

MAGNITUDA POTRESA – KAKO JE NASTALA IN KAKO JO RAZUMEMO

Earthquake magnitude – origin and understanding

Izidor Tasič*, Renato Vidrih** UDK 550.34.042.4

Povzetek Abstract

Magnituda je velikostna stopnja potresa. Izračunamo jo iz instrumentalnega zapisa nihanja tal. Kljub temu, da se v sredstvih javnega obveščanja skoraj vsak dan pojavljajo izrazi, ki so povezani s potresno magnitudo, razumevanje tega pojma ni tako preprosto, kakor si mnogi predstavljajo. Zato pogostokrat v laični javnosti slišimo nenatančno ali napačno uporabo izraza potresna magnituda. Potresno magnitudo je vpeljal leta 1935 C. F. Richter. Richterejeva magnituda je veljala za izbrano območje Kalifornije in za določeno vrsto seizmografov. Od tedaj je opredelitev pojma doživela precej sprememb in popravkov in dobila ime lokalna magnituda. Tudi pri nas uporabljamo prirejeno enačbo za lokalno magnitudo za potrese z nadžariščem v Sloveniji ali neposredni bližini.

Magnitude is the measure of the size of an earthquake. It is calculated with by means of instrumental measuring of ground vibration. Although the terms connected with an earthquake event, e.g. magnitude, are used in the public media almost every day, grasping its full significance is not an easy task. The concept of magnitude was introduced in 1935 by C. F. Richter. The original Richter magnitude was based on records from a standardized short period seismometer network in southern California. Since then, the formulation has been changed and improved several times and was also renamed local magnitude. The formulation is also being applied in Slovenia for earthquakes in Slovenia or nearby.

Uvod

Katastrofalni »veliki lizbonski potres« leta 1755, ki je zahteval več kakor 100.000 življenj, in so ga čutili v večjem delu Evrope in severozahodne Afrike, je zaradi obsežnosti zbudil radovednost mnogih učenjakov. Lahko rečemo, da je ta potres začetek znanstvenega pristopa k razlagi pojava potresa in njegovih učinkov. Po tem potresu so začeli načrtno zbirati podatke o potresih in njegovih učinkih na stavbe, tla, vodo in ljudi. Na podlagi dobljenih podatkov so strokovnjaki začeli sestavljati prve opisne lestvice, v katerih so za vsako posamezno stopnjo lestvice opisali učinke potresa. Danes take lestvice označujemo z izrazom makroseizmične lestvice. Leta 1840 je bil objavljen prvi katalog o potresih po svetu. Vendar so vsi ti opisi temeljili na človeškem zaznavanju in so bili zelo subjektivni. Manjkalo je neodvisno merilo,

ki pri primerjavi različnih potresov ne bi temeljilo na človeškem zaznavanju, ampak bi bilo podano na podlagi instrumentalne meritve. Rezultati bi postali neodvisni od subjektivnega zaznavanja in med seboj neposredno primerljivi. Vendar instrumentov, ki bi kakovostno merili vse značilnosti nihanj zemlje ob potresu, še dolgo ni bilo. Prvi tak instrument (seizmometer) so naredili šele leta 1892. Leta 1935, torej 43 let po izdelavi prvega seizmografa, je C. F. Richter vpeljal pojem potresne magnitude (Bormann in sod., 2002).

Nekaj zapisov o magnitudi najde bralec v starejših številkah Ujme. V Ujmi 3 (Lapajne, 1989): »Magnituda potresa je brezdimenzijska številka mera potresne energije, ki se razširja iz žarišča potresa kot potresno valovanje. Magnituda je torej žariščni parameter. Vsak potres ima zato le eno vrednost magnitude. Obstaja pa za magnitudo več različnih opredelitev. Najpogosteje se uporabljajo: lokalna magnituda (ki jo je vpeljal Richter), magnituda, ki je ocenjena iz zapisa površinskih valov, magnituda, ki je ocenjena iz zapisa prostorskih valov, magnituda, ki je ocenjena iz dolžine potresnega zapisa, in magnituda, ki je ocenjena iz makroseizmičnega polja (slednja se uporablja predvsem za oceno preteklih potresov, za katere nimamo na voljo instrumentalnih

* Mag., Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska 47, Ljubljana, Izidor.Tasic@gov.si

** Mag., Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska 47, Ljubljana, Renato.Vidrih@gov.si

podatkov). Ocene različnih opredelitev žal ne dajo iste vrednosti, sicer pa vse tudi niso uporabne za vsak potres. Magnituda je navadno podana na desetinke natančno (npr. 4,6, 6,4, 8,2). 'Stopnja potresa po Richterju' je torej le na poseben način opredeljena 'lokalna magnituda', čeprav novinarji navadno tako poimenujejo kakor koli opredeljeno magnitudo.

