaljujući širokoj mreži seizmoloških postaja i razvijenom sustavu automatizirane lokaci- je potresa, u Hrvatskoj se u manje od 2 minute mogu dobiti točni podaci o lokaciji potresa i glavnim parametrima (magnituda, vrijeme nastanka, hipocentar...). Podaci od lokalne seizmološke postaje dolaze u glavni centar Seiz- mološke službe Hrvatske u Zagrebu u gotovo realnom vremenu (1 do 2 sekunde kašnjenja).

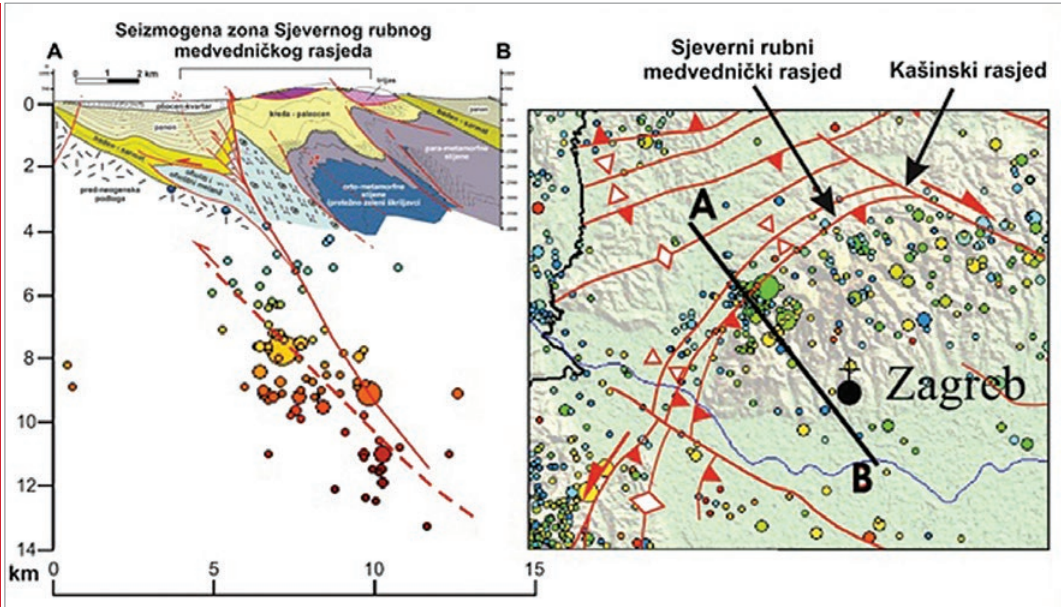
Sustav promptnog obavješćivanja i reagi- ranja (SPOiR) jedan je od najvažnijih sustava u smanjivanju posljedica potresa koji se temelji na brznoj obradi prikupljenih podataka o potre- su i pridonosi smanjenju učinka jakog potresa na stanovništvo na način da pomogne vodstvu civilne zaštite u akciji spašavanja. U Hrvatskoj postoji samo začetak SPOiR-a i potrebna je nje- gova nadogradnja da bi bio na razini sustava razvijenih zemalja (Kuk, 2016).

Seizmotektonika zagrebačkog područja

Teritorij Republike Hrvatske prostire se na seizmički aktivnom području. To je posljedica 17 seizmotektonskih zona koje obuhvaćaju

i širu okolicu, a sva aktivnost se odvija u gor- njoj kori do 18 km dubine. Područje Zagreba pripada 11. zoni, koja je udarna točka između geotektonski različitih istočnih Alpa, sjevero- zapadnih Dinarida i jugozapadnog Panonskog bazena (Markušić i Herak, 1999). Prilikom kren- tanja Jadranske mikroploče prema Euroazijskoj ploči, dolazi do njihove konvergencije i akumu- liranja energije u vidu tektonskih napetosti duž njihovih površina (Handy i dr., 2019). Kada ta tenzija prijeđe maksimum posmične čvrstoće tla, tijekom pucanja i pomicanja stijena dolazi do naglog otpuštanja nakupljene energije, od- nosno potresa. Njihov uzrok na zagrebačkom području najčešće je seizmogeno aktivnost rasjeda s reverznim pomakom kojima je pruža- nje u smjeru sjeveroistok-jugozapad, a koji su rezultat miocenske tektonske inverzije u tom dijelu Panonskog bazena (Herak i dr., 2016). Dva izrazito seizmogeno rasjeda tog područja su Sjeverni rubni medvednički rasjed (s padom rasjedne plohe od sjeverozapada prema jugo- istoku) i Kašinski rasjed koji je okomit na pret- hodni, s pomakom po pružanju (Šavor Novak i dr., 2020) (sl. 1).

