

Potres 12. julija 2004 v zgornjem Posočju – preliminarne geološke in seizmološke značilnosti

The earthquake on July 12, 2004 in Upper Soča territory (NWSlovenia) – preliminary geological and seismological characteristics

Renato VIDRIH¹ & Mihael RIBIČIČ²

¹ MOP, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo
Dunajska c. 47, 1000 Ljubljana, Slovenija

² Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenija

Ključne besede: potres, potresna škoda, vpliv potresa na naravo, hribinski podori, zgornje Posočje, Bovec

Key words: earthquake, earthquake damage, earthquake influence on nature, rock fall, Upper Soča Territory, Bovec, Slovenia

Kratka vsebina

Potres 12. julija 2004, ki je po šestih letih ponovno zatresel potresno najnevarnejši konec Slovenije in je bil približno 10-krat šibkejši od potresa 12. aprila 1998, je znova opozoril na potresno nevarnost v Sloveniji. Nastal je ob 13. uri in 4 minute po UTC oz. 15. uri in 4 minute po lokalnem času. Preliminarni koordinati epicentra sta 46,32 N in 13,63 E, njegovo žarišče je bilo globoko okoli 8 km. Potres z magnitudo 4.9 je povzročil največje učinke med VI. in VII. stopnjo po EMS-lestevici v vasi Čezsoča in v okolici ter nekaterih predelih Boveca. Seizmološki podatki so preliminarni in se še dopolnjujejo, zato je večji del članka namenjen posledicam potresa v naravi. Potres je pokazal na nevarnost lokalnih ojačitev potresnih valov, saj so bili ponekod povečani za celo stopnjo. Ob potresu so nastali številni pojavi plitvih porušitev v naravi. Največ je bilo padanja skal, širjenja obstoječih in odpiranja novih razpok, plazenje ob robu teras in hribinskih podorov. Analiziranih je bilo 44 hribinskih podorov, od katerih je bilo le pet srednje velikih, kar dokazuje, da je bila intenziteta potresa premajhna, da bi aktivirala zdrse blokov kamnin globlje pod površino. Opisani so tudi pojavi dolgih razpok ob robovih teras, kar je ponekod povzročilo poškodbe objektov. Relativno majhna intenziteta potresa je bila sreča tudi za obe veliki plazišči, Log pod Mangartom in Koseč nad Kobaridom, saj potres nanju ni vplival.

Abstract

After six years on July 12, 2004 a new earthquake shook again the most seismic dangerous part of Slovenia – the upper Soča valley. This earthquake was about ten times weaker than the earthquake from April 12, 1998. The earthquake was triggered at 13:04 UTC or at 15:04 according to the local time. Preliminary epicentre coordinates were 46,32 N and 13,63 E. The focal depth was around 8 km deep. The earthquake with magnitude 4.9 caused the highest effects of VI to VII intensity according to EMS-98 in the settlement Čezsoča and in the surroundings of Bovec. The seismic data are preliminary and is now in the phase of supplementing. This is the reason that the most part of the paper is focused on the consequences of the earthquake on natural surroundings. The local increment of the intensity, connecting with geological conditions, was somewhere surprising high and exceed one degree of EMS. Many phenomena of the shallow failures released on steep slopes. Rock falls were the most frequent. Also some opening of existent and new cracks on the surface and sliding at the edge of the terraces were observed. We analysed 44 rock falls, only five of them were a bit larger, so the intensity of the earthquake was too low to activate sliding of the rock blocks on deeper weak planes under the surface. We described in paper also the events of very long cracks along the edge of the terraces, which have resulted somewhere on the damage of the buildings. It was luck that the intensity of the earthquake was relatively low so the both very big landslides in Log pod Mangartom and in Koseč didn't react on the earthquake tremors.