Magnitudna potresna lestvica je nedimenzijsko številsko oz. stopenjsko merilo sproščene potresne energije v žarišču. Teoretično magnitudna lestvica nima zgornje meje, praktično pa se končuje pri vrednosti 9. Za razliko od intenzitetne lestvice magnitudna lestvica ni celoštevilska, ker ima lahko magnituda tudi neceloštevilsko vrednost. Zaradi omejene natančnosti ocen se v praksi uporabljajo le desetinke. Glede na različne opredelitve magnitude razlikujemo tudi različne magnitudne lestvice.«

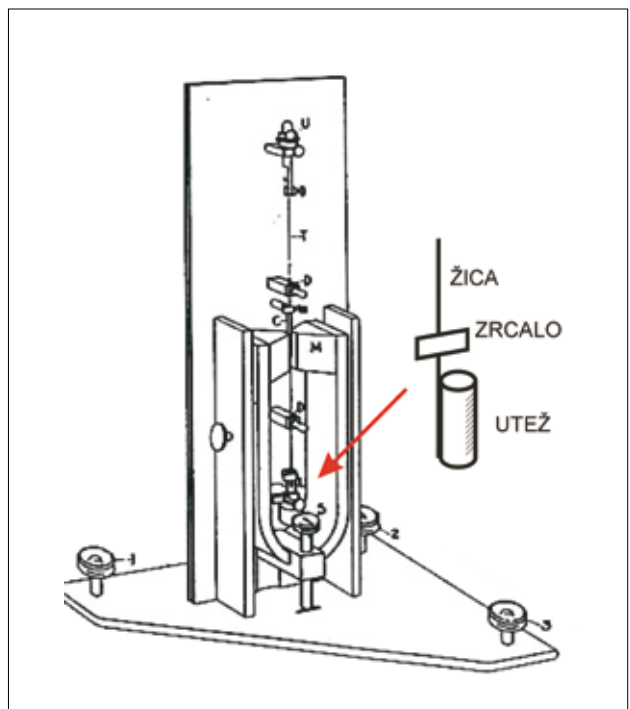
Treba je dodati, da je imel doslej največji instrumentalno zabeležen potres, ki je nastal leta 1960 ob obalah Čila, magnitudo 9,5 (Bormann in sod., 2002).

V Ujmi 4 (Lapajne, 1990) lahko preberemo: »... Magnituda potresa = velikost potresa. Zapomniti si velja, da obstaja ena sama velikost potresa, pa naj ga "gledamo" od daleč ali blizu. Merimo jo v magnitudnih ali velikostnih stopnjah (npr. v stopnjah po Richterju). Zato je to primerna poenostavljena mera za sproščeno potresno energijo.«

Richterjeva magnituda

V tridesetih letih prejšnjega stoletja je bila južna Kalifornija opremljena z lokalno mrežo približno desetih potresnih opazovalnic, ki so bile med seboj oddaljene do 100 km. Potresne opazovalnice so bile opremljene z magnetno-optičnimi torzijskimi seizmometri vrste Wood-Anderson (Anderson, Wood, 1925). Seizmometer, ki sta ga leta 1922 razvila Harry O. Wood in J. A. Anderson, ima lastni nihajni čas 0,8 sekunde, statično povečavo 2800-krat in meri premike tal v horizontalni ravnini. Glavni sestavni del seizmometra je utež v obliki valja, ki je ekscentrično pritrjena na žico (slika 1). Nihanje tal v vodoravni ravnini se zaradi ekscentrično pritrjene uteži prenese na zasuk žice. Na žico je nad utežjo pritrjeno še lahko zrcalo, ki se zaradi rotacije žice zasuka okoli svoje osi. Na sredino zrcala je usmerjen ozek žarek svetlobe, odbiti žarek se projicira na vrteči valj s fotografskim papirjem, ki zapisuje nihanje tal. Na vsaki opazovalnici sta bila postavljena dva taka seizmometra, ki sta merila premike v smereh vzhod-zahod in sever-jug.

Na območju južne Kalifornije je tako za tiste čase delovala razmeroma gosta mreža potresnih opazovalnic. Vse potresne opazovalnice so bile opremljene z enakimi aparaturami in so zato omogočale neposredno primerjavo zapisov istih potresov. Za delovanje seizmološke mreže je skrbel institut 'California Institute of Technology' (skrajšano Caltech), vendar pa ni bilo razvitega postopka za velikostno razvrščanje potresov,



Slika 1. Shematski prikaz Wood-Andersonovega torzijskega seizmometra (Anderson, Wood, 1925). Glavni sestavni del seizmometra je utež v obliki valja, ki je ekscentrično pritrjena na žico. Nihanje tal se zaradi ekscentrične uteži prenese na zasuk žice. Na žico je pritrjeno tudi lahko zrcalo, ki se prav tako zavrti in odbija žarek na fotografski papir in tako zapisuje nihanje tal.