Na temelju analiza hipocentara potresa 22. ožujka 2020. godine rekonstruiran je najvjero- jatniji scenarij i izrađen je model potresne sekvence. Zaključak je da su potresi tog dana posljedica jakog pomaka na glavnom navlač- nom rasjedu koji se pruža pod kutem od 40° iz sjeverozapadnog dijela Hrvatskog zagorja u dubinu prema središnjem dijelu Medvednice. Naknadni pomaci su se nastavili, što je uzroko- valo aktiviranje cijelog kompleksnog sustava rasjeda u sjeveroistočnom dijelu Grada. Neko- liko sati poslije aktivirao se i sekundarni rasjed koji se nalazi ispod glavnog grebena Medved- nice, no ne može se sa sigurnošću reći kako ta dva rasjeda međusobno utječu jedan na drugi (Markušić i dr., 2020).



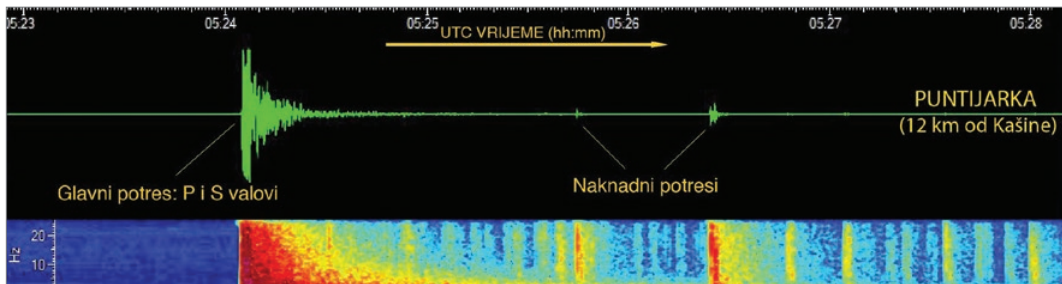
Sl. 1. Lijevo: Seizmotektonski profil kroz Medvednicu i seizmogenu zonu Sjevernog rubnog medvedničkog rasjeda na kojem su projicirana žarišta potresa zabilježenih u periodu 1970 – 2016. godine, u zoni oko ravnine profila širine 10 km. Desno: Tragovi dvaju glavnih seizmogenih rasjeda na području Medvednice pretpostavljenih na temelju geoloških i geofizičkih istraživanja.

Izvor: URL 4

Prvi se potres dogodio u 6:24 po lokalnom vremenu, s epicentrom na području Markuševca, dubine hipocentra oko 10 km i umjerenе jakosti s lokalnom magnitudom procijenjenom na 5,5, što je prouzročilo izdizanje epicentralnog područja površine približno 20 km² za 3 cm (InSAR podaci prikupljeni pomoću Copernicus Sentinel satelita). Potres se osjetio i do 1000 km udaljenosti od epicentra. Nakon glavnog potresa, uslijedio je niz slabijih naknadnih potresa (eng. *aftershocks*) od kojih se najjači, magnitude 4,9, dogodio u 7:01 po lokalnom vremenu, a zatim je u gotovo istom intervalnom razmaku u 7:41 bio zabilježen i treći potres magnitude 3,7 (Markušić i dr., 2020). Sljedeća dva mjeseca su bila obilježena s 1650 potresa, od kojih je njih 613 bilo magnitude veće od 1. Deset najjačih naknadnih potresa dogodila su se unutar 72 sata, a njihovi

su intenziteti varirali između 3,1 i 3,5. Tijekom prvih sedam dana je zabilježeno preko 400 potresa magnitude veće od 1, dok je njihov broj, kao i magnituda, s vremenom eksponencijalno pao. Zahvaljujući geofizičkim izračunima, Gutenberg-Richterovoj relaciji i Omorijevom zakonu, koji prikazuju ovisnost pada broja potresa s povećanjem magnitude i smanjeno pojavljivanje naknadnih potresa s vremenskim odmakom, pretpostavljeno je da su prvi potresi otpustili glavčinu elastične energije, dok se za ostatak energije i naknadne potrese ne može precizirati jer se još uvijek ne zna je li rasjedna zona konačno stabilizirana (URL 2).

Uz fizički osjećaj ljuljanja, potrese su obilježili i zvučni efekti koji su im prethodili. Vibracije se šire od hipocentra dvama tipovima elastičnih potresnih valova. P-valovi (*undae*



Sl. 2: Seizmogram i spektrogram glavnog potresa 22. ožujka 2020. godine po UTC vremenu
Izvor: URL 19

