

SEIZMIČKI HAZARD

# Dijelovima Hrvatske prijete razorni potresi poput talijanskih, ali vrijeme je - nemoguće predvidjeti

- [Pogledaj sve iz: Hrvatska](#)
- [Pogledaj sve vijesti](#)

Reuters

Autor: Vedrana Simičević

Objavljeno: 24. studeni 2016. u 7:01

## VEZANO

- **ČLANCI**

[Potres magnitude 6,7 stupnjeva pogodio sjeverozapad Kine](#)

[Potres magnitude 7,2 u Salvadoru i Nikaragvi](#)

[Snažni potresi pogodili Japan i Novi Zeland, za sada nema nikakvih izvješća o žrtvama niti o štetama](#)

*Karte seizmičkog hazarda ili potresne opasnosti govore o intenzitetu potresa ili najvećoj akceleraciji tla tijekom potresa, kaže prof. Marijan Herak. Potresi su su inherentno nepredvidivi, ali mjesta gdje se potresi mogu dogoditi, kao i najveće moguće magnitude, dosta su dobro poznata, pojašnjava dr. Snježana Markušić*

U centralnoj Italiji i ova će godina ostati upamćena po potresima – samo u posljednja četiri mjeseca ovo seizmološki krajnje kompleksno područje tri se puta suočilo s razornim posljedicama na površini. Daleko najtragičniji bio je potres magnitude 6.2 po Richteru koji je tijekom noćnih sati 24. kolovoza pogodio područje u blizini Amatricea odnijevši najmanje 290 ljudskih života i ostavivši tisuće stanovnika bez krova nad glavom. Od tada pa na dalje tlo se u Centralnoj Italiji gotovo svakodnevno trese uslijed stotina manjih potresa, no krajem listopada ponovo su uslijedila još tri snažnija »udara«.

Regiju Visso 26. listopada u razmaku od dva sata zatresli su potresi magnitude 5.5. i 6.1 po Richteru, koji su na sreću prošli bez žrtava, a četiri dana kasnije regiju Norcija pogodio je potres magnitude 6.5 po Richteru koji je potpuno razrušio neke od povijesnih građevina poput basilike San Benedetto. Nevolje susjeda pojačanu pozornost izazivaju i kod Primoraca obzirom da je u tektonskom kontekstu iznimno aktivno područje centralne Italije povezano i s hrvatskim »podzemljem«. Iako ne bilježe tako intenzivnu potresnu aktivnost, seizmološki najaktivnija hrvatska područja poput juga Dalmacije, šire zagrebačke okolice i Primorja također u svojoj povijesti imaju razorne potrese i smatraju se rizičnijim točkama. Na europskoj karti »seizmičkog hazarda« navedeni se dijelovi Hrvatske »crvene« tek nešto manje intenzivno od centralne Italije. No na pitanje koje javnost uvijek najviše zanima kad krenu učestalija podrhtavanja tla – može li

se predvidjeti dolazak razornog potresa – i dalje nema odgovora. Što se znanosti tiče, do dana današnjeg nije pronađena pouzdana metoda za »predviđanje« potresa.

## Na optuženičkoj klupi

Seizmolozi diljem svijeta poznati su po osobitoj nevoljkosti da pričaju o ovoj temi, čemu svakako nije pomogla jedna od posljedica tragičnog potresa koji je 2009. godine u blizini talijanskog grada L'Aquila usmrtio 308 ljudi. Tada je naime po prvi put u povijesti šestoro seizmologa bilo prisiljeno sjesti na optuženičku klupu pod optužbom da su krivo procijenili kako veliki broj manjih potresa koji su bilježeni na tom području ne predstavlja značajan rizik za pojavu jednog većeg, razornijeg. Podizanju optužnice koja je šokirala svjetsku znanstvenu javnost pridonio je »gluhi telefon« između znanstvenika, medija i dijela političara uslijed kojeg se znanstveni zaključak da »više manjih potresa ne mora rezultirati jednim velikim« naposljetku pretvorio u »nimate se čega bojati«. Talijanske seizmologe sud je oslobodio optužbe, no gorak okus je ostao, a seizmolozi postali još oprezniji u izjavama za javnost. Veliki broj razornih potresa u Italiji nagnao je ipak tamošnje stručnjake da prvi u svijetu ove godine izrade eksperimentalni nacionalni sustav koji bi friške podatke seizmoloških opažanja »spajao« s matematičkim modelom već poznatih povijesnih podataka o potresima na određenom području kako bi se u konačnici pokušao predvidjeti potencijalni broj potresa u nadolazećem tjednu.