Figure 1. Schematic representation of the Wood-Anderson torsion seismometer (Anderson, Wood, 1925). Its main component is a cylindrical weight fixed to a wire eccentrically. Thanks to the eccentric weight, the vibration of surface is transmitted to the wire rotation. A small mirror also fixed to a rotating wire, reflects a light beam onto photographic paper, thus keeping a record of the vibration.

predvsem za ločevanje številnih šibkih potresov od močnejših, a redkejših. Leta 1935 je C. F. Richter v sodelovanju z B. Gutenbergom, oba sta bila zaposlena na institutu Caltech, vpeljal "potresno magnitudo" (Bormann in sodelavci, 2002). Pri tem se je zgledoval po magnitudi v astronomiji, ki se nanaša na (logaritemsko) mero svetlosti nebesnega telesa. Magnitudo je opredelil kot desetiški logaritem razmerja amplitud:

$$M_L = \log \left(\frac{A}{A_0(D)} \right)$$

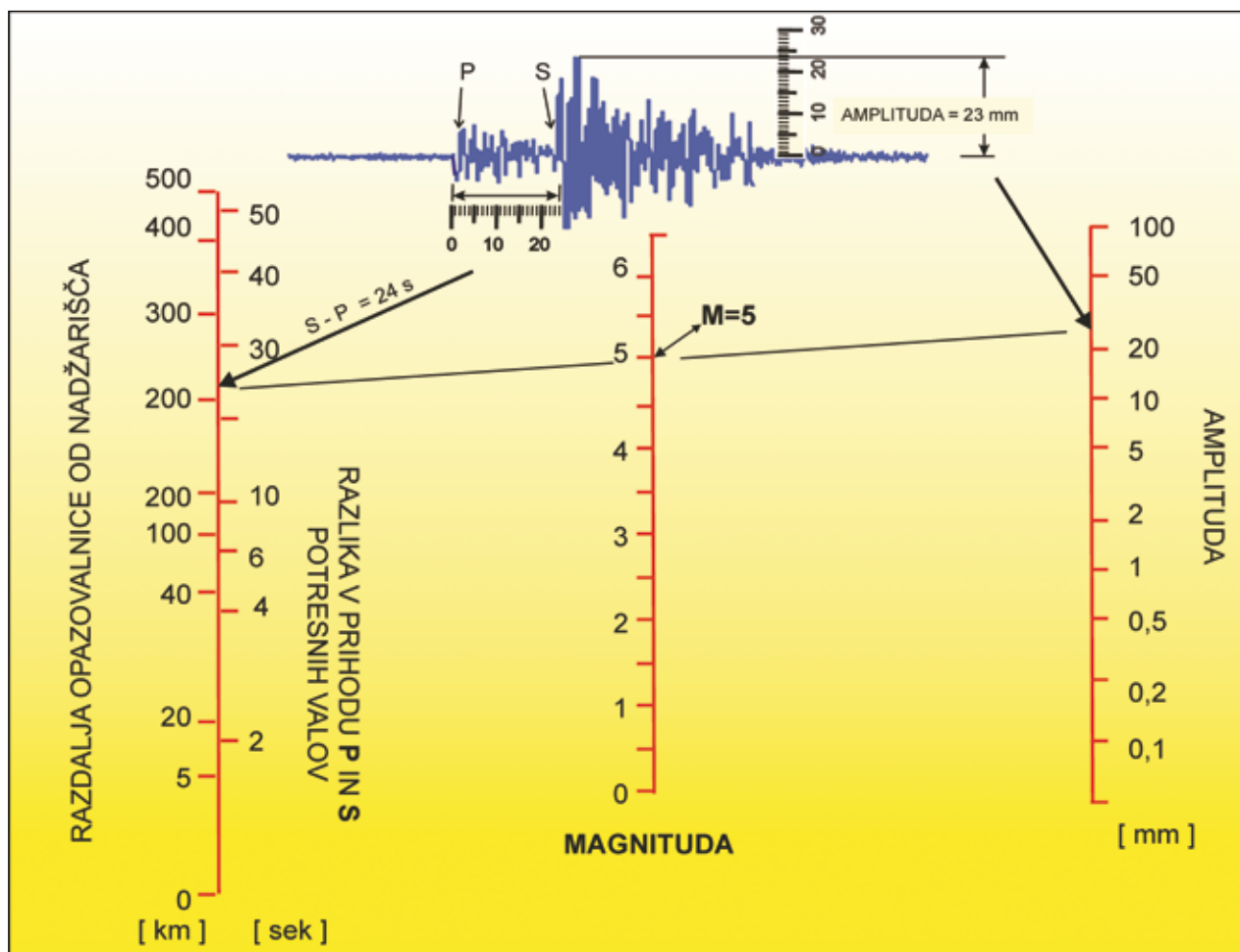
kjer je A največja amplituda, izmerjena v mikrometrih na zapisu potresa, zapisanega z Wood-Andersonovim torzijskim seizmometrom. Člen A_0 je normalizirani faktor, prav tako izražen v mikrometrih, in je odvisen od oddaljenosti potresne opazovalnice od nadžarišča potresa [D v kilometrih]. Ničelno magnitudo je določil s potresom, katerega nadžarišče je bilo od potresne