Uvod

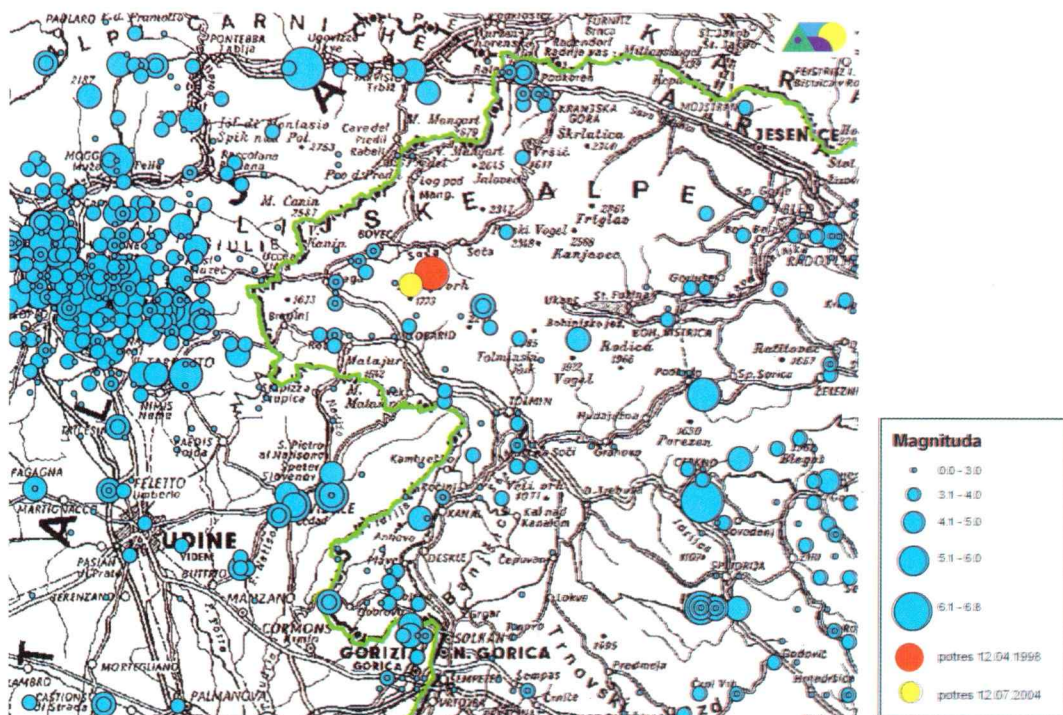
Potres, ki je ponovno prizadel zgornje Posočje, je nastal 12. julija 2004. Potresu je v naslednjih tednih sledilo več sto popotresov. Potresni sunek, ki je bil 10-krat šibkejši od potresa leta 1998, je zaradi slabih lokalnih seizmogeoloških razmer v Čezsoči in nekaterih predelih Bovca, povzročil veliko gmotno škodo. V naravi je nastalo večje število manjših hribinskih podorov in nekaj drugih značilnih pojavov potresa, kot so padanje skal in razpoke ob robovih teras. Na posledice potresa, tako na zgradbah, kot v naravi so vplivale lokalne seizmološke in geološke značilnosti, tipične za alpski teren, ki gradi zg. Posočje. V članku bodo opisane značilne posledice potresa, ki so bile ugotovljene na terenu in z analizo instrumentalnih podatkov o potresu z dne 12. julija 2004. Preden začnemo opisovati vplive potresa podajamo zgodovino najmočnejših potresov, ki so nastali in povzročali katastrofalno škodo v zg. Posočju in okolici (predvsem Furlaniji).

