

SEIZMOLOŠKE ZNAČILNOSTI POTRESA

Seismological Earthquake Characteristics

Andrej Gosar*, Mladen Živčić**, Ina Cević***, Polona Zupančič**** UDK 550.34(497.4)"1998"

Povzetek

Potres 12. aprila 1998 ob 10. uri in 55 minut po svetovnem času (oz. 12. uri 55 minut po lokalnem poletnem času) v Krnskem pogorju je bil po magnitudi ($m_b=5,3$, $M_m=5,3$, $M_{LV}=5,6$, $M_w=5,6$, $M_s=5,7$, $M_{WA}=6,0$) eden najmočnejših potresov z nadžariščem v Sloveniji v tem stoletju. Na podlagi žariščnega mehanizma in razporeditve žarišč popotresov sklepamo, da je prišlo do glavnega potresa ob subvertikalnem prelomu v smeri SZ–JV, ki ima značilnosti desnega zmičnega preloma. Pretrg v globini, velikosti 10 krat 6 km, ni dosegel površine, saj na površinskih izdankih prelomov v domnevni seizmogeni coni ni znakov kosezmičnega premika. Potres je dosegel največje učinke (VII. do VIII. stopnje po EMS-98) v krajih Lepena, Magozd, Spodnje Drežniške Ravne in Tolminske Ravne. Poškodovani so se predvsem starejši objekti, grajeni iz obdelanega in neobdelanega kamna. Začasno postavljena mreža prenosnih potresnih opazovalnic je zaznala več kot 7000 popotresov. Modificiran Omorijev zakon uspešno opiše gostoto pojavljanja popotresov, če upoštevamo še sekundarni popotresni niz po najmočnejšem popotresu 6. maja 1998.

Abstract

The 12 April 1998 earthquake that occurred at 10h 55m UTC in the Krn mountains was, by its magnitude ($m_b=5.3$, $M_m=5.3$, $M_{LV}=5.6$, $M_w=5.6$, $M_s=5.7$, $M_{WA}=6.0$), among the strongest in Slovenia in this century. The earthquake mechanism and the distribution of aftershock foci point to the conclusion that the main shock occurred in the dextral strike-slip subvertical fault striking NW–SE. No evidence of a surface rupture was found. The largest effects were registered in the villages of Lepena, Magozd, Spodnje Drežniške Ravne, and Tolminske Ravne, where a maximum intensity of VII–VIII EMS-98 was observed. Mainly older buildings built of rubble and ordinary stone were damaged. The temporary network of portable stations deployed immediately after the earthquake has recorded more than 7000 aftershocks. The modified Omori law offers a good description of the aftershock frequency decay, if the secondary aftershock sequence that followed the strongest aftershock (6 May 1998, $M_{LV}=4.2$) is included.

Uvod

Potres 12. aprila 1998 ob 10. uri in 55 minut po svetovnem času (UTC) oz. ob 12. uri 55 minut po lokalnem poletnem času je bil po magnitudi ($M_{WA}=6,0$) eden najmočnejših potresov z nadžariščem v Sloveniji v tem stoletju. Učinki (največja intenziteta) – in verjetno tudi obseg škode – pa so bili večji pri potresih leta 1917 v Brežicah (Ribarič, 1982; Lapajne, 1990) in leta 1976 (Ribarič, 1980) v Furlaniji (pri slednjem mislimo na učinke na slovenskem ozemlju). Za krnski potres je največja intenziteta ocenjena na VII. do VIII. stopnjo po evropski potresni lestvici (EMS-98). Potres je povzročil največ škoda v Drežniškem kotu in v Bovški kotlini (Cević in sod., 1999a). Lokalna geološka zgradba je negativno vplivala na stopnjo poškodb v delu Bovca (Mala vas), Kalu–Koritnici in Drežniških Ravnah (Gosar, 1999). V visokogorju se je sprožilo več podorov, v nižjih predelih pa nekaj zemeljskih plazov (Ribičič in Vidrih, 1999). Potres so čutili prebivalci celotne Slovenije, pa tudi v Italiji, Švici, Avstriji, Nemčiji, Češki, Slovaški, Madžarski, Hrvaški ter Bosni in Hercegovini.

Glavni potres

Potres v Krnskem pogorju je zaznala večina sodobnih potresnih opazovalnic po celem svetu, vse do Antarktike in Tasmanije. Po podatkih, ki smo jih imeli v kratkem času po potresu na voljo, je bila lega določena na podlagi zapisov sedmih slovenskih opazovalnic (najbližja je bila na Vojškem, oddaljena 36 km) in 14 opazovalnic furlanske mreže (najbližja v Dreki na Kolovratu, oddaljena 16 km). Po teh izračunih je bilo žarišče na območju Krnskega pogorja v globini 14 km. Kmalu po potresu je Uprava Republike Slovenije za geofiziko (URSG) postavila začasno mrežo prenosnih opazovalnic, ki so posredovale dragocene podatke o popotresni aktivnosti. Ti podatki so pomagali, da smo z uporabo metode hkratnega določanja žarišča natančneje opredelili tudi položaj glavnega potresa (Bajc in

sod., 1999). Tako smo izračunali, da je potres nastal ob 10. uri 55 minut 32,9 sekund po svetovnem času UTC (po našem poletnem času je to dve uri pozneje) v točki z zemljepisnimi koordinatami 46,309 stopinj severne širine in 13,632 stopinj vzhodne dolžine na globini 7,6 kilometrov. Ocenjujemo, da napaka opredelitve žariščnega časa ni večja od 0,2 sekunde, napaka lege žarišča pa ni večja od enega kilometra.

Na sliki 1 je zapis vertikalne komponente na petih digitalnih opazovalnicah slovenske državne mreže. Na območju največjih amplitud (površinski valovi) je zapis pri bližjih opazovalnicah prekrmljen. Magnitudo smo zato lahko opredelili le iz zapisov bolj oddaljenih opazovalnic in opazovalnic, ki so opremljene s senzorji za zapisovanje močnih potresov. Lokalna magnituda, izračunana iz štirih zapisov na navpičnih komponentah opazovalnic državne mreže, ki niso bile prekrmljene (slika 1), je $M_{LV}=5,6$. Magnituda, določena iz vodoravnih komponent treh zapisov, preračunanih v zapise standardnega Wood-Andersonovega seizmografa, je $M_{WA}=6,0$. Svetovni seizmološki centri so magnitudo določili iz zapisov svetovne mreže potresnih opazovalnic. Tako je NEIC določil magnitudo $M_s=5,7$ iz zapisov površinskega valovanja na 71 opazovalnicah, in iz 69 zapisov vzdolžnega telesnega valovanja $m_b=5,3$. Harvardska univerza (v Cambridgeu, ZDA) je iz 49 zapisov določila navorno magnitudo $M_w=5,6$ (Harvard CMT Catalog, 1998). Magnituda, ocenjena iz makroseizmičnih podatkov (Živčić in Cević, 1998), je $M_m=5,3$.