Glavni cilj ovog matematičkog modela bilo bi predviđenje dodatnih potresa koji obično, kao posljedica produženog oslobađanja energije, uslijede nakon jednog većeg. Naime, kako je upozorio Warner Marzocchi, šef talijanskog državnog Instituta za geofiziku i vulkanologiju u Rimu, razornom potresu iz kolovoza nije prethodio niti jedan manji potres. No podrhtavanja tla koja su uslijedila ono je na što ciljaju talijanski znanstvenici. Što je više dodatnih podrhtavanja nakon

velikog potresa, ustvrdio je Marzocchi za časopis New Scientist, veća je šansa da će se ponovo dogoditi veći potres. Njihov sustav ipak, priznao je, i dalje ima vrlo malu pouzdanost. Svi podaci o »vjerojatnosti« novog potresa biti će, međutim, uključeni i u drugi kompjuterizirani sustav modela lokalne »ranjivosti« koji se bazira na tipovima gradnje na određenom području. To bi talijanskim vlastima trebalo dati precizniju sliku o potencijalnim posljedicama, iako sami autori i dalje nisu sigurni da li će cijeli ovaj sustav ikada profunkcionirati.

U Hrvatskoj, za sada, kompleksniji projekti takvog »eksperimentalnog« tipa i dalje, u skladu s minijaturnim izdvajanjima države u znanost, spadaju u znanstvenu fantastiku. Najveći pomak na ovu temu dogodio se unatrag nekoliko godina kad je napokon izrađena nova hrvatska karta potresne opasnosti.

### **Doba Andrije Mohorovičića**

Začeci izučavanja seizmičkog rizika u Hrvatskoj doduše sežu još u doba Andrije Mohorovičića koji je prvi na ovom području, no i među prvima u svijetu još početkom dvadesetog stoljeća pokušao dati procjene potresne opasnosti. Njegova inovativnost na žalost nije postala norma, štoviše ovi su prostori posljednjih nekoliko desetljeća uvelike zaostajali za svjetskim trendovima po pitanju unaprijeđivanja sigurnosti od potresa. Kako navodi prof. dr. sc. Marijan Herak s Geofizičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, prva suvremenija »karta hazarda« koja se odnosila na područje Hrvatske bila je ona izrađena 1987. godine za cijelo područje tadašnje Jugoslavije i ta se, unatoč brojnim promjenama koje su se u međuvremenu dogodile – između ostalog i broju potresa i novim spoznajama o seizmičnosti – koristila sve do 2011. godine. Tada je, naime, država konačno bila prisiljena izdvojiti novac za izradu nove hrvatske karte potresne opasnosti kako bi se prilagodila europskim propisima, konkretnije Eurocodu-8 koji propisuje protupotresnu gradnju. Karta koju je izradio tim stručnjaka pod vodstvom prof. Heraka danas služi ponajviše kao smjernica za sigurniju gradnju – najbolju prevenciju posljedica potresa.



– Karte seizmičkog hazarda ili potresne opasnosti govore o iznosima parametara kojima opisujemo trešnju tla – to su na primjer intenzitet potresa ili najveća akceleracija tla tijekom potresa, za koje se na nekoj lokaciji očekuje da se u prosjeku premašuju u određenom vremenskom razdoblju. Na primjer, za grad Rijeku na takvoj karti za Hrvatsku čitamo da se u prosjeku svakih 475 godina premašuje akceleracija od 0.21 g (g je ubrzanje sile teže, pa je to oko 2 m/s/s). Ovo ne znači da će se to dogoditi svakih 475 godina, nego je to prosječni razmak između dva premašivanja u vrlo dugom nizu godina. Takve karte temeljene su na trenutnim spoznajama o seizmičnosti prema katalogima potresa, te o fizikalnim i geološkim parametrima koji određuju kako se energija potresnih valova rasprostire u prostoru. Kako se informacije o potresima akumuliraju, i kako znanost napreduje, potrebno je nove ideje, podatke, postupke i rezultate ugraditi u takve karte. Zato je uobičajeno službene karte ažurirati u razumnom razdoblju, recimo svakih 5 do 15 godina, pojasnio je Herak.