Dosedanja zgodovina močnejših potresov zg. Posočja

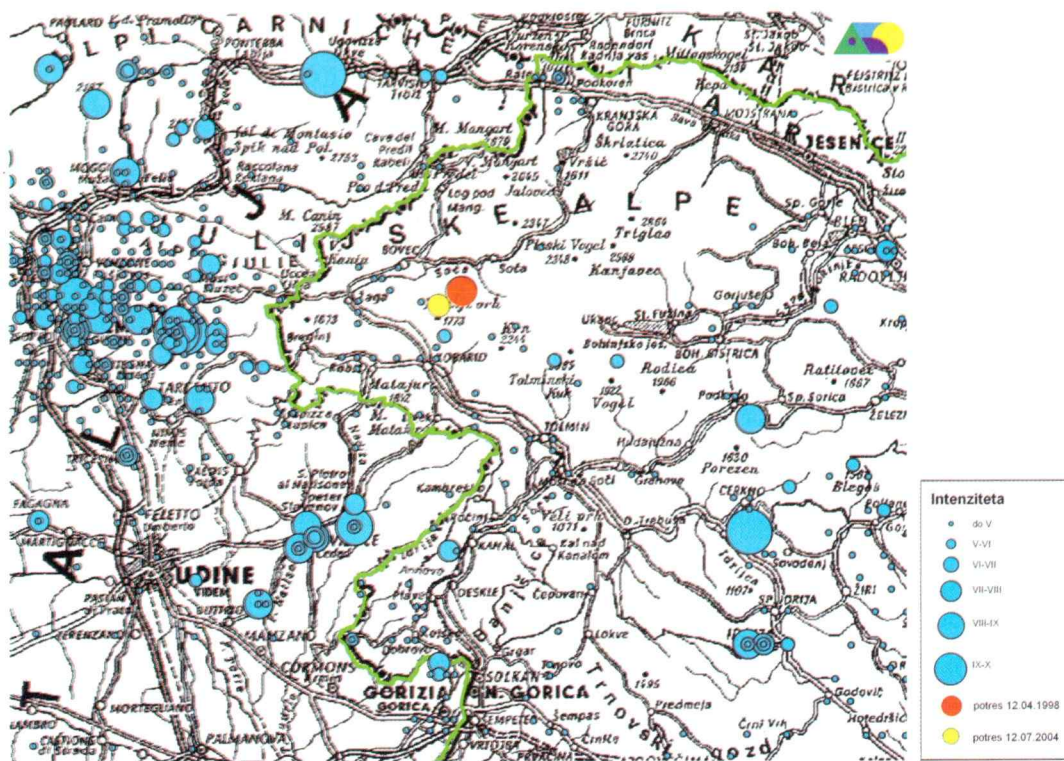
Ko govorimo o potresni dejavnosti posameznega območja moramo upoštevati potrese, ki so imeli žarišča na tem območju, prav tako pa tudi potrese, ki so nastali drugod, vendar so bili tako močni, da je njihov vpliv zajel tudi obravnavano območje. V preteklosti v zg. Posočju ni nastalo veliko potresov, ki bi imeli žarišča pri nas, pač pa so naše kraje večinoma prizadeli učinki potresov, ki so nastali v sosednji Italiji in na mejnem območju z Avstrijo. Na to nas v zadnjem času najbolj spominja serija furlanskih potresov iz leta 1976, ki so razdejali tudi naselja na naših tleh. Večina zgodovinskih potresov, ki so vplivali na zg. Posočje je nastala na italijanski strani. V kratkem pregledu si oglejmo le najmočnejše potrese v zgodovini, ki so prikazani na sl. 1 in 2. Osnovni podatki so povzeti iz kataloga potresov (Ribarič, 1981).

Potres 24. aprila 1279

Potresni sunek z magnitudo 5,3 je nastal v bližini Čedada (Cividale), kjer je prišlo do rušenja zgradb in do smrtnih žrtev. Potres je zajel celotno severno Italijo, čutili pa so ga tudi prebivalci Posočja. Na Tolminskem je dosegel VII. stopnjo po EMS lestvici, v dolini Soče pa med VI. in VII. stopnjo. Pri nas ni povzročil večje škode.



Slika 1. Magnitude potresov v severozahodni Sloveniji in Furlaniji v obdobju od leta 792 n. št. dalje. Rumena in rdeča kroga označujeta potresa leta 1998 in 2004.