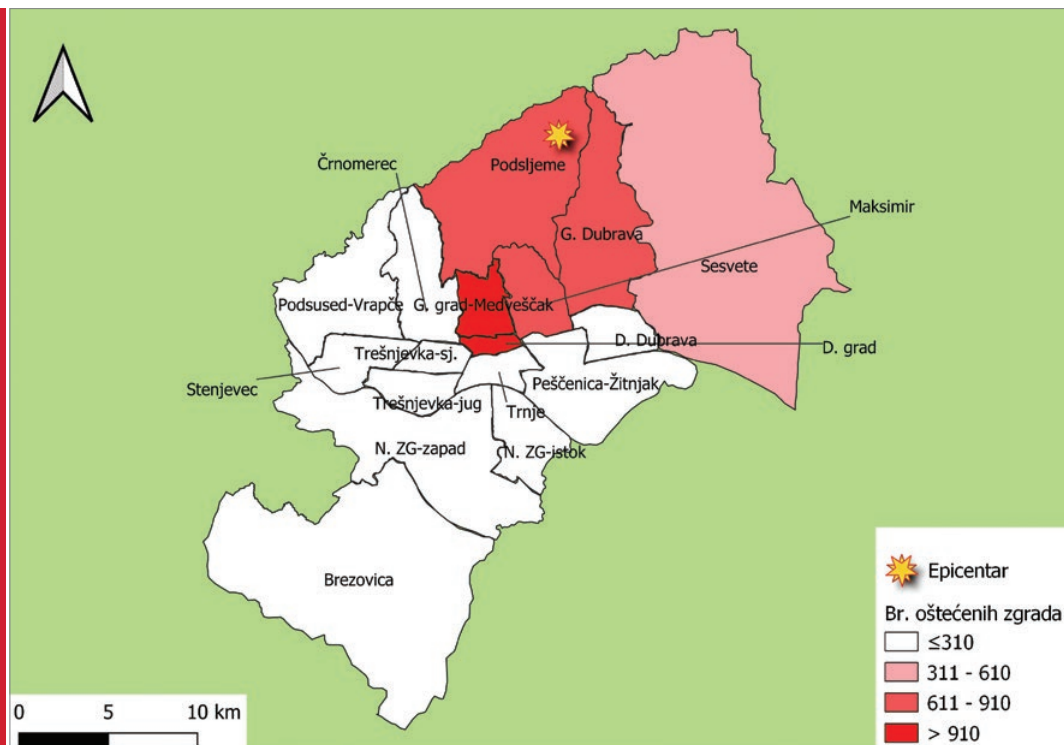
primae), poznatiji kao longitudinalni, su najbrži te mogu dostizati frekvencije i do 60 Hz pa se mogu čuti, a *S*-valovi (*undae secundae*) su sporiji transversalni koji se osjete kao trešnja. Tlo kao granica litosfere i atmosfere prenosi dio gibanja u zrak na način da proizvodi zvuk u blizini epicentra (Tosi i dr., 2012). Na prikazanom spektrogramu (sl. 2) su vidljive frekvencije gibanja čestica tla tijekom potresa, gdje su maksimumi dosežali i do 25 Hz, što je dio spektra zvuka koji gotovo svaki čovjek može čuti.

Prostorna analiza posljedica zagrebačkog potresa

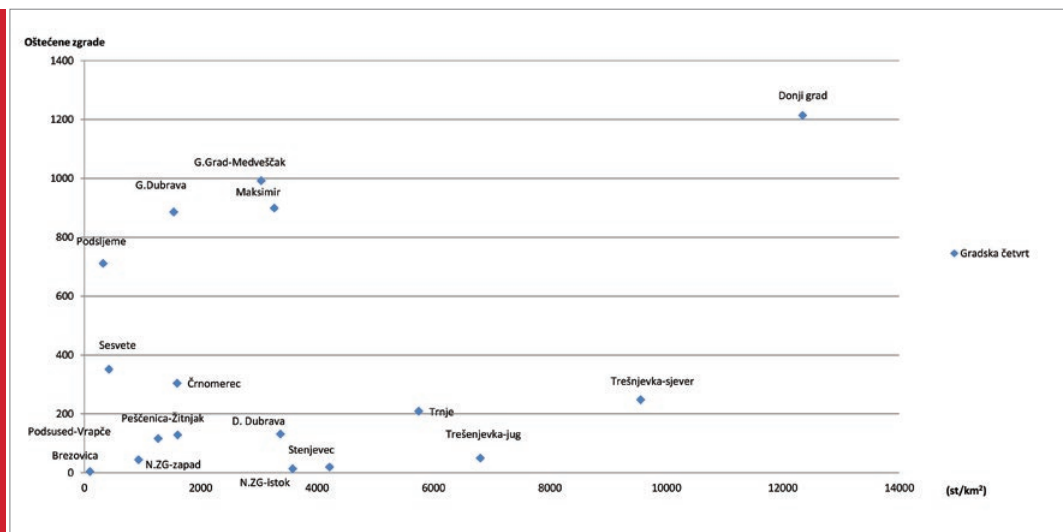
Nakon potresa, građani su samostalno prijavljivali štete na građevinama. Do 22. rujna 2020. godine obavljeno je 26 334 pregleda građevina u Gradu Zagrebu, Zagrebačkoj županiji i Krapinsko-zagorskoj županiji. Od toga je sa zagrebačkog područja 24 897 valjanih prijava i pregleda (URL 3). Najviše prijava štete zaprimljeno je s područja gradske četvrti Maksimir. Potom slijede gradske četvrti Gornja Dubrava, Gornji grad-Medveščak i Donji grad. Najmanje prijava zaprimljeno je s područja Brezovice. Prema stanju od 22. 9. 2020. po broju oštećenih zgrada u odnosu na gusto-

ću stanovnika prednjači gradska četvrt Donji grad, a u iznadprosječno oštećene gradske četvrti ubrajaju se i Gornji grad-Medveščak, Podsljeme, Maksimir i Sesvete. Najmanje oštećene četvrti su Novi Zagreb-istok i Brezovica (sl. 3).