### **Koordinate epicentra**

Ono na čemu hrvatski seizmolozi predano rade desetljećima i bez čega ni izrada ažuriranih karata potresne opasnosti ne bi bila moguća je hrvatski katalog potresa koji trenutno sadrži podatke za gotovo 100 tisuća potresa u posljednjih 2000 godina. Katalog za sve locirane potrese sadrži koordinate epicentra, dubinu žarišta, magnitudu te vrijeme nastanka, uz još neke seizmološke parametre. Kako pojašnjava dr. sc. Snježana Markušić, Herakova kolegica s Geofizičkog odsjeka PMF-a, radi se o najvažnijem produktu operative seizmologije koji se koristi prilikom definiranja seizmičnosti nekog područja, određivanju statističkih parametara seizmičnosti,

kod seizmičkog zoniranja, procjene seizmičkog hazarda, te za brojna znanstvena istraživanja kojima je cilj što preciznije određivanje građe unutrašnjosti našeg planeta.

Sve to, međutim, i dalje nije dovoljno da bi znanstvenicima »reklo« kad bi se neki potres mogao dogoditi, upozorava Herak.

– Danas je gotovo posve jasno da se zbog njihovih posebnih svojstava, vrijeme nastanka potresa ne može predvidjeti s razumnom sigurnošću. Oni su, naime, fraktalne pojave, dakle povezane su s kaotičnim sustavima koji su inherentno nepredvidivi. Međutim, mjesta gdje se potresi mogu dogoditi, kao i najveće moguće magnitude, dosta su dobro poznata. Zato se potresna opasnost ublažava isključivo prevencijom, a ne prognozom. Jedina razumna zaštita od potresa je aseizmička gradnja u skladu s potresnom opasnošću. Računa se da se svaka kuna uložena u protupotresnu gradnju prilikom prvog jakog potresa vraća sedmerostruko, navodi Herak ističući da je veliki broj žrtava u Amatriceu uvelike posljedica loše gradnje. Oboje naših sugovornika prilično je, međutim, skeptično po pitanju funkcionalnosti eksperimentalnog sustava predviđanja talijanskih znanstvenika.



– Potresi ne pokazuju nikakvu periodičnost, niti se događaju po nekom pravilu. Na nekim mjestima se događa jedan jači potres kojeg ne slijedi gotovo ni jedan ili ga slijedi vrlo mali broj naknadnih potresa. Drugdje se nakon jačeg potresa događa u kraćem ili duljem vremenskom intervalu velik broj naknadnih potresa, negdje su ti naknadni potresi svi slabiji od glavnog, a negdje se dogodi da naknadni bude jači. Postoje i područja gdje se potresi dešavaju u gomili, često se radi o velikom broju relativno slabijih potresa bez izraženog glavnog potresa. Neki put

glavnom potresu prethodi određeni broj prethodnih potresa, ali to nikako nije pravilo, opisuje Markušić kaotičnost podrhtavanja podzemlja. Herak pak napominje da je uz pretpostavku o tome kakav će se potres dogoditi moguće uz poznavanje svojstva građevina i temeljnoga tla na nekom području predvidjeti štetu, pa i vjerojatnost za svaku od zgrada da će nastradati.

Ono što bi u tom smislu uveliko pomoglo je i tzv. seizmičko mikrozoniranje, odnosno izrada karata seizmičkog hazarda koje uključuje i lokalne utjecaje tla, na temelju čega bi se puno bolje mogla procijeniti »ranjivost« nekog prostora. U DUZS-ovoj procjeni ugroženosti Republike Hrvatske od potresa iz 2013. godine navodi se, primjerice, da bi na područjima u kojima se može očekivati i najrazorniji potres, a to obuhvaća dijelove čak osam Županija, 50 posto stanova izgrađenih do 1964., odnosno oko 124 tisuće stanova, bilo potpuno ili znatno oštećeno, čime bi posljedicama potresa bilo zahvaćeno više od 384 tisuće stanovnika. DUZS-ova procjena pri tome je prilično općenita i u njoj se, između ostalog ističe upravo potreba za seizmičkim mikrozoniranjem većih hrvatskih gradova i naselja. Iako dakle najrizičnija područja Hrvatske obiluju starim dotrajalim zgradama, u novije doba je takva analiza, a riječ je o skupom i zahtjevnom projektu, čini se provedena tek za jedan dio Zagreba.