opazovalnice oddaljeno 100 kilometrov in je na Wood-Andersonovem sistemu zapisal sled z največjo amplitudo 1 mikrometer. Vrednost za A_0 ni konstanta ampak je odvisna od oddaljenosti potresne opazovalnice od nadžarišča potresa. Na potresnih opazovalnicah, ki so bolj oddaljene od nadžarišča tega potresa, je največja zabeležena amplituda za isti potres manjša, na bližnjih opazovalnicah pa je največja zabeležena amplituda za isti potres večja. Zato je vrednost A_0 za različne nadžariščne razdalje podal v preglednici. Diagram na sliki 2 kaže izvorni postopek določanja Richterjeve magnitude v južni Kaliforniji.

Magnituda, kakor jo je opredelil Richter, je imela precej pomanjkljivosti. Uporaba razdalje od nadžarišča potresa do potresne opazovalnice (nadžariščna ali epicentralna razdalja) namesto razdalje od žarišča do opazovalnice (žariščna ali hipocentralna razdalja), ima za posledico manjšo ali večjo napako pri izračunu magnitude. Pri velikih razdaljah in plitvih žariščih razlika med žariščno in nadžariščno razdaljo ni velika in je zato napaka majhna. Za bližnje potrese lahko globina žarišča pomembno vpliva na izračun magnitude potresa. Žarišča potresov v južni Kaliforniji večinoma niso globlja od 15 km. Za to

območje da Richterjeva formula zadovoljive rezultate za potrese, kjer je nadžariščna razdalja večja kakor 30 km. Pozneje so za A_0 vpeljali korekcijske faktorje, tako so lahko Richterjevo formulo uporabljali tudi pri potresih, kjer je bila nadžariščna razdalja manjša kakor trideset kilometrov. Za velike globine potresnih žarišč (ponekod v svetu do 720 kilometrov) Richterjeva formula ni bila primerna. Pomanjkljivost je tudi omejitev zgornje vrednosti magnitude. Najmočnejši potres, ki so ga lahko zabeležili instrumenti, ki so bili tedaj Richterju na voljo, je imel magnitudo 7,0. Zaradi instrumentalnih omejitev formula tudi ni bila primerna za potrese, ki so bili oddaljeni od potresne opazovalnice (nadžariščna razdalja) za več kakor 600 kilometrov.

Pri takratnih izračunih magnitude so bile še nekatere druge pomanjkljivosti. Na vsaki potresni opazovalnici sta bila nameščena dva Wood-Andersonova seizmometra, ki sta zapisovala nihanje tal v vodoravni ravnini v dveh med seboj pravokotnih smereh. Kako so iz obeh zapisov izračunali magnitudo? Richter je predlagal, da se za 'pravo' vrednost magnitude vzame povprečno vrednost obeh komponent, ki pa se lahko razlikuje skoraj za 0,2 od vektorske vsote, ki da pravo vrednost magnitude. Poleg



Slika 2. Diagram kaže, kakšen je bil na analognem zapisu potresa v južni Kaliforniji izvorni postopek odčitavanja Richterjeve magnitude. Vhodna podatka sta nadžariščna razdalja in amplituda nihanja tal.

Figure 2. Diagram of an analogue earthquake record (south California) showing the original procedure of picking up Richter magnitude. Input data are the distance to the epicenter and the amplitude of surface vibration.

tega so leta 1990 ugotovili, da so za Wood-Andersonove sisteme uporabljali nekoliko napačno vrednost ojačitve, kar je dodatno prispevalo okoli 0,13 k napaki pri izračunu magnitude. Prihajalo je še do drugih zapletov. Novejši seizmografi so postajali boljši, predvsem natančnejši in občutljivejši. Beležili so potrese, ki so nastali na večjih oddaljenostih in so imeli amplitude in frekvence potresnih valov, ki jih Wood-Andersonov seizmograf ni mogel beležiti.

Ne glede na naštetih pomanjkljivosti je Richter z vpeljavo magnitude naredil odločilni korak pri količinskem ovrednotenju potresov. Zato ni čudno, da se izraz 'Richterjeva magnituda' ali "stopnja po Richterju" zaradi popularnosti še danes uporablja v medijih za popolnoma drugačne opredelitve potresne magnitude. Za to zmedo seveda ne moremo kriviti Richterja.

V petdesetih letih so opredelitev magnitude priredili tudi za različne vrste potresnih valov z nadžarišči potresov več tisoč kilometrov od potresne opazovalnice. Izračune magnitude za teleseizme (potresno valovanje zelo oddaljenih potresov) označimo različno: z indeksom 's' (M_s) opišemo magnitudo, kjer smo za izračun uporabili amplitude površinskih valov, z indeksom 'b' (M_b) označimo magnitudo, kjer smo za izračun uporabili amplitudo prostorskih valov. Leta 1977 je Kanamori predlagal izračun magnitude M_w iz potresnega navora, ki jo danes rutinsko izračunavajo na podlagi teleseizmov na širokopasovnih seizmografih. Podrobnejšo razlago enačb za magnitudo za oddaljene potrese presegajo namen tega prispevka. V nadaljevanju se bomo posvetili predvsem tako imenovani lokalni magnitudi, ki jo uporabljamo tudi za vrednotenje potresov na slovenskem ozemlju.