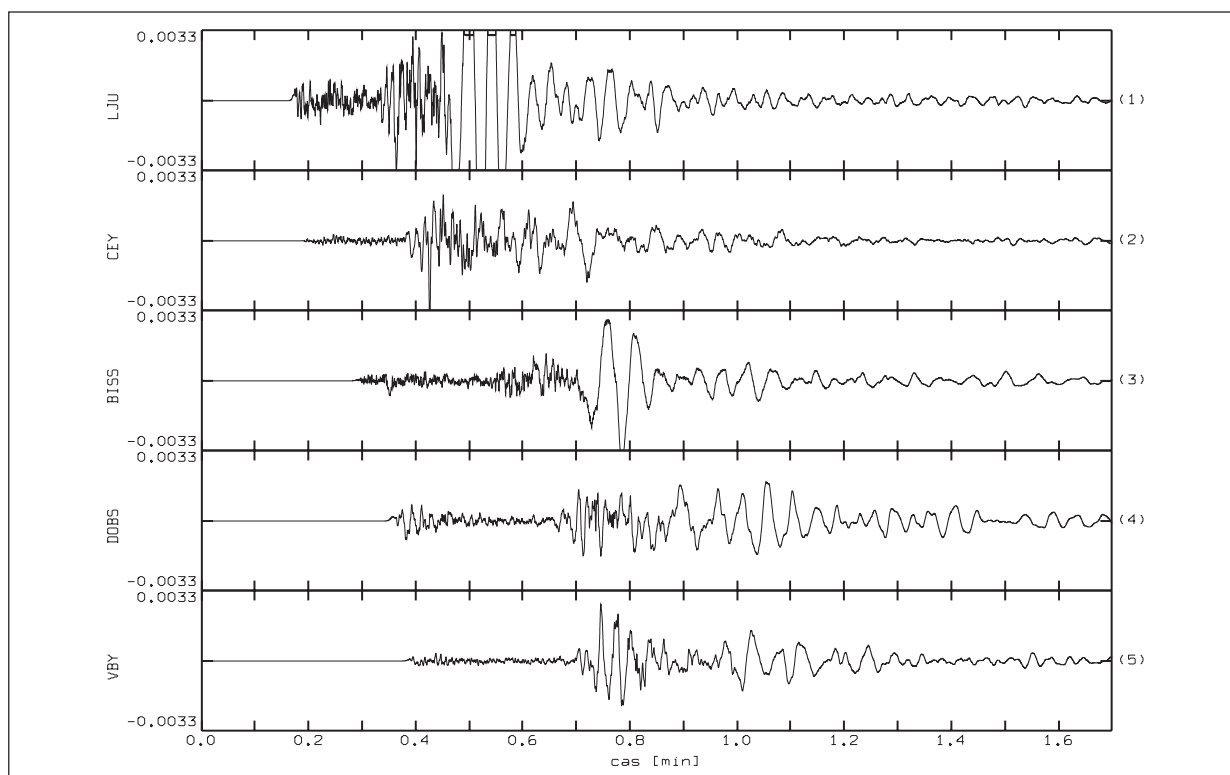
Žariščni mehanizem potresa po podatkih različnih mednarodnih seizmoloških organizacij in po naših izračunih kaže na dve možnosti (ob uporabljenih metodah opredelitev ni nikoli enolična): skoraj čisti desni zmik ob navpičnem prelomu v smeri SZ–JV (dinarska smer) ali levi zmik ob prelomu smeri SV–JZ (prečnodinarska smer). Glede na prevladujočo smer v kateri so razvrščeni popotresi, ki so praviloma na ploskvi, kjer se je zgodil glavni potres, lahko sklepamo, da je potres nastal ob prelomu dinarske smeri.

* dr. MOP, Uprava RS za geofiziko, Pot na Golovec 25, Ljubljana

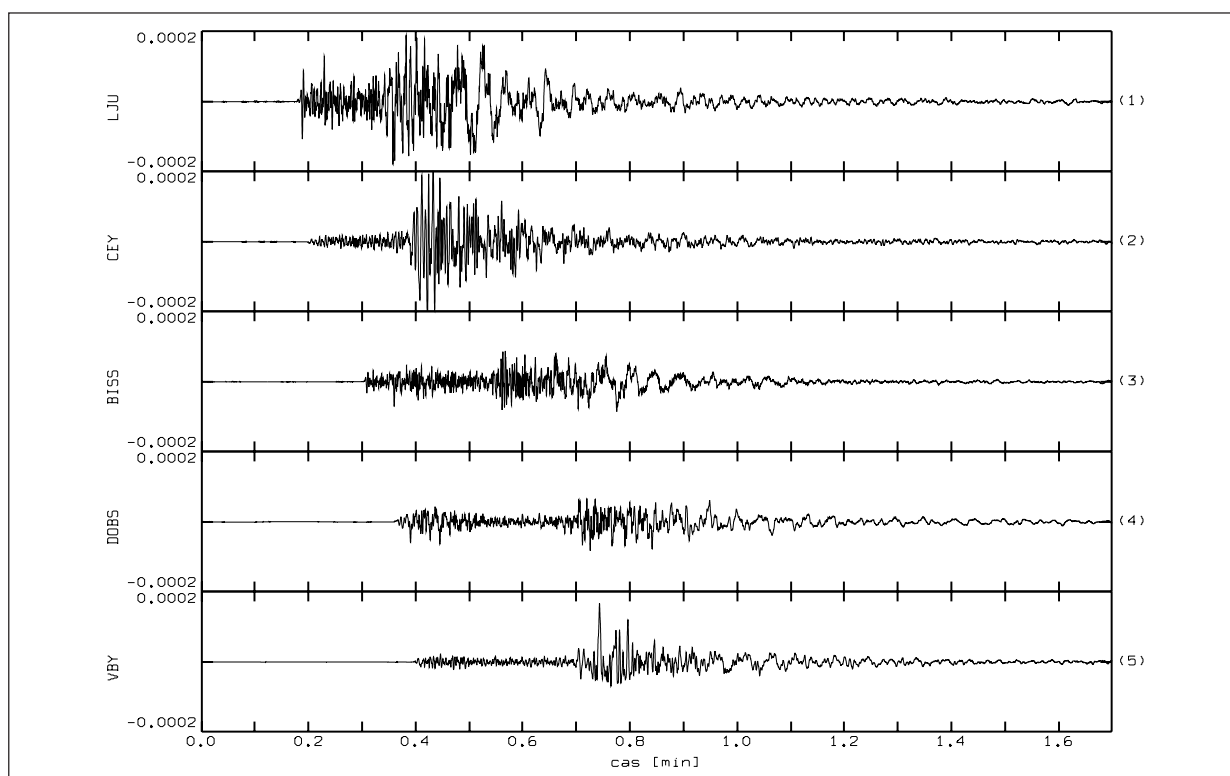
*** MOP, Uprava RS za geofiziko, Pot na Golovec 25, Ljubljana

** mag., MOP, Uprava RS za geofiziko, Pot na Golovec 25, Ljubljana

**** MOP, Uprava RS za geofiziko, Kersnikova 3/II, Ljubljana



Slika 1. Seizmični zapis potresa v Krnskem pogorju 12. aprila 1998 ob 10. uri in 55 minut po svetovnem času na vertikalnih komponentah petih digitalnih opazovalnic slovenske državne mreže
 Figure 1. Vertical components of the records of the main shock on 12 April 1998 at 10h 55m UTC, as recorded by five digital stations of the Slovenian national seismic network.



Slika 2. Zapis vertikalne komponente na petih opazovalnicah državne mreže za najmočnejši popotres dne 6. maja 1998 ob 2. uri 53 minut po svetovnem času z lokalno magnitudo 4,2
 Figure 2. Vertical component of the records of the strongest aftershock on 6 May 1998 at 02h 53m UTC ($M_{LV}=4.2$), as recorded by five digital stations of the Slovenian national seismic network.