Prema prostornom rasporedu gradskih četvrti, vidljivo je da su najviše štete pretrpjele četvrti na sjeveru Zagreba, a najmanje one na jugu i zapadu grada (Sl. 3). Takav rezultat je očekivan s obzirom na to da je epicentar najjačeg potresa bio oko naselja Markuševac i Čučerje (URL 4), u gradskoj četvrti Podsljeme na sjeveru grada. Iz toga možemo zaključiti da je blizina epicentra važan faktor koji utječe na razmjere oštećenja. Također, apsolutno najveća oštećenja pretrpjela je gradska četvrt Donji grad (sl. 4), najgušće naseljena gradska četvrt relativno blizu epicentra. Također, bitno je uzeti u obzir kako se u četvrtima Donji grad i Gornji grad-Medveščak nalaze vjerojatno najstarije građevine u Zagrebu.



Sl. 3: Prostorni raspored zgrada s ocjenama "Privremeno neuporabljivo" i "Neuporabljivo"
Izvor: izradili autori prema podacima iz URL 3



Sl. 4: Broj značajno oštećenih zgrada (ocjena „Privremeno neuporabljivo“ i „Neuporabljivo“ na brzom pregledu) u odnosu na gustoću stanovništva po zagrebačkim gradskim četvrtima. Podaci o oštećenjima odnose se na brze preglede i podatke ažurirane 22. 9. 2020.

Izvor: izradili autori prema podacima preuzetim iz URL 3.

Reakcije na potres i utjecaj pandemije bolesti COVID-19

Potres je stresan događaj koji dolazi bez upozorenja. Poznato je da „Zagreb pripada trusnom području“ na kojem su se i u prošlosti događali razorni potresi i da bi se novi sličan potres mogao dogoditi bilo kada (Simović, 2000). Unatoč tome, ni institucije, niti građani nisu bili dovoljno spremni i osviješteni o tome prije ovog potresa. Osim toga, dogodio se u vrijeme početka pandemije bolesti COVID-19 u Hrvatskoj. Kako su ljudi zbog novih uvjeta života u kojima im je ograničeno kretanje i okupljanje već bili prestrašeni, potres, preseljenja i strah od mogućih naknadnih potresa predstavljali su samo dodatni stres. Usto, potres u doba pandemije predstavlja dodatno opterećenje za gradski proračun i službe civilne zaštite, u poslovima zaštite zdravlja građana, sanacije i obnove. Treba spomenuti da su u potresu oštećene brojne bolnice (Čivljak i dr., 2020a).

Nakon potresa, osobito nelagodu građanima Zagreba i okolice stvarale su glasine o „predviđenim“ naknadnim potresima koje će uslijediti nakon onog glavnog od 5,5 po Richteru. Stručnjaci su nastojali umiriti javnost izjavama da se potresi ne mogu predvidjeti, ali i da se jači potresi ne očekuju (URL 5).

U potresu su mnogi građani ostali bez mjesta za život, a akcija preseljenja ljudi čije kuće i stanovi nisu bili sigurni pokrenuta je istoga dana. Smješteni su u Studentskom domu Cvjetno naselje (URL 6), a sredinom rujna u hostel Arena (URL 7).

Od posebne važnosti bila su oštećenja zagrebačkih bolnica. U potresu su stradali Klinički bolnički centar (KBC) Rebro, Klinika za

ženske bolesti i porode u Petrovoj ulici, Klinika za traumatologiju u Draškovićevoj ulici i KBC Sestre Milosrdnice. Oštećenja rodilišta u Petrovoj ulici osobito su ganula građane koji su samostalno organizirali pomoć roditeljama i bolesnoj novorođenčadi (URL 8). Međunarodna reakcija i pomoć nisu izostale. Donacije i ponude donacija u obliku sklopivih kreveta, šatora, grijalica i vreća za spavanje odmah nakon potresa stigle su iz Slovenije, Italije, Austrije, Mađarske, Litve, Francuske (URL 9), a naknadno i novčana pomoć iz Fonda solidarnosti EU (URL 10).

Postupanje nakon potresa dodatno je otežala pandemija bolesti COVID-19. To je bolest koja uglavnom pogađa dišni sustav, ali može uzrokovati i neurološke (Varatharaj i dr., 2020) i kardiovaskularne posljedice i komplikacije (Zhu i dr., 2020). Dana 25. veljače 2020. godine zabilježena je prva pojava te bolesti u Zagrebu (Čivljak i dr., 2020b), što je ujedno bio prvi slučaj u Hrvatskoj (URL 11).