Lokalna magnituda

Magnitudna lestvica je v primerjavi z opisnimi lestvicami pomenila velik korak naprej v razvrščanju potresov. Zaradi vodilne vloge, ki jo je imel v Richterjevem času Caltech v seizmologiji in predvsem zaradi preprostega računskega postopka, so magnitudno lestvico hitro začeli uporabljati tudi drugje po svetu in jo zaradi omejenosti na razmeroma majhno ozemlje poimenovali "lokalna magnituda". Ker je bila magnituda, ki jo je opredelil C. F. Richter, najprej namenjena za uporabo na določenem raziskovalnem območju v južni Kaliforniji za seizmogram, ki jih je zapisal Wood-Andersonov torzijski seizmometer, so bile z uporabo drugod po svetu težave. Registracije potresov na drugih območjih so se zaradi drugačne geološke zgradbe, drugačne globine žarišč potresov in tudi drugačnih seizmoloških instrumentov razlikovale od potresnih zapisov na omenjenem območju v Kaliforniji. Obstajala je nevarnost, da bodo potresi drugje napačno ovrednoteni. Ena od rešitev je bila, da se zapis matematično pretvori tako, da bo podoben zapisu, ki bi nastal na Wood-Andersonovem seizmografu. To sicer počnejo ponekod po svetu, vendar na tak način izgubijo kakovost podatka. Poleg tega taka pretvorba ne upošteva



Slika 4. Poškodbe na ožjem nadžariščnem območju ob potresu z magnitudo 4,9 (potres v Zgornjem Posočju 12. junija 2004)

Figure 4. Damage caused by an earthquake with magnitude 4.9 in the area surrounding the epicenter. (Upper Soca Valley, June 12, 2004)

lokalnih geofizikalnih lastnosti kamnin, ki se zagotovo razlikujejo od tistih v južni Kaliforniji. Seizmologi so tako v šestdesetih letih soglašali, da zaradi zapletenosti pojava, kakršen je potres, ter zaradi različne geološke sestave zemlje in različnih kakovosti seizmoloških instrumentov in seizmoloških mrež, formule za magnitudo ne poenotijo. Napisali so le naslednja priporočila za matematični izraz za magnitudo:

- Energija, ki se sprosti pri potresu, se le v manjšem delu sprosti v obliki potresnih valov. Glede na to, da obstaja zveza med hitrostjo nihanja podlage v in sproščeno energijo potresa, naj se v enačbi uporablja hitrost nihanja podlage. Zaradi poenostavitve naj bo v enačbi samo podatek o največji amplitudi nihanja hitrosti podlage na vertikalni komponenti, ali največja vektorska vsota zapisov dveh med seboj pravokotno postavljenih senzorjev v vodoravni ravnini, oz. največja vrednost ovojnice signala v vodoravni ravnini.
- V formuli za magnitudo naj bo člen $\sigma[D,h]$, ki bo upošteval lokalne geofizikalne značilnosti razširjanja ter dušenja potresnega valovanja in je neposredno povezan z nadžariščno razdaljo $[D]$ in globino žarišča potresa $[h]$ od potresne opazovalnice.
- Regionalne značilnosti se upošteva s členom C_r : Vpliv mikrolokacije potresne opazovalnice na zapis potresa se upošteva z dodatnim členom C_s . Študije so pokazale, da lahko vpliva mikrolokacija potresne opazovalnice na zapis potresa tako, da se spremeni ocena potresne magnitude za tri desetine magnitudne enote, oziroma v izjemno slabih razmerah še več (Bormann in sodelavci, 2002).

Splošna formula ima obliko:

$$M_L = \log \left(\frac{v_{\max}}{k10^{\sigma_k(h,D)}} \right) + C_r + C_s$$

pri čemer je člen v imenovalcu logaritma normalizacijski člen in določa ničelno magnitudo. Seizmologi uporabljajo naslednjo formulo za lokalno magnitudo:

$$M_L = \log(v_{\max}) + \sigma(h, D) + C_r + C_s$$

ki sicer ne prenese 'dimenzijske analize' (magnituda na levi strani enačbe nima enot, na desni strani enačbe pa najdemo logaritem hitrosti, kar seveda ni skladno), vendar se je ta oblika med seizmologi ustalila in jo bomo v nadaljevanju uporabili tudi mi. Prvi člen je neposredno vezan na največjo amplitudo nihanj tal in sledi ideji Richterteve magnitudo. Drugi člen vsebuje lokalne fizikalne lastnosti kamnine, skozi katero se razširja potresno valovanje in upošteva tudi dušenje. Tretji in četrti člen predstavljata vpliv širšega območja in ožje lokacije potresne opazovalnice na zapis potresa. Ta oblika je bila splošno sprejeta. Vrednosti v drugem, tretjem in četrtem členu so dobljene empirično. Glavni problem te oblike je ta, da sevalna funkcija potresnih valov ni krogelno simetrična, zato bi enačba za magnitudo morala vsebovati kotno odvisnost vsaj v drugem in tretjem členu. Vendar je izračun kotne funkcijske odvisnosti izredno zapleten, zato raje izračunamo magnitudo iz več potresnih opazovalnic in nato uporabimo njeno mediano ali povprečno vrednost.