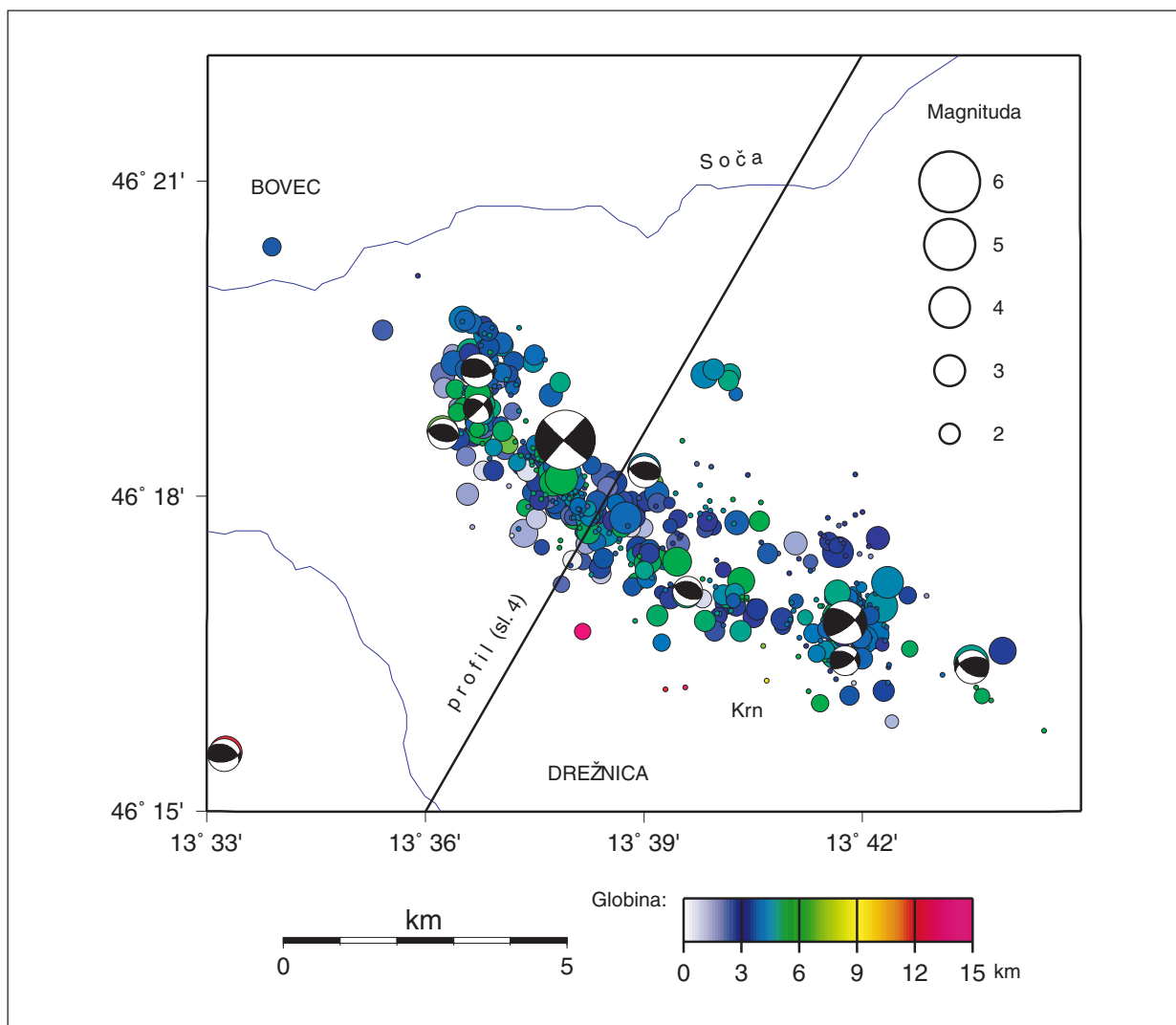
Popotresni niz

Vsakemu močnejšemu potresu praviloma sledi krajši ali daljši niz popotresov. Za njihovo čimboljše opazovanje je URSG prvo prenosno opazovalnico v bližini nadžarišča namestila že zvečer na dan potresa. Naslednji dan sta bili postavljeni še dve opazovalnici in 18. aprila naslednji dve. Prva opazovalnica, postavljena v Trenti 12. aprila ob 21. uri, je v prvih petih urah zapisala 107 potresov, v naslednjih 24 urah pa še 234. Opazovalnici v Drežnici in Lepeni sta bili postavljeni 18. aprila še bližje nadžariščnemu območju. Tista v Drežnici je že naslednji dan zaznala sto popotresov. Opazovalnica v Trenti je bila 12. maja prestavljena na začetek doline Lepene (Sinčić in Vidrih, 1999). Skupaj so te tri prenosne opazovalnice do konca leta 1998 zaznale 6429 popotresov. Večina jih je bila zelo šibkih, saj so do 13. maja 1999 le 303 popotresi dosegli ali presegli lokalno magnitudo 1,0. Prebivalci Posočja so, posebej v prvih tednih po glavnem sunku, čutili zelo veliko popotresov. Iz njihovih poročil smo lahko določili intenzitete za 78 dogodkov. Najmočnejši popotres je bil 6. maja 1998 (23 dni po glavnem potresu) ob 2. uri 53 minut 0,1 sekunde UTC (slika 2) z žariščem približno 5 km jugovzhodno od žarišča glavne-

ga potresa na globini 5,1 km in je imel magnitudo $M_{LV} = 4,2$ (Cević in sod., 1999b).

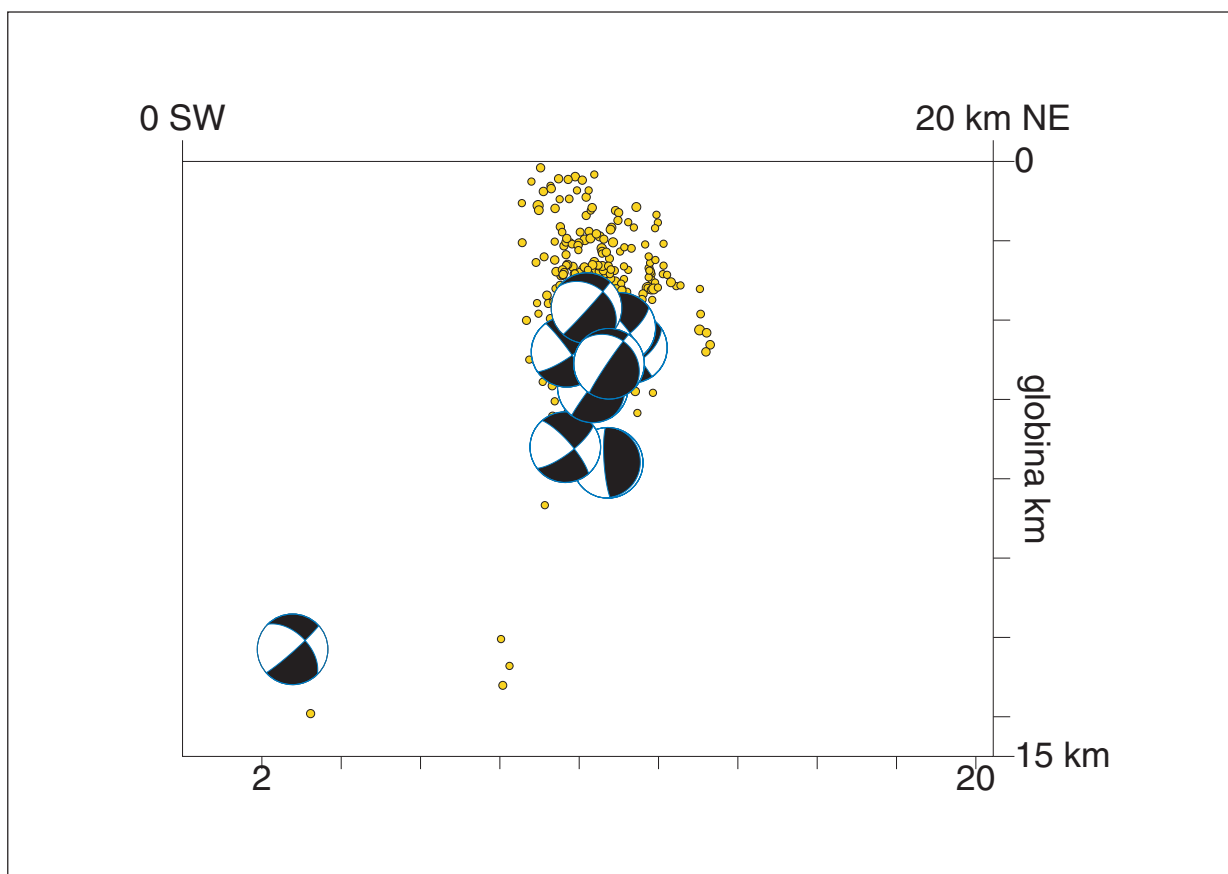
Žarišča večine popotresov so razporejena v trikilometer-skem pasu, razpotegnjenem v smeri severozahod–jugovzhod (sliki 3 in 4), kar priča o smeri in velikosti pretrga med potresom. Ta je bil v primeru potresa 12. aprila velik 10 krat 6 km. Leži na območju, prek katerega potekata dva preloma: knežki in ravenski (Placer in sod., 1999). Že Sikošek (1982) je za ravenski prelom (ki ga imenuje krnski) ocenil, da je zmožen povzročiti najmočnejše potrese v Sloveniji.