Krajem ožujka, kada se potres dogodio, netom su uvedene mjere za suzbijanje širenja te zarazne bolesti kojima su građanska okupljanja i putovanja svedena na minimum. Stožer civilne zaštite donio je 21. ožujka odluke o ograničavanju zadržavanja na javnim mjestima i obustavi javnog prijevoza. Ranije su zatvorena igrališta i uvedena posebna pravila za vjenčanja i pogrebe (URL 12). S obzirom na to da su nakon pojave potresa i sličnih pojava koje uništavaju domove poput poplava i požara, evakuacije i zbrinjavanja građana u pravilu masovne, kao i to da su nakon potresa brojni ljudi napustili Zagreb (Čivljak i dr., 2020a), bilo je straha da će to pogodovati daljnjem širenju virusa (URL 13), što se srećom nije dogodilo (Čivljak i dr., 2020a).

Dugoročne posljedice potresa i obnova

Zagrebački potres ostavio je značajne posljedice i bit će zapisan u povijesti Zagreba. Za obnovu objekata i vraćanje pretpotresnog ili novijeg izgleda grada te za povećanje sigurnosti grada bit će potrebne godine. Postavlja se i pitanje, što ako se ponovno dogodi ovakav ili jači potres? Hoćemo li biti spremniji?

U recentnom potresu magnitude 5,5 po Richteru oštećeno je 25 000 zgrada (375 zgrada je javne namjene, a ostale zgrade su u privatnom vlasništvu). Iznimno je teško procijeniti štetu od potresa te postoje brojne procjene. Službeno je uzeta ona prema kojoj se procjenjuje ukupna direktna financijska šteta od 5,6 milijardi eura odnosno oko 42 milijarde kuna. Treba napomenuti da kada bi se sve oštećene zgrade išle pojačavati na razinu danas važećih propisa, to bi iznosilo 13,3 milijarde eura (URL 14).

Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine raspisalo je 2. lipnja 2020. godine putem javnog poziva natječaj za isplatu novčane pomoći u iznosu 100 milijuna kuna koji su osigurani odlukom Vlade RH. Radi se o novčanoj pomoći do 12 tisuća kuna za svaku samostalnu jedinicu u zgradi. Iznos je namijenjen za pomoć pri hitnoj sanaciji dimnjaka, popravak ili zamjenu zabatnog zida, popravak dizala te nužnu privremenu zaštitu zgrade zbog mogućnosti utjecaja na zdravlje ili život ljudi (URL 14).

Zakon o obnovi zgrada oštećenih potresom u gradu Zagrebu, Krapinsko-zagorskoj i Zagrebačkoj županiji donio je Hrvatski sabor 11. rujna 2020. godine. Temeljem tog Zakona obnavljaju se oštećene zgrade javne namjene, višestambene zgrade, poslovne zgrade, stambeno poslovne zgrade i obiteljske kuće, no ne i pojedinačni stanovi. Republika Hrvatska finan-

cirat će 60%, županije 20%, a vlasnici nekretnina 20% cijene obnove zgrade (NN 102/2020). Zakon predviđa samo obnovu konstrukcije zgrade s ciljem očuvanja dobrobiti građana koji te zgrade koriste ili se nalaze u blizini. Prema Zakonu zgrade bi trebale biti obnovljene tako da njihova mehanička otpornost i stabilnost budu jednake kao i prije obnove, a ako je to moguće i pojačane konstrukcije. Dana 29. listopada 2020. godine usvojen je Prvi program mjera obnove zgrada oštećenih potresom te je osnovana Međuresorna radna skupina koja prati provedbu bespovratnih sredstava EU za obnovu (URL 14).

Pri obnovi nužno je uzeti u obzir rizik od budućih potresa. Postoje brojni primjeri u svijetu koji pokazuju da se, primjenjujući znanje i tehnologije, mogu izgraditi izdržljive građevine otporne na potres. Ne samo da znatno smanjuju potencijalnu materijalnu štetu potresa već i broj žrtava koje stradavaju, vrlo često i fatalno, upravo zahvaljujući urušavanju građevina (URL 16). Dokazano je da objekti pretrpe znatno manja oštećenja ako se slobodno gibaju tijekom potresa, u odnosu na one objekte koji su fiksirani. Stoga se u obrani građevina od potresa koristi bazna izolacija (SI. 7). Kod te se tehnike ispod zgrade nalazi postolje od materijala koji apsorbiraju ili odbijaju kinetičku energiju potresa te mogu podnijeti iznimno jake potrese. Zgrade se lagano gibaju tijekom potresa te može doći do blagih napuknuća, no ne i do velikih materijalnih šteta. Također, takve zgrade često oko sebe imaju usjeke koji omogućavaju gibanje zgrade bez straha od sudaranja sa susjednom zgradom (URL 15). Bazna izolacija smanjuje pomicanje građevine tijekom potresa, smanjuje utjecaj potresa na građevinu i poboljšava sigurnost građevine. S obzirom da je bazna izolacija dosta skupa preporuča se njezina ugradnja ispod mostova, značajnih zgrada i povijesno značajnih građevina (URL 16).