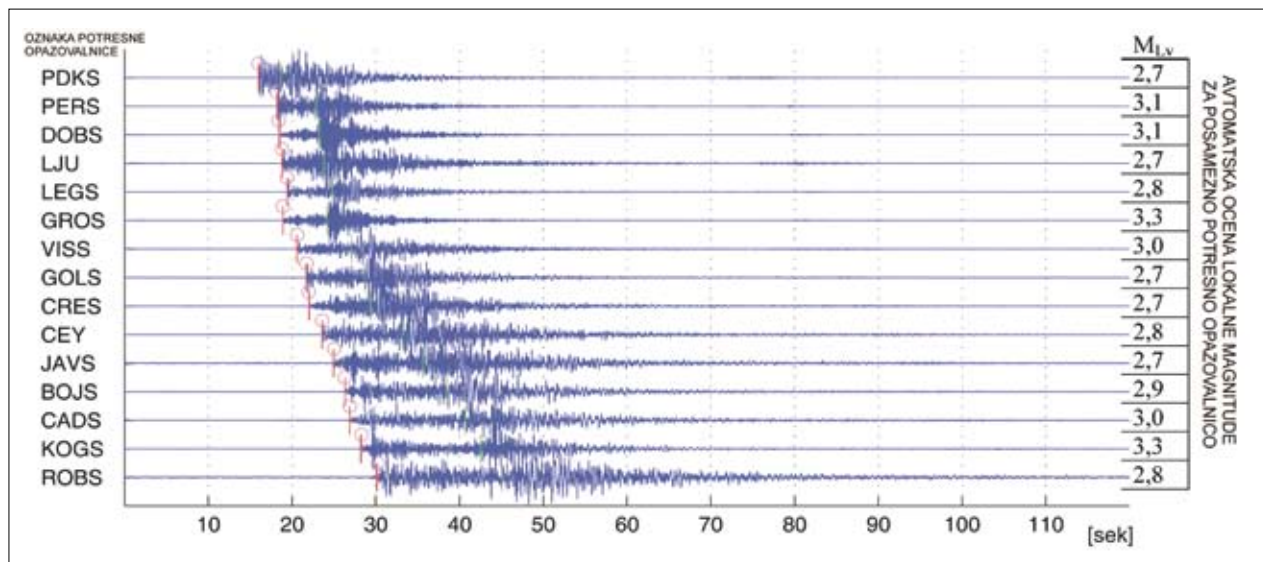
Vsaka seizmološka institucija ali seizmološka mreža ima lahko lokalno določene parametre za izračun magnitudo, vendar se mora magnituda potresov, ki jih obravnava več institucij, ujemati. To na splošno drži. Odstopanja so znotraj vrednosti ene desetinke magnitudne enote, pri potresih s kompleksnim žariščnim mehanizmom pa lahko pride do

odstopanja tudi do 0,5 enote (Bormann in sod., 2002). To povzroča zmedo. Tisti, ki ne poznajo problematike magnitudo, mislijo, da neka institucija namerno prikazuje manjšo magnitudo kakor druge institucije. Pogostokrat povezujejo to še z interesom zavarovalnic. Vendar je resnica v tem, da je žariščni mehanizem preveč zapleten, da bi se ga dalo zajeti s preprosto izraženo obliko.

Magnituda poda velikostno stopnjo potresa in jo izračunamo na podlagi instrumentalne meritve nihanja tal. Magnituda potresa ni mera za sproščeno energijo potresa, kakor je pogosto navedeno v poljudni literaturi. Vendar obstajajo empirične formule, ki povezujejo magnitudo z energijo. Porast magnitudo za eno enoto pomeni približno tridesetkratno povečanje sproščene energije potresa. Natančnejša razmerja so opisana v strokovni literaturi in veljajo večinoma za močnejše potrese, navadno za potrese z magnitudo nad 5 (Bath, 1973). Magnituda ni omejena niti navzdol niti navzgor. Omejujejo jo le naprave, ki beležijo nihanje tal. Zato so tudi nekoč govorili o devet- oziroma dvanajststopenjski potresni lestvici. Teoretično so seveda možni tudi potresi z večjo magnitudo. Kot smo že omenili, je imel najmočnejši doslej instrumentalno zabeležen potres magnitudo 9,5. Slike od 4 do 8 kažejo nekaj primerov poškodb ob potresih z ocenjeno magnitudo.