V dobrem letu po glavnem potresu, do 13. maja 1999, so se zvrstili 303 popotresi z lokalno magnitudo M_{LV} , večjo ali enako 1,0. Popotresov z magnitudo, večjo ali enako 3,0 pa je bilo 13. Histogram na sliki 5 kaže pogostost potresov v odvisnosti od magnitude izzpeljano Gutenberg-Richterjevo krivuljo (Gutenberg in Richter, 1944). Popotresni niz je popoln šele za potrese z magnitudo vsaj 2,0, kar je odvisno predvsem od oddaljenosti potresnih opazovalnic. Magnitudo 2,0 smo zato tudi uporabili kot spodnjo mejo pri izračunu krivulje modificiranega Omorijevega zakona (slika 6), ki opisuje gostoto pojavljanja popotresov (Utsu, 1962). Pri izračunu smo uporabili program AFT (Utsu in Ogata, 1997).

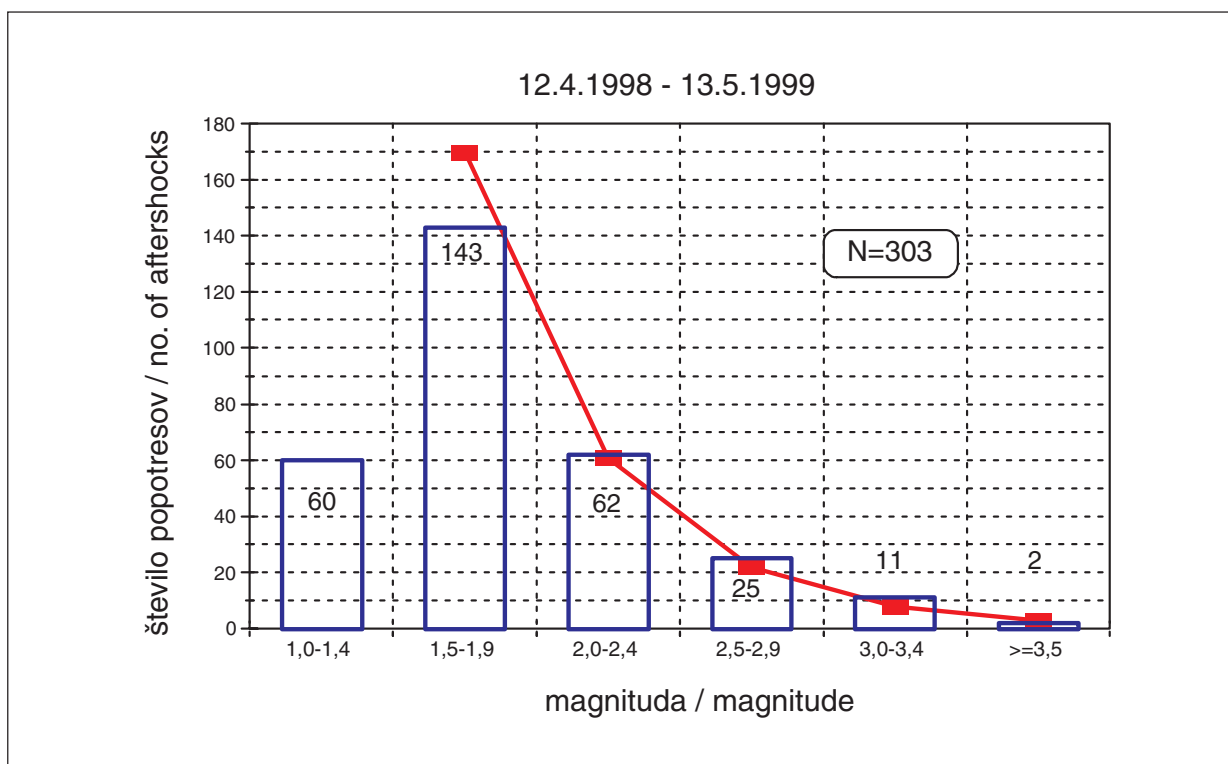


Slika 3. Karta nadžarišč in žariščnih mehanizmov, določenih iz podatkov začasne mreže potresnih opazovalnic (Bajc in sod., 1999); označen je profil na sliki 4

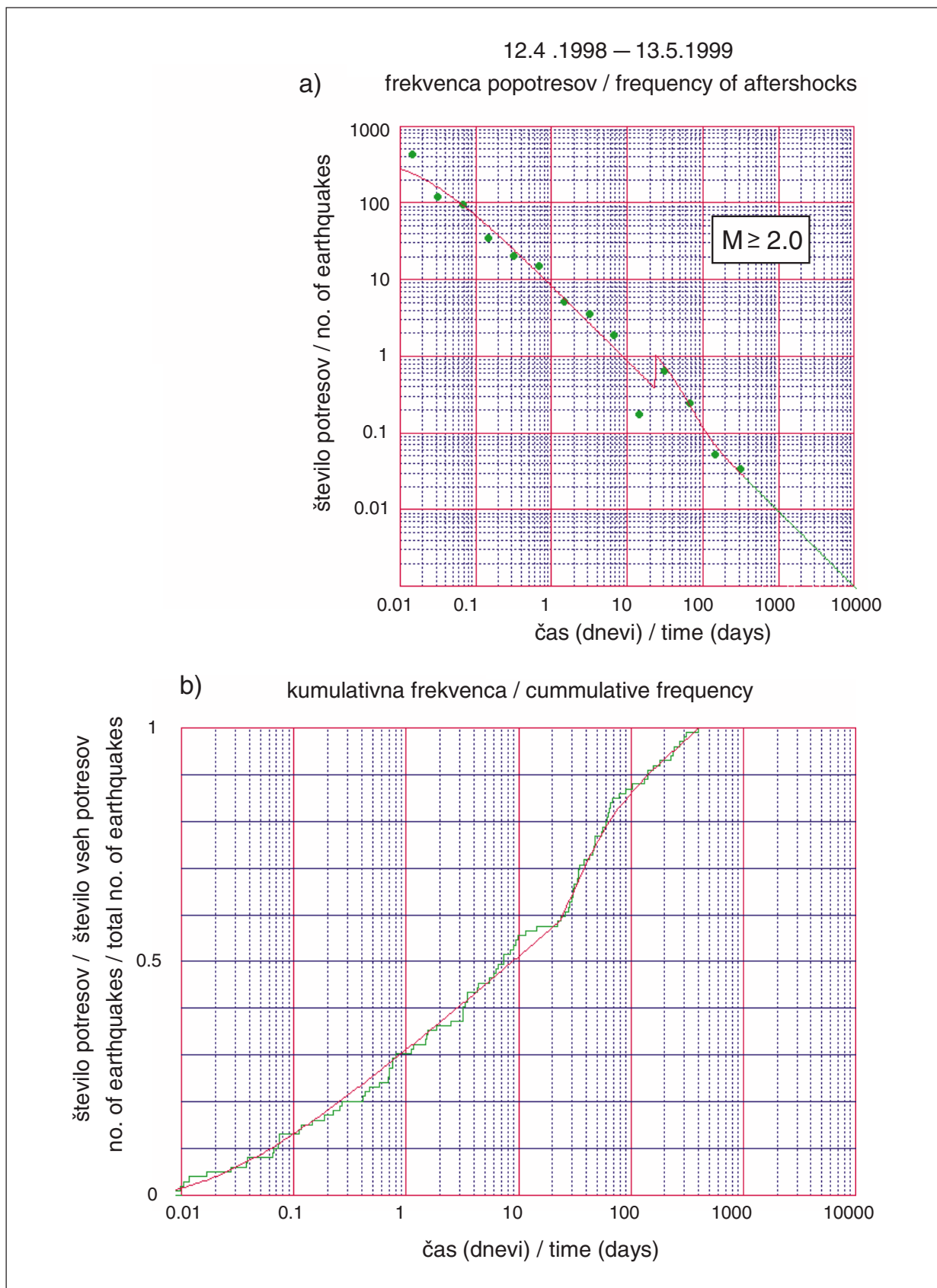
Figure 3. Map of epicentres and focal mechanisms determined on the basis of data collected by the portable seismological stations network (Bajc in sod., 1999). The line indicates the profile shown in Figure 4.



Slika 4. Profilna projekcija žarišč in žariščnih mehanizmov pravokotno na dinarsko smer
 Figure 4. The hypocenters and fault plane solutions projected on the plane striking NE-SW.