Sl. 5: Primjer bazne izolacije zgrade

Izvor: URL 16

Betonski blokovi i nepotporni zidovi su primjer loših materijala kada govorimo o potresima te su samim time i opasni. Prečvrsti su i ne dolazi do ljuľanja materijala već samo do pucanja. Dobri materijali su oni koji su čvrsti, ali i rastezljivi. Armirani beton, strukturni čelik, općenito beton s ugrađenim legurama promjenjivog oblika i razni polimeri promjenjivog oblika primjeri su dobrih materijala za građenje (URL 15). Stare građevine, posebice ako su kulturna dobra kao u Gradu Zagrebu, također trebaju biti zašćićene naknadnom ugradnjom. Naknadno se može ugraditi bazna izolacija ispod građevine ili se na vanjski dio zgrade mogu ugraditi čelićni okviri, slojevi termoplastike i šipke od ugljićnih vlakna. Također, u nekim zemljama koriste se i potpore od drveta (URL 16).

Kako bi se postigla maksimalna učinkovitost u zaštiti od potresa tome se treba pristupati cjelovito, uključujući i druge struke, te od početka izrade urbanistićkog plana. Naime, razvojem tehnologija napreduje i razvoj sustava zaštite od potresa. Zanimljiva ideja koja obećava su vibracijske barijere koje bi se stavljale ispod cesta i oko zgrada, a koje bi upijale seizmićke valove. Dakako, i prostorno planiranje i etažiranje su također bitni i mogu pomoći.

Vjerojatno najvaćznija stavka u smanjenju ljudskih ųrtava je edukacija graćdana o tome kako se pripremiti za potencijalni potres i kako se ponašati za vrijeme i poslije njega (URL 17). Potrebno je naućiti što više o potresima, evakuacijskim planovima, prvoj pomoći, osigurati si komplet za preživljavanje, upoznati se s kuć-

nim instalacijama i lokacijom ventila za njihovo održavanje (URL 17). Prilikom potresa najvažnije je ostati miran. Ako smo u zatvorenom prostoru, tamo trebamo i ostati jer se ozljede najčešće događaju prilikom istrčavanja na otvoreno. Treba se skloniti ispod stola ili uz kut nosivog zida, samo iznimno ispod dovratnika, ako je on dio nosivog zida. Također, moramo se odmaknuti od prozora, vanjskih zidova i staklenih vrata. Ako nas potres zatekne u krevetu, poželjno je ostati ležati i pokriti glavu jastukom. Kada nas potres zatekne na otvorenom,

trebamo ostati na otvorenom i odmaknuti se od zgrada i drveća. U slučaju da smo u automobilu, treba se zaustaviti čim to bude sigurno i ostati u automobilu do prestanka trešnje. Nakon potresa, trebamo izaći na otvoreno. Treba ostati na otvorenom podalje od zgrada jer su moguća dodatna oštećenja od naknadnih potresa (URL 18). Bitno je napomenuti kako potresi ostavljaju kratkoročne, ali i dugoročne posljedice na psihičko zdravlje građana. U svrhu psihološke pomoći građanima otvoreno je nekoliko posebnih telefonskih linija (URL 20).

Zaključak

Zagrebačko područje ima prilično veliku izloženost potresima zbog svog položaja podno Medvednice, odnosno na nizu sjeveroistočno-jugozapadno položenih rasjeda. Povijesni zapisi o jakim potresima bili su nedovoljno upozorenje za potres koji se dogodio 22. ožujka 2020. godine usred pandemije bolesti COVID-19. Ključni rasjed duž kojeg su pomaci uzrokovali niz potresa bio je Sjeverni rubni Medvednički rasjed. Najjači potres bio je magnitude 5.5 po Richteru, s epicentrom na području oko Markuševca i Čučerja u sjevernoj zagrebačkoj četvrti Podsljeme. Posljedično, najveću štetu pretrpjeli su sjeverni dijelovi Grada, gradske četvrti Donji grad, Gornji grad-Medveščak, Gornja Dubrava i Podsljeme. Osim blizine epicentra, najveću ulogu u količini štete ima i starost građevina. Potresnom su oštećeni i objekti u susjednim županijama, Zagrebačkoj i Krapinsko-zagorskoj. Na položaj i izloženost Grada Zagreba ne možemo utjecati, ali rizik od potresa možemo umanjiti smanjenjem ranjivosti. Treba uložiti u razvoj sustava predviđanja jačih potresa (npr. CROPOS), ali još je važnije projektiranje zgrada koje bolje podnose opterećenje trešnje. Zgrade u kojima se koriste polimeri jedan su primjer, a drugi je ugradnja bazne izolacije, što može umanjiti ranjivost starijih zgrada. Na kraju, za smanjenje ranjivosti ključna je edukacija o potresima, pravilnom ponašanju za vrijeme potresa i dobro održavanje evakuacijskih puteva i planova.