Lokalna magnituda v Sloveniji

Začetki slovenske povojne seizmologije segajo v pozna petdeseta leta, ko je začela delovati opazovalnica na Golovcu v Ljubljani. V poznejših letih so bile zgrajene še



Slika 3. Zapis potresa z dne 15. januarja 2006 ob 02.41. uri po UTC v okolici Nazarj z lokalno magnitudo $M_{Lv}=3,0$. Na sliki so prikazane tudi avtomatsko dobljene vrednosti magnitudo za posamezno potresno opazovalnico. Na avtomatsko oceno magnitudo na posamezni opazovalnici vplivajo tako postopki avtomatskih določitev nadžariščnih razdalj kakor tudi lokalne značilnosti potresne opazovalnice.

Figure 3. Record of an earthquake on January 15, 2006, at 02:41 UTC in the vicinity of Nazarje, with a local magnitude of $M_{Lv}=3,0$. Automatically evaluated values of magnitudes are presented and refer to separate seismic stations. The valuation of magnitudes at each seismic station is affected by automatic determination of P and S arrival time and by the impact of local site effects on amplitude.



Slika 5. Poškodbe na ožjem nadžariščnem območju ob potresu z magnitudo 5,6 (potres v Zgornjem Posočju 12. aprila 1998)

Figure 5. Damage caused by an earthquake with magnitude 5.6 in the area surrounding the epicenter. (Upper Soča Valley, April 12, 1998)



Slika 6. Poškodbe ob potresu na ožjem nadžariščnem območju z magnitudo 6,8 (potres 21. maja 2003 v Alžiriji)

Figure 6. Damage caused by an earthquake with magnitude 6.8 in the area surrounding the epicenter. (Northern Algeria Earthquake, May 21, 2003)

(to je strižnih) potresnih valov do potresne opazovalnice. Prve označujemo s črko P, druge pa s črko S. Prav tako v enačbi ne najdemo četrtega člena C_s , ker je bil popravek zaradi vpliva mikrolokacije v času analognih sistemov prav tako težko določljiv.

S posodobitvijo mreže se je število potresnih opazovalnic toliko povečalo, da izračun globine žarišča pri močnejših potresih ne predstavlja več tako velikega problema. Z izgradnjo državne mreže potresnih opazovalnic bomo imeli na voljo več parametrov in zato bo treba izračun magnitude posodobiti.

druge opazovalnice. Dve od štirih potresnih opazovalnic, ki so bile zgrajene do leta 1986, so beležile samo nihanje tal na navpični komponenti. To je tudi razlog, da v Sloveniji računamo magnitudo na navpični komponenti potresnega zapisa. Izraz za magnitudo je naslednji (Cecić in sod., 2005):

$$M_{LV} = \log\left(\left(\frac{A}{T}\right)_{\max}\right) + 1,52 \log(D) - 3,2$$

kjer je D nadžariščna razdalja izražena v kilometrih. Zakaj v drugem členu ne upoštevamo še globine žarišča, kakor je priporočeno? Pri majhnem številu potresnih opazovalnic, kakor jih je imela Slovenija v preteklih letih, je bila velika verjetnost, da bi bila globina potresa napačno izračunana in bi ta prispevek še povečal napako v magnitudi. Zato je bolje izračunati magnitudo na več potresnih opazovalnicah in potem uporabiti povprečje, ker tako zmanjšamo vpliv opazovalnice, ki je 'preblizu' nadžarišču potresa. Vendar napaka še vedno obstaja. Kadar je nadžariščna razdalja manjša od 5 km, so lahko napake v oceni magnitude že precejšnje. V takih primerih dobimo natančnejšo vrednost, če namesto nadžariščne razdalje uporabimo žariščno razdaljo, ki jo lahko ocenimo iz razlike prihoda primarnih (to je vzdolžnih) in sekundarnih

Na posamezni potresni opazovalnici lahko ocenimo žariščno razdaljo iz razlike prihoda P in S potresnih valov do potresne opazovalnice. Avtomatski sistemi seizmoloških mrež pogostokrat določijo samo приход P potresnih valov. Na ta način izgubimo podatek o oddaljenosti posamezne potresne opazovalnice od nadžarišču potresa. Kadar nimamo podatka o nadžariščni oziroma žariščni razdalji, si pri izračunu magnitude pomagamo z dolžino zapisa potresa. Tako magnitudo označujemo z M_D . Formula, ki jo uporabljamo v Sloveniji in v severni Italiji (Furlaniji), je naslednja (Cecić in sod., 2005):

$$M_D = 2,22 \log(t) - 1,465$$

kjer je t trajanje potresa v sekundah. Ta časovni interval je zelo občutljiv na seizmični šum in pogosteje pride do napake. Znan je primer, ko so na Hrvaškem izračunali M_D iz ene same potresne opazovalnice, podatek tudi objavili, ocena magnitude pa je bila napačna za celo enoto.