Slika 5. Pogostost popotresov v odvisnosti od magnitude z Gutenberg-Richterjevo krivuljo
 Figure 5. Magnitude frequency relation with Gutenberg-Richter function.



Slika 6. Frekvenca popotresov (a) in kumulativna frekvenca (b) z modificirano Omorijevo krivuljo, ki vključuje sekundarni popotresni niz z začetkom ob najmočnejšem popotresu 6. maja 1998

Figure 6. Frequency of aftershocks (a) and cummulative frequency (b) with modified Omori law, including secondary aftershock sequence, following the strongest aftershock on 6 May 1998.

Prvi izračun je pokazal, da ni možno doseči dobrega ujemanja tega eksponentnega zakona z danimi podatki, če ne uporabimo sekundarnega popotresnega niza, ki se začne ob času najmočnejšega popotresa 6. maja 1998, in se jasno kaže v »kolenu« na sliki 6 b. Opremljeni parametri Gutenberg-Richterjevega in modificiranega Omorijevega zakona se sicer ujemajo z vrednostmi, znanimi iz literature, in z rezultati prve podobne statistične analize v Sloveniji, ki je obravnavala popotresno serijo pri Žalcu jeseni 1996 (Gosar in sod., 1998). Ob predpostavki, da se bo popotresna aktivnost nadaljevala skladno z opredeljenimi parametri, lahko v letu 2000 pričakujemo sedem popotresov z magnitudo $M_{LV}=2,0$ ali več.

Makroseizmični podatki

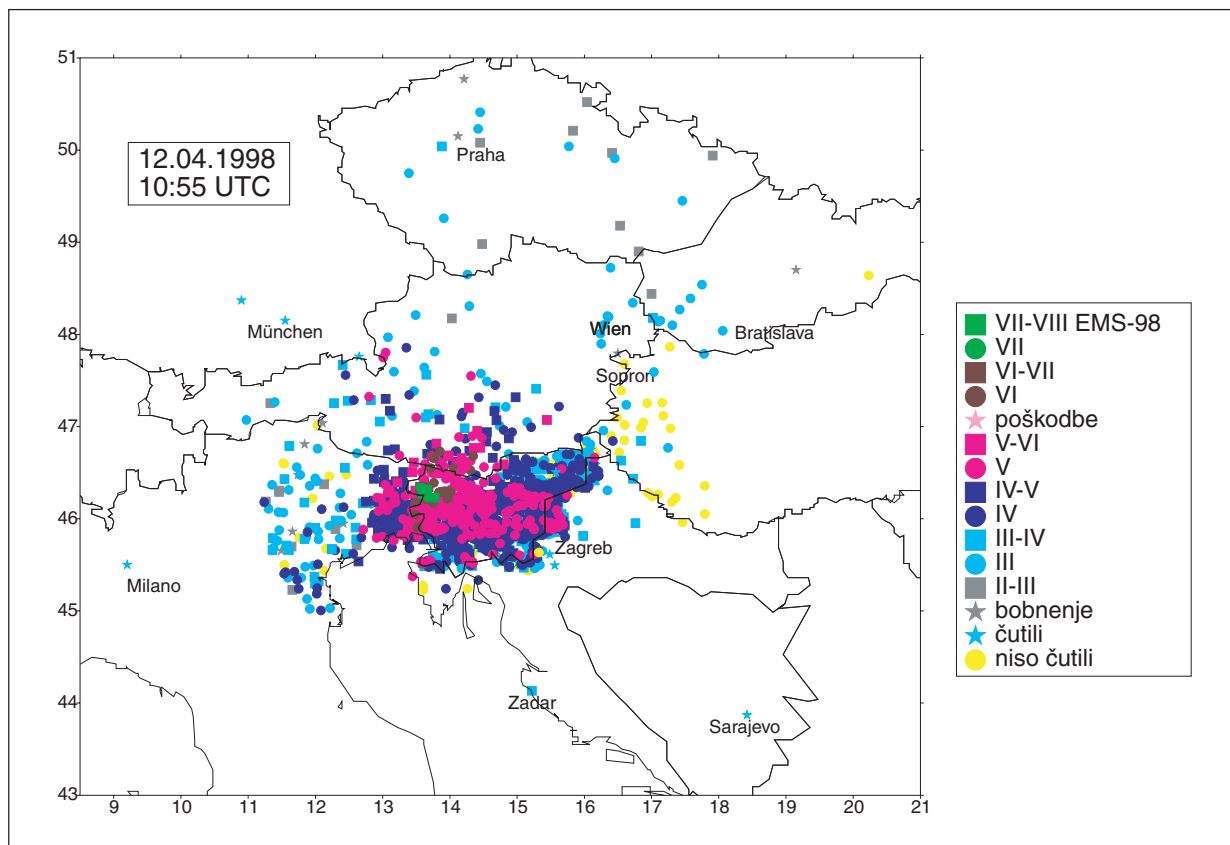
Po potresu smo po pošti poslali makroseizmične vprašalnike na naslove vseh aktivnih prostovoljnih opazovalcev (več kot 4300), ki sodelujejo z URSG. Vprašalnike nam je vrnilo 68 % opazovalcev, kar je tako za evropske kot tudi za svetovne razmere zelo visok odstotek (Cecić in sod., 1999a). Natančnejše terenske raziskave smo opravili v najbolj prizadetih naseljih. Podatke o poškodbah in drugih učinkih potresa smo zbirali na način, ki nam je omogočal vrednotenje podatkov s pomočjo nove različice evropske potresne lestvice iz leta 1998, z okrajšavo EMS-98 (Grünthal, 1998). Dodatne podatke so nam posredovale komisije za popis poškodb.

Z analizo makroseizmičnih podatkov smo ocenili vrednosti intenzitete potresa 12. aprila 1998 v več kot 2000 krajih. Njihova prostorska razporeditev je predstavljena na slikah 7 in 8. Celotno žarišče je bilo na srečo na neposeljenem

območju. S tem je pogojena tudi relativno nizka stopnja učinkov na površju. Potres je dosegel največje učinke (VII. do VIII. stopnje po EMS-98) v krajih Lepena, Magozd, Spodnje Drezniške Ravne in Tolminske Ravne (Cecić in sod., 1999 a; Zupančič in sod., 1999). Na prizadetem območju so komisije za oceno poškodb podrobno pregledale več kot 3000 objektov. Poškodovani so se predvsem starejši objekti, grajeni iz obdelanega in neobdelanega kamna. Stropovi objektov so leseni, kakovost malte pa slaba. V posameznih primerih so se delno porušile stene ali vogali slabo grajenih hiš. Veliko hiš je imelo poškodbe na strehah in dimnikih, zelo pogoste so bile tudi velike in globoke razpoke v stenah. Poškodovani pa so se tudi novejši, solidno grajeni objekti. Pri teh je na obseg poškodb bistveno vplivala lokalna geološka zgradba. Tak primer je bil zelo očiten v Mali vasi v Bovcu (Gosar, 1999). Zaradi številnih popotresnih sunkov so se poškodbe na hišah sčasoma večale; v nekaterih primerih pomeni zato ocenjena škoda kumulativne učinke več potresov. Precej hiš v širšem nadžariščnem območju, ki so bile poškodovane, je bilo že poškodovanih v potresih leta 1976. Zaradi neustrezne obnove in slabe ali nikakršne protipotresne utrditve so na njih znova nastale hude poškodbe.

Značilnost potresa 12. aprila 1998 so tudi obsežne poškodbe v naravi, predvsem v obliki hribinskih podorov. Nekaj je bilo tudi zemeljskih plazov. Največji podori so bili na Velikem Lemežu, Osojnici, Krnu in na koti 1776 m med Vrščem in Lipnikom (Vidrih in Ribičič, 1999).

Velikonočni potres so čutili še prebivalci Italije, Švice, Avstrije, Nemčije, Češke, Slovaške, Madžarske, Hrvaške ter Bosne in Hercegovine. Poročil o škodi v teh državah skorajda ni. Le v Furlaniji je bil poškodovan starejši objekt v Krminu (Cormonsu). Iz Avstrije, predvsem s Koroškega, so



Slika 7. Intenzitete potresa 12. aprila 1998 ob 10. uri 55 minut UTC

Figure 7. Intensities of the earthquake which occurred on 12 April 1998 at 10:55 UTC.

poročali o manjših razpokah v ometu. Oddaljenosti nadžarišča od nekaterih krajev, kjer so potres še čutili, so: Milana približno 350 km, Sarajevo 450 km, osrednja Slovaška nekaj manj kot 500 km. Povprečni polmeri izoseist so v preglednici 1.