Literatura

- ČIVLJAK, R., MARKOTIĆ, A., ČAPAK, K., 2020a: Earthquake in the time of COVID-19: The story from Croatia (CroVID-20), *Journal of Global Health* 10, 010349.
- ČIVLJAK, R., MARKOTIĆ, A., KUZMAN, I., 2020b: The third coronavirus epidemic in the third millennium: what's next?, *Croatian Medical Journal* 61, 1-4.
- 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., HERAK, D., TOMLJENIĆ, B., 2016: Seismicity and Neotectonics in the Greater Zagreb Area, u: *Fact Finding Workshop on the Active Tectonics of the Krško Region*, (ur. DECKER, K.), Technical Workshop, Klagenfurt/Celovec, Austria, Ministerium für Lebenswertes Oesterreich, Vienna, 16-20.

- GUSIĆ, D., LANDEKA, J., LUKIĆ, A.; PRŠA, M., VIDIĆ, I., 2016: Seizmička aktivnost na području Republike Hrvatske, *Ekscentar* 19, 84-90.
- KUK, K., 2016: *Sustav ranog upozoravanja o potresu*, Seizmološka služba Hrvatske –prezentacija.
- MARKUŠIĆ, S., HERAK, M., 1999: Seismic zoning of Croatia, *Natural Hazards* 18, 269–285.
- 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, 1-21.
- NARODNE NOVINE, 2020: *Zakon o obnovi zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba*, Krapinsko-zagorske županije i Zagrebačke županije, Zagreb, Narodne novine d.d., 102.
- PRIBIČEVIĆ, B., ĐAPO, A., 2016: Analiza pomaka na Geodinamičkoj mreži Grada Zagreba iz različitih vremenskih epoha, *Geodetski list* 3, 207 – 230.
- SIMOVIĆ, V., 2000: Potresi na zagrebačkom području, *Građevinar* 52, 637-645.
- SOLARIĆ, N., SOLARIĆ, M., 2013: Moguća primjena CROPOS-a i za najavu većeg potresa, *Zbornik radova 3. CROPOS konferencije*, 21–28.
- ŠAVOR NOVAK, M., UROŠ, M., ATALIĆ, J., HERAK, M., DEMŠIĆ, M., BANIČEK, M., LAZAREVIĆ, D., BIJELIĆ, N., CRNOGORAC, M., TODORIĆ, M., 2020: Zagreb earthquake of 22 March 2020 – preliminary report on seismologic aspects and damage to buildings, *Građevinar* 72, 843-867.
- TOSI, P., SBARRA, P., DE RUBEIS, V., 2012: Earthquake sound perception, *Geophysical Research Letters* 39, 1-16.
- VARATHARAJ, A., THOMAS, N., ELLUL, M. A., DAVIES, N. W. S., POLLAK, T. A., TENORIO, E. L., SULTAN, M., EASTON, A., BREEN, G., ZANDI, M., COLES, J. P., MANJI, H., AL-SHAHI SALMAN, R., MENON, D. K., NICHOLSON, T. R., BENJAMIN, L. A., CARSON, A., SMITH, C., TURNER, M. R., SOLOMON, T., KNEEN, R., PETT, S. L., GALEA, I., THOMAS, R. H., MICHAEL, B. D., 2020: Neurological and neuropsychiatric complications of COVID-19 in 153 patients: a UK-wide surveillance study, *The Lancet Psychiatry* 7, 875-882.
- ZHU, H., RHEE, J.-W., CHENG, P., WALIANY, S., CHANG, A., WITTELES, R. M., MAECKER, H., DAVIS, M. M., NGUYEN, P. K., WU, S. M., 2020: Cardiovascular complications in patients with COVID-19: consequences of viral toxicities and host immune response, *Current cardiology reports* 22, 1-9.