V Sloveniji imamo, zahvaljujoč avtomatskemu postopku, podatke o parametrih potresa na voljo na medmrežju v nekaj minutah po potresu. Ti parametri se lahko v naslednjih urah tudi spremenijo, predvsem zaradi



Slika 7. Poškodbe na ožjem nadžariščnem območju ob potresu z magnitudo 7,4 (potres 17. avgusta 1999 v Turčiji)

Figure 7. Damage caused by an earthquake with magnitude 7.4 in the area surrounding the epicenter. (Izmit Earthquake - Turkey, August 17, 1999)

posredovanja strokovnjaka, ki natančneje pregleda zapise potresa in tudi natančneje ovrednoti potresno magnitudo. Vendar napaka v avtomatski oceni lokalne magnitude ponavadi ni večja od 0,1. Še vedno pa je pri natančni določitvi parametrov potresa, tudi magnitude, potrebna navzočnost strokovnjaka.

Na sliki 3 je zapis potresa na potresnih opazovalnicah državne seizmološke mreže z lokalno magnitudo $M_{Lv}=3,0$. Potres je nastal 15. januarja 2006 ob 2. uri 41 minut UTC (oziroma 3. uri 41 minut po lokalnem času) v bližini Nazarij. Potres so čutili prebivalci Nazarij in okolice. Na sliki so prikazane avtomatsko dobljene vrednosti magnitud za posamezno potresno opazovalnico. Izračun temelji na avtomatsko dobljenem podatku prihoda P in S potresnih valov (Tasič, 2001). Na avtomatsko oceno magnitude na posamezni opazovalnici vplivajo tako postopki avtomatskih določitvev nadžariščne razdalje kakor tudi lokalne značilnosti posamezne potresne



Slika 8. Poškodbe na ožjem nadžariščnem območju ob potresu z magnitudo 7,7 (potres 20. septembra 1999 na Tajvanu)

Figure 8. Damage caused by an earthquake with magnitude 7.7 in the area surrounding the epicenter. (Taiwan, September 20, 1999)

opazovalnice. Avtomatska ocena magnitude za ta potres je povprečna vrednost magnitud iz posameznih opazovalnic in je $M_{Lv}=2,9$.

Sklepne misli

Potresi so del našega vsakdanjika. Za izraz 'Richterjeva magnituda' lahko rečemo, da se je ustalil med ljudmi in nekako ponarodel. Laični javnosti pomeni predstavo o potresu, ki ni nujno pravilna, je pa zagotovo povezana s potresi in njihovo velikostjo. Ali je potem smiselno neprestano popravljati novinarje in poučevati laično javnost, da je navajanje izraza 'Richterjeva' magnituda neustrezno? Že leta 1994 so v ZDA na zvezni instituciji USGS (United States Geological Survey) – NEIC (National Earthquake Information Center) sprejeli izjavo, s katero so se odpovedali kritiziranju uporabe izraza Richterjeva magnituda (Monastersky, 1994). V izjavi so zapisali, da je uporaba oznake 'Richter' stvar osebnega dojemanja, tradicije in pomenoslovja. Verjetno se je smiselno držati te izjave tudi pri nas, saj je nenazadnje osnovna naloga potresne magnitude, da pomaga tudi nestrokovnjakom pri hitrem prepoznavanju potresa. Že tako ima laična javnost pogostokrat težave pri razlikovanju med magnitudo in intenziteto potresa. Strokovnjaki tako in tako poznajo prave parametre potresa in iz oznak, ki so zapisani v strokovni literaturi, razberejo, kako je bila magnituda izračunana.

Viri in literatura

1. Anderson, J. A., Wood, H. O., 1925. Description and theory of the torsion seismometer, Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 15, 1-72.
2. Bath, M., 1973. Introduction to Seismology, Birkhauser Verlag Basel and Stuttgart, New York: John Wiley and Sons, str. 395.
3. Bormann, P. (ed.), 2002. IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice, GeoForschungsZentrum Potsdam, Vol. 1, poglavje 3, 1-94.
4. Cecić I., Živčič M., Jesenko T., Kolar J. 2005. Potresi v Sloveniji leta 2003, Potresi v letu 2003, Agencija RS za Okolje, Urad za seizmologijo in geologijo (ur. R. Vidrih), Ljubljana, 21-40.
5. Lapajne, J., 1889. Strokovna beseda, Ujma 3, str. 121.
6. Lapajne, J., 1890. Strokovna beseda, Ujma 4, str. 204.
7. Monastersky, R. 1994, Abandoning Richter; how a white lie finally caught up with seismologists, Science News; <http://www.highbeam.com/library/>
8. Ribarič, V., 1984. Potresi, Cankarjeva Založba, Ljubljana, str. 271.
9. Tasič, I., 2001. Opredelitev vstopa potresnih valov lokalnega potresa, Potresi v letu 1999 (ur. R. Vidrih), Agencija RS za Okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 83-93.