Preglednica 1. Povprečni polmeri izoseist za glavni potres 12. aprila 1998 (v kilometrih)

Table 1. Average radii of isoseismal lines for the main shock on 12 April 1998 (in kilometres).

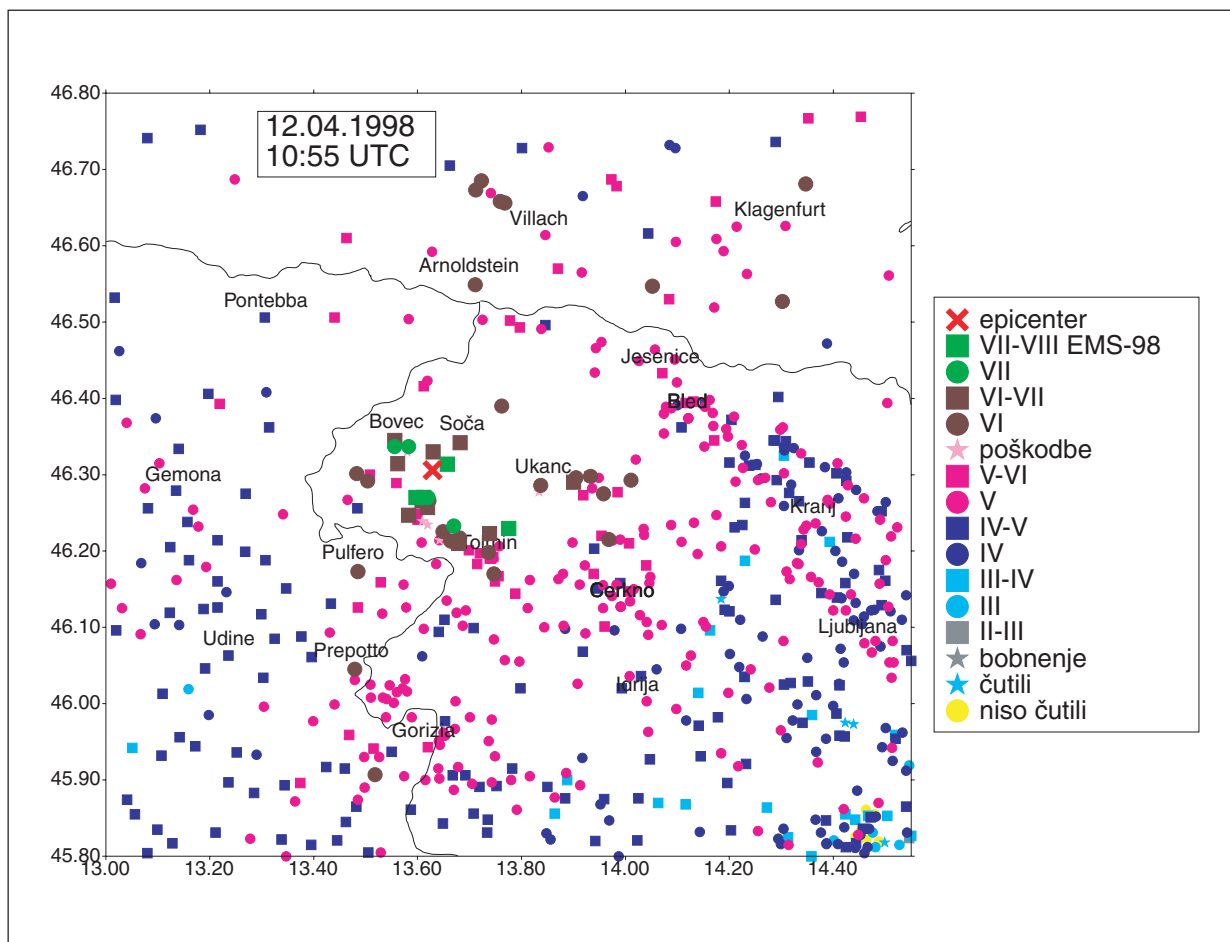
I EMS-98	VII	VI	V	IV	III
r (km)	13	25	66	180	422

Za primerjavo učinkov potresa 12. aprila 1998 z najmočnejšimi potresi na našem območju smo pripravili diagram (slika 9), na katerem primerjamo polmere izoseist posameznih intenzitetnih stopenj. V ta namen smo zanemarili manjšo razliko med EMS in MSK lestvico. Možen vzrok manjših odstopanj pri nižjih intenzitetah (V. stopnja in manj) je lahko tudi nepopolnost podatkov za marsikateri starejši potres v bolj oddaljenih krajih; polmeri izoseist so morda zato nekoliko podcenjeni. Od potresa 12. aprila 1998 so bili nedvomno močnejši potresi v letih 1511, 1895 in 1976. Od potresov z žariščem v Sloveniji v tem stoletju je učinke na širšem področju imel le potres 1. januarja 1926 z nadžariščem pri Cerknici, za katerega je instrumentalno določena magnituda $M_{LH}=5,6$. Ta potres je imel največje učinke na območju Cerknice, Unca in Logatca, in sicer VII. stopnje po MSK-lestvici.

Tektonska zgradba ozemlja

Tektonska zgradba širšega nadžariščnega območja je precej zapletena. Geotektonsko uvrščamo to območje v Dinaride, ki so razdeljeni v Južne Alpe in Zunanje Dinaride. Za Južne Alpe so na tem delu značilni regionalni narivi (nariv Julijskih Alp) od severa proti jugu. Zunanji Dinaridi obsegajo jugozahodni del Slovenije. Prelomi potekajo v smeri severozahod–jugovzhod (t. i. dinarska smer), narivi pa so narinjeni v smeri od severovzhoda proti jugozahodu. Prelomi dinarske smeri se nadaljujejo v Furlanijo, kjer pa so prekrti z narivi v smeri vzhod–zahod, s smerjo narivanja proti jugu. Med prelomi dinarske smeri je najbolj izrazit idrijski prelomni sistem, ki poteka po dolini Soče od Žage do Kobarida ter prek Idrije proti Planini in Cerknici. Sikošek (1982) je na območju severozahodne Slovenije opisal idrijski prelomni sistem kot sistem, ob katerem lahko nastanejo močnejši potresi. Temu sistemu pripada tudi vzporedni krnski prelom, kjer so, po njegovem mnenju, možni največji potresi v Sloveniji. Severozahodni del krnskega preloma imenujejo nekateri tudi ravenski prelom (Buser, 1985). Na območju med Krnskim pogorjem in Bovško kotlino so tudi manjši vzporedni prelomi. V Bovški kotlini in na njenem obrobju so tudi prečnodinarski prelomi (SV–JZ). Prelomi so ugotovljeni v mezozojskih in starejših kvartarnih sedimentih, medtem ko jih v mlajših kvartarnih sedimentih (holocen) niso opazili.

Na podlagi do sedaj pridobljenih podatkov sklepamo, da se je glavni potres zgodil ob subvertikalnem prelomu smeri



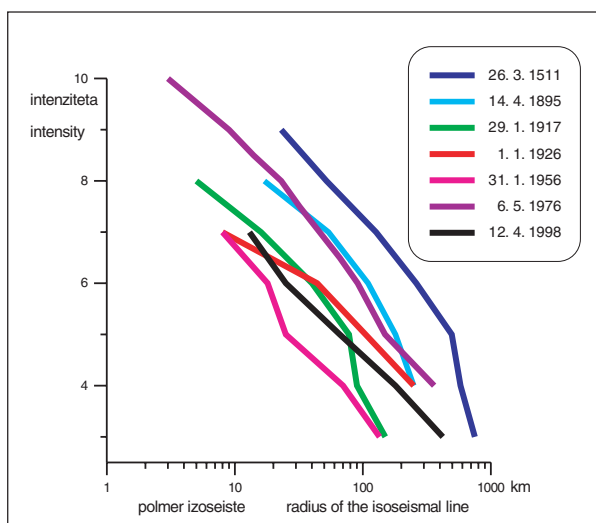
Slika 8. Intenzitete, ki jih je potres 12. aprila 1998 ob 10. uri 55 minut UTC dosegel v zahodni Sloveniji
Figure 8. Intensities of the earthquake which occurred on 12 April 1998 at 10:55 UTC in the western part of Slovenia.