– Hrvatska za seizmološka istraživanja izdvaja vrlo, vrlo malo novca, čak i u usporedbi s nama susjednim zemljama, dok se s najrazvijenim državama uopće nema smisla u tom pogledu uspoređivati. Unatoč tome, hrvatski seizmolozi uspijevaju održati vrlo visok standard opažanja – na primjer suvremeni seizmografi iz hrvatskih seizmoloških postaja u centralni opservatorij u Zagrebu svake sekunde šalju više od 4000 podataka o trešnji tla, kao i dobru znanstvenu produkciju radova u najboljim svjetskim časopisima, zaključit će Herak dodavši da je aktualna karta potresne opasnosti kvalitetan preduvjet za korištenje europskih normi pri građenju, što nove zgrade koje se pridržavaju tih normi čini »razumno sigurnima«. U dogledno vrijeme, međutim, upozorava on, i ona će se morati revidirati u skladu s novim spoznjama. Pitanje na koje je pak i dalje teško dobiti odgovor je u kojoj se mjeri u Hrvatskoj provodi izrađivanje posebnih, no obaveznih seizmoloških studija za velike građevine u kojima boravi mnogo ljudi.

## Od Velebita do Alpi

Što se pak domaćih znanstvenih seizmoloških istraživanja tiče od Heraka doznajemo da se trenutno u Hrvatskoj odvijaju tri ambicioznija projekta:

### Usklađivanje karata rizika za područje Balkana

Dr. sc. Snježana Markušić surađuje i na projektu financiranom iz NATO-vog programa Science for Peace and Security, kojem je cilj izrada usklađenih karata seizmičkog hazarda za područje zapadnog Balkana, a u kojem kao zemlje partneri sudjeluju Hrvatska, Crna Gora, Srbija, Makedonija, Albanija i Turska. Dosad je u sklopu projekta, između ostalog, izrađen unificiran katalog potresa u razdoblju od 510. pr. Kr. do kraja 2012, i napravljena je baza akcelerografskih zapisa. Pripremljena je i baza od više od 700 mehanizama pomaka u žarištu potresa, što, pojašnjava Markušić, omogućuje bolje razumijevanje prevladavajućeg smjera napetosti. Napravljeno je i seizmičko zoniranje, a trenutno je u finalnoj fazi izrada karata seizmičkog hazarda, izraženog preko vršne površinske akceleracije za povratne periode 95 i 475 godina.

- Jedan financira Hrvatska zaklada za znanost, a odnosi se na multidisciplinarno istraživanje šireg prostora Velebita. Zanima nas zašto je tamo malo potresa, kad sva teorijska modeliranja kažu da

tome ne bi trebalo biti tako. Nadalje, sudjelujemo u projektu AlpArray. To je pan-europski projekt bez presedana, jer ujedinjuje opažanja na više od 1000 seizmoloških postaja u širem prostoru Alpa. Hrvatska sudjeluje sa svojih 12 postaja, te smo s kolegama iz Švicarske instalirali još dodatnih 6 najsuvremenijih privremenih postaja. Podaci bi trebali uvelike rasvijetliti građu i svojstva unutrašnjosti Zemlje ispod istraživnog prostora. S time je u vezi i pridruženi projekt CASE, gdje mladi kolege seizmolozi iz Zagreba i ETH-Zürich postavljaju 5 novih postaja na otoke srednjeg i južnog Jadrana s ciljem proučavanja seizmotektonskih odnosa i kontakta Jadranske mikroploče i Dinarida. Prije godinu dana završen je i EU-projekt HOLISTIC u kojem smo u Dubrovačko-neretvanskoj županiji mjerili dinamička svojstva 30 javnih zgrada kako bismo procijenili opasnost od rezonancije zgrada-tlo tijekom potresa, nabrojio je Herak.

## **Povezane obale Jadrana**

Na pitanje može li višemjesečna potresna aktivnost u centralnoj Italiji utjecati i na naše područje, naši sugovornici oprezno spominju tzv. pojam »dinamičkog okidača« koji podrazumijeva mogućnost da seizmički valovi jakih potresa mogu biti neposredni okidač za potres na relativno udaljenim lokacijama. To se, pojašnjava Herak, može dogoditi ako je na toj udaljenoj lokaciji neki seizmogeni rasjed vrlo blizu pucanju, pa je i mala promjena napetosti u stijenama uzrokovana prelaskom seizmičke energija preko rasjeda dovoljna da dovede do loma. Kod najjačih potresa, te udaljenosti mogu biti i više tisuća kilometara. Markušić pak navodi da se tektonske aktivnosti na talijanskoj strani Jadrana oko Napulja često zbivaju kada i aktivnosti na drugoj strani oko Dubrovnika. One nisu statistički neovisne, pojašnjava ona, a to se može povezati zajedničkim mehanizmom susjednih prostora. Ovdje se, naime, sudaraju afrička i euroazijska tektonska ploča.