Izvori

- URL 1: PMF, 2020: *Potresi u okolici Zagreba*, http://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/o_potresima?@=1|pze#news_97576/ (16.11.2020.)
- URL 2: Geologija.hr, 2020: *Vijesti*, <http://www.geologija.hr/pdf/vijesti-hgd/Web%20Vijesti%2057-1.pdf> (5.12.2020.)
- URL 3: Zagreb.hr 2020: *Štete uzrokovane potresom u Gradu Zagrebu: Stanje 22. rujna 2020.*, Priopćenje, Gradski ured za strategijsko planiranje i razvoj Grada Zagreba: https://www.zagreb.hr/userdocsimages/arhiva/statistika/2020/Potres_priopce%4%87enje_26.10.2020.docx.pdf (8.12.2020.)
- URL 4: RGN, 2020: *Osvrt na potres 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> (8.12.2020.)
- URL 5: Index.hr, 2020: <https://www.index.hr/vijesti/clanak/vazno-ne-sirite-paniku-i-ne-nasjedajte-na-dezinformacije-oko-potresa/2167639.aspx> (22.11.2020.)
- URL 6: T-portal.hr, 2020: <https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/veliki-potres-zatresao-hrvatsku-zagreb-nema-struje-ostecen-toranj-katedrale-gradani-javljaju-o-ostecenim-kucama-20200322> (22. 11. 2020.)
- URL 7: Novi list.hr, 2020: <https://www.novolist.hr/vijesti/hrvatska/potres-ih-je-ostavio-bez-krova-nad-glavom-preseljenje-gradana-iz-cvjetnog-naselja-krece-14-rujna/> (22.11.2020.)
- URL 8: Telegram.hr, 2020: <https://www.telegram.hr/zivot/bolnice-su-ostecene-gradani-pomazu-rodiljama-pred-petrovom-vani-su-i-bebe-u-inkubatorima/> (22.11. 2020.)
- URL 9: T-portal, 2020: <https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/sedam-europskih-drzava-pomaze-potresom-pogoden-zagreb-stizu-kreveti-satori-elektricne-grijalice-20200325> (22.11.2020.)
- URL 10: European Comission, 2020: Fond solidarnosti EU, https://ec.europa.eu/regional_policy/hr/newsroom/news/2020/08/08-11-2020-eu-solidarity-fund-commission-gives-financial-support-to-croatia-following-earthquake (22.11.2020.)

- URL 11: Telegram.hr, 2020: Kronologija korone u Hrvatskoj, <https://www.telegram.hr/zivot/kronologija-korone-u-hrvatskoj-ovako-je-u-25-dana-rastao-broj-zarazenih/> (22.11.2020.)
- URL 12: MUP, 2020: Priopćenje za medije Stožera civilne zaštite Republike Hrvatske od 21. ožujka 2020. u 17 sati, <https://civilna-zastita.gov.hr/vijesti/priopcenje-za-medije-stozera-civilne-zastite-republike-hrvatske-od-21-ozujka-2020-u-17-sati/2281> (22.11.2020.)
- URL 13: Index.hr, 2020: *Pandemija je veća opasnost od potresa*, <https://www.index.hr/vijesti/clanak/ljudi-epidemija-je-veca-opasnost-od-potresa-drzite-razmak/2167693.aspx> (22.11.2020.)
- URL 14: MGIPU, 2020: *Obnova zgrada oštećenih potresom na području grada Zagreba, Zagrebačke i Krapinsko-zagorske županije*, <https://mgipu.gov.hr/o-ministarstvu-15/djelokrug/graditeljstvo-98/obnova-zgrada-ostecenih-potresom-na-podrucju-grada-zagreba-krapinsko-zagorske-i-zagrebacke-zupanije/10668> (11.11.2020.)
- URL 15: Urban Hub, 2020: *Built-in earthquake safety – cities and designs on the frontlines*, <https://www.urban-hub.com/cities/built-in-earthquake-safety-cities-and-designs-on-the-frontlines/> (11.11.2020.)
- URL 16: Civil Digital, 2020: *Base Isolation System: An Outline on Principles, Types, Advantages & Applications*, <https://civildigital.com/base-isolation-system-outline-on-principles-types-advantages-applications/> (11.11.2020.)
- URL 17: MUP; 2020: DUZS brošura, https://civilna-zastita.gov.hr/UserDocsImages/CIVILNA%20ZA%20C5%A0TITA/PDF_ZA%20WEB/SafeQuake%20BROSURA_strana10.pdf (22.11.2020.)
- URL 18: Zagreb.hr, 2020; Brošura *Potres*, <https://www.zagreb.hr/UserDocsImages/arhiva/uhs%20LETAK%20potres%20karta.pdf> (22.11.2020.)
- URL 19: Večernji list, 2020: *Geofizičar objasnio zašto ne jenjavaju potresi*, <https://www.vecernji.hr/techsci/geofizicar-objasnio-zasto-ne-jenjavaju-potresi-1393574> (22.11.2020.)
- URL 20: Zagreb.hr, 2020: *Psihološka pomoć*, <https://potres.zagreb.hr/kontakti/psiholoska-pomoc/22> (12.2.2021.)



PRIMLJENO: 25. 2. 2021.

PRIHVACENO: 9. 3. 2021.

TIHANA BONEVSKA, Mihovila Krušlina 22, 10 290 Zaprešić, e-mail: tbonevska@stud.biol.pmf.hr

MARIJA GRLIĆ, Rakitska cesta 147, 10437 Bestovje, e-mail: mgrlic@stud.biol.pmf.hr

MATEJA HORVAT, Vukovarska 7, 40 000 Čakovec, e-mail: mathorvat@stud.biol.pmf.hr

LUKA MIHOLIĆ, Gračani 8, 10000 Zagreb, e-mail: lmiholic@stud.biol.pmf.hr

IVAN MARTINIĆ, Geografski odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb, e-mail: imartini@geog.pmf.hr