SZ–JV, ki ima značilnosti desnega zmičnega preloma. Pretrg v globini ni dosegel površine, saj na površinskih izdankih prelomov v domnevni seizmogeni coni ni znakov ko-seizmičnega premika. Morfološko najbolj izrazit prelom dinarske smeri na tem območju je ravenski prelom, ki se razteza od sotočja Soče in Koritnice prek Lemeža in mimo Krnskega jezera v dolino Tolminke ter naprej proti dolini Bače. Trasa preloma poteka ravno ne glede na reliefne oblike, kar kaže na vertikalno prelomno ploskev. Na območju izvirov Tolminke prelom rahlo zavije v smeri V–Z.

Pretekli potresi v zahodni Sloveniji in Furlaniji

Na sliki 10 je karta nadžarišč močnejših potresov v zahodni Sloveniji od leta 567 do danes. Čeprav je na območju Zgornjega Posočja precejšnja vrzel, potresi v tem delu Slovenije niso presenetljiv pojav, saj so prebivalci v zgodovini večkrat občutili moč potresov, katerih nadžarišča so bila v sosednjih pokrajinah. Najbolj so jih prizadeli potresi v Furlaniji in idrijski potres 1511, pa tudi potresi na avstrijskem Koroškem. Zgodovinski pregled podatkov o potresih na teh območjih povzemamo po Ribariču (1980). Prva pisana poročila se nanašajo že na potres v Čedadu leta 1279, ko so učinki na Tolminskem in v dolini Soče dosegli VII. stopnjo po MCS lestvici. Podobne učinke so povzročili tudi potresi leta 1690 pri Beljaku, potresi leta 1788, 1789 in 1812 v Karnijskih Alpah ter potres leta 1928 v Furlaniji.

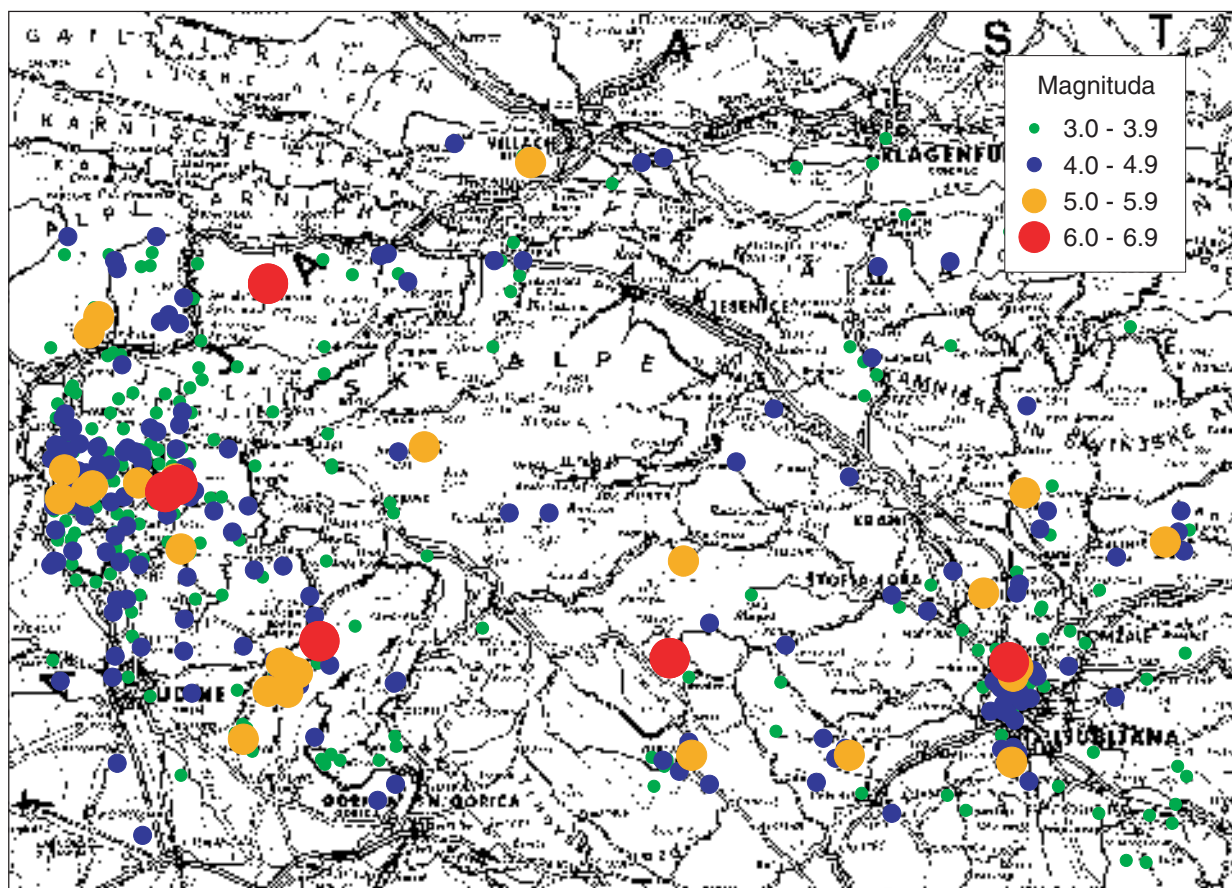
Še posebej močno je bilo Posočje poškodovano ob idrijskem potresu 26. marca 1511, ki je bil hkrati tudi najmočnejši potres na slovenskih tleh doslej. Ta dan sta bila po



Slika 9. Primerjava polmerov izoiseist najmočnejših potresov v Sloveniji

Figure 9. Comparison of isoseismal radii for the strongest earthquakes in Slovenia.

ocenah nekaterih dva izredno močna potresa, od katerih je imel prvi žarišče v bližini Idrije, drugi, ki je bil približno pol ure pozneje, pa v Furlaniji blizu Čedada. Tinti in sod. (1987) ocenjujejo, da sta bila potresa približno enako močna; kot njihuni makroseizmični magnitudi navajajo vrednost 6,3. S tem soglašata tudi Ribarič (1994) in dodaja, da je glede na



Slika 10. Nadžarišča močnejših potresov v zahodni Sloveniji od leta 792 do danes

Figure 10. Epicentres of stronger earthquakes in western Slovenia since 792 A.D.

razsežnost učinkov v makroseizmičnem polju pomik žarišča za skoraj polovico stopinje proti zahodu realno pričakovati, kar dokazujejo tudi obseg in vrste potresnih poškodb na ozemlju današnje Slovenije. Močnejši popotresi so se pojavljali še približno leto po glavnem potresu, najmočnejši je bil 8. avgusta 1511 v okolici Čedadada (Lapajne, 1988).

Zadnji rušilni potres v Furlaniji je bil 6. maja 1976 z magnitudo $M_s = 6,5$ (Camassi in Stucchi, 1997). Potres so čutili prebivalci po vsej Sloveniji, hudo pa je prizadel veliko krajev v Posočju (Ribarič, 1980). Najbolj poškodovani so bili Breginj, Podbela, Robidišče, Žaga, Srpenica, Idrsko, Logje, Kamno, Ladra in Volarje. Ribarič (1980) je intenziteto v Robidišču ocenil na VIII–IX MSK, v Breginju VIII do VIII–IX MSK, v Podbeli pa VIII MSK. Vsi našteti kraji so od epicentra bili oddaljeni več kot 20 km. Do konca junija 1976 so zabeležili 392 popotresov, od katerih so jih prebivalci čutili 180. Po uradnih italijanskih podatkih je v Furlaniji ob potresu umrlo 965 ljudi. Najmočnejši popotres (z magnitudo $M_s = 5,9$) je bil 15. septembra in je še povečal škodo.

Po potresih leta 1976 so komisije za popis škode razvrščale poškodbe objektov v tri kategorije (Bubnov, 1980). Gradbeni objekti tretje kategorije so bili tako močno poškodovani, da sanacija ni bila ekonomsko utemeljena. Na Tolminskem je bilo ob koncu leta 1976 število objektov tretje kategorije (stanovanjskih, gospodarskih, družbenih in sakralnih) 1752.

Leta 1998 so komisije za popisovanje poškodb uporabljale bolj detaljno razvrstitev, ki je poškodbe objektov razdelila v pet kategorij (Godec in sod., 1999). Peta kategorija pomeni, da so na objektu porušeni konstruktivni elementi v taki meri, da sanacija ni upravičena. Pri četrti stopnji so poškodbe še vedno hude in je zato potrebno naknadno ugotoviti smotrnost in racionalnost sanacije. V končnem je 173 objektov bilo ocenjeno s peto in 132 objektov z četrto kategorijo poškodb. Obseg poškodb v primerjavi s potresom leta 1976 je bistveno manjši predvsem zaradi manjše magnitude potresa in izboljšanja kvalitete gradnje objektov v zadnjih dveh desetletjih.

Sklep

Potres 12. aprila 1998 v Krnskem pogorju so čutili prebivalci desetih evropskih držav na površini, večji od 550 000 km². V Sloveniji je bilo poškodovanih več kot 3 000 objektov. Glavni potres je bil eden najmočnejših potresov z žariščem v Sloveniji v tem stoletju in obenem najmočnejši, ki ga je večina prebivalcev Slovenije kadarkoli čutila. Obenem je to prvi močnejši potres pri nas z obsežnim popotresnim nizom, ki se še ni končal, za katerega smo seizmologi zbrali veliko različnih podatkov. Ugotovitve, predstavljene v tej številki Ujme, so zato kljub številnim že opravljenim analizam šele začetek njegovega obsežnega raziskovanja.

Potres z magnitudo med 5,5 in 6,0 in največjimi učinki VII. do VIII. stopnje po EMS-98 je sicer izjemen naravni pojav, ki pa glede na preteklo potresno aktivnost in tektonsko zgradbo ozemlja ni bil oziroma ne bi smel biti nepričakovan. To dokazuje tudi še vedno veljavna državna karta pričakovane potresne intenzitete za povratno dobo 500 let, predpisana s pravilnikom o potresno varni gradnji iz leta 1981, ki uvršča večino ozemlja, prizadetega ob potresu 12. aprila 1998, v VIII. in IX. stopnjo po MSK lestvici. Kljub temu, da so vzroki poškodb zgradb ob potresu zelo kompleksni, bi bile posledice ob doslednem upoštevanju pravil potresno varne gradnje bistveno manjše. Šele močnejši potres namreč neusmiljeno razgali vse gradbene pomanjkljivosti.

Literatura

- Bajc, J., Živčič, M., Jesenko, T. in Močnik, G., 1999. Potres 12. aprila 1998 v zgornjem Posočju: relokacija glavnega potresa in popotresov. V: Lapajne, J. (ur.), Potresi v letu 1998, URSG, Ljubljana, pp. 71–80.
- Bubnov, S., 1980. Vpliv potresa na gradbene objekte v Posočju. V: Dolenc, J. (ur.), Potresni zbornik, Tolmin, pp. 123–136.
- Buser, S., 1985. Tolmač k Osnovni geološki karti SFRJ 1: 100.000; Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Camassi, R. Stucchi, M., 1997. NT4.1 – un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno. CNR, GNDT, Milano, 66 pp.
- Cević, I., Godec, M., Zupančič, P. in Dolenc, D., 1999a. Macro-seismic effects of 12 April 1998 Krn, Slovenia, earthquake: an overview. XXII General Assembly of the IUGG, Birmingham, 18–31 July 1999.
- Cević, I., Živčič, M., Gosar, A. in Jesenko, T., 1999b. Potresi v Sloveniji leta 1998. V: Lapajne, J. (ur.), Potresi v letu 1998, URSG, Ljubljana, pp. 11–48.
- Godec, M., Vidrih, R. in Ribičič, M., 1999. Potres 12. aprila 1998 v zgornjem Posočju: inženirsko-geološka zgradba tal in poškodbe objektov. V: Lapajne, J. (ur.), Potresi v letu 1998, URSG, Ljubljana, pp. 145–168.
- Gosar, A., Cević, I., Dolenc, D. in Živčič, M., 1998. Analiza popotresne serije potresa 3. oktobra 1996 pri Zalcu. Ujma 12, pp. 37–42.
- Gosar, A. 1999. Raziskave vpliva lokalne geološke zgradbe na poškodbe ob potresu 12. aprila 1998 v Zgornjem Posočju, Ujma 13 (ta številka).
- Grünthal, G. (ur.), 1998. European Macroseismic Scale 1998. Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 15, Luxembourg, 99 pp.
- Gutenberg, B., Richter, C. F., 1944. Frequency of earthquakes in California. Bull. Seis. Soc. Am., 34, pp. 185–188.
- Harvard CMT Catalog, 1998. <http://www.seismology.harvard.edu>
- Lapajne, J., 1988. Veliki potresi na Slovenskem – II, Ujma 2, pp. 70–74.
- Lapajne, J., 1990. Veliki potresi na Slovenskem – IV, brežiški potres leta 1917, Ujma 4, pp. 72–75.
- Placer, L., Poljak, M., Živčič, M. in Bajc, J., 1999. Potres 12. aprila 1998 v zgornjem Posočju: seizmotektonska interpretacija. V: Lapajne, J. (ur.), Potresi v letu 1998, URSG, Ljubljana, pp. 91–100.
- Ribarič, V., 1980. Potresi v Furlaniji in Posočju leta 1976, kratka seizmološka zgodovina in seizmičnost obrobja Vzhodnih Alp. V: Dolenc, J. (ur.), Potresni zbornik, Tolmin, pp. 17–80.
- Ribarič, V., 1982. Seizmičnost Slovenije – katalog potresov (792 A.D. – 1981). Seizmološki zavod SR Slovenije, Ljubljana, 649 pp.
- Ribarič, V., 1994. Potresi v Sloveniji. Slovenska matica v Ljubljani, 173 pp.
- Ribičič, M. in Vidrih, R., 1999. Potres 12. aprila 1998 v zgornjem Posočju: posledice v naravi. V: Lapajne, J. (ur.), Potresi v letu 1998, URSG, Ljubljana, pp. 121–143.
- Sikošek, B., 1982: Tektonika, neotektonika in seizmotektonika SR Slovenije; Monografija – Publikacija Seizmološkega zavoda SR Slovenije.
- Sinčić, P. in Vidrih, R., 1999. Potres 12. aprila 1998 v zgornjem Posočju: instrumentalna opazovanja popotresov. V: Lapajne, J. (ur.), Potresi v letu 1998, URSG, Ljubljana, pp. 65–70.
- Tinti, S., Vittori, T. in Mulargia, F., 1987. On the macroseismic magnitudes of the largest Italian earthquakes. Tectonophysics, 138, pp. 159–178.
- Utsu, T., 1962. On the nature of three Alaskan aftershock sequences of 1957 and 1958. Bull., Seis. Soc. Am., 52(2), pp. 279–297.
- Utsu, T. in Ogata, Y., 1997. Statistical analysis of seismicity. V: Healey, J.H., Kelis-Borok, V.I. in Lee, W.H.K., Algorithms for earthquake statistics and prediction. IASPEI software library, Vol. 6, pp. 13–94.
- Vidrih, R. in Ribičič, M., 1999. Porušitve naravnega ravnotežja v hribinah ob potresu v Posočju 12. aprila 1998 in evropska makroseizmična lestvica. Geologija, 41, pp. 365–410.
- Zupančič, P., Cević, I., Gosar, A., Poljak, M. in Živčič, M. 1999. Nekatere seizmološke in geološke značilnosti potresa 12. aprila 1998 v Krnskem pogorju. Geološki zbornik 14, 14. Posvetovanje slovenskih geologov – povzetki referatov, pp. 58–59.
- Živčič, M. in Cević, I., 1998. Revised magnitudes of historical earthquakes in Slovenia. XXIII EGS General Assembly, Nice, 20–24 April 1998.