Slika 2. Intenzitete potresov v severozahodni Sloveniji in Furlaniji v obdobju od leta 792 n. št. dalje. Rumen in rdeč krogec označujeta potresa leta 1998 in 2004.

Potres 25. januarja 1348

Znani koroški ali beljaški potres, kakor so ga opisovali številni avtorji, je bil ena najhujših katastrof v potresni zgodovini Evrope. V preteklosti so strokovnjaki menili, da je njegovo žarišče nastalo v bližini Beljaka, številne raziskave pa so pokazale, da gre za furlanski potres. Največje učinke je potres z magnitudo 6,5 (za primerjavo naj navedemo, da je bil po sproščeni potresni energiji približno 20x močnejši od potresa 12. aprila 1998 v zgornjem Posočju) dosegel na območju Beljaka in severovzhodne Italije, kjer je dosegel X. stopnjo po EMS lestvici. Zahteval je 20.000 življenj, po nekaterih podatkih celo 40.000. Ljudje so umirali ob rušenju kamnitih zgradb, ob številnih požarih, ki so zajeli lesene objekte ter ob poplavih, ki so nastale zaradi zajetev nekaterih rek. Vsemu temu so sledile še kužne bolezni. Najbolj je bilo opustošeno območje med Beljakom in Tolmečem, kjer so bili uničeni vsi gradovi, utrdbe in večina naselij. Mesto Beljak, ki je bilo pomembno trgovsko središče, je bilo popolnoma uničeno, saj ocenjujejo da je v njem umrlo več kot 5.000 ljudi. Veliki pospeški tal v nadžariščnem območju so sprožili plaz v dolžini 5 km z južnega pobočja gore Dobrač, ki je zasul več vasi, zajezil pa je tudi reko Ziljo. Voda se je iz nastalega jezera umikala več stoletij, dokler niso za njo ostala le še zamočvirjena tla. Nekateri raziskovalci so izračunali, da je iz Dobrača v dolino zgrmela milijarda kubičnih metrov hribine.

Na Kranjskem so nastale najhujše poškodbe v dolini reke Save in v zgornjem Posočju. Uničen je bil tolminski grad in še številni gradovi po deželi (Kolovec pri Radomljah, Čušperk pri Grosupljem, Novi grad pri Podgradu itd.). V zg. Posočju je dosegel učinke med VIII. in IX. stopnjo po EMS lestvici.

Potres 26. marca 1511

Najmočnejši potres na Slovenskem je nastal v začetku 16. stol. na Idrijskem. Nekateri avtorji menijo, da sta v istem dnevu nastala dva potresa, popoldan na Idrijskem, zvečer pa v Furlaniji. Raziskave v prihodnosti bodo mogoče celo pokazale, da sta bila oba na italijanski strani. Za kratek opis grozot, ki so potresoma sledile, za bralca niti ni pomembno, kje natančno sta obe žarišči nastali. Prvi potres je imel moč 6,9, drugi pa med 7,0 in 7,2 (prvi potres je bil po sproščeni energiji približno 33x močnejši, drugi pa 40x močnejši od potresa 12. aprila 1998 v zgornjem Posočju). Na nadžariščnem območju, ki je segalo od Čedad do Humina in do Idrije, so največji učinki dosegli med IX. in X. stopnjo po EMS-lestevici, ponekod pa so lokalni učinki dosegli celo X. stopnjo. Kakšen obseg je imel potres pove že podatki, da je zajel približno 1,7 milijona km² veliko površino. O njegovih učinkih pa dovolj zgovorno priča podatek o 12.000 mrtvih (nekateri avtorji menijo, da je bilo ob popoldanskem potresu na Idrijskem 3.000 mrtvih, ob večernem v Furlaniji pa še

12.000). Med najbolj poškodovanimi so bila naseља Videm (Udine), Tolmeč (Tolmezzo), Čenta (Tarcento), Cedad (Cividale), kjer nekateri ocenjujejo, da je bilo 3.000 mrtvih, Pušja vas (Venezia), Humin (Gemona) in še številni kraji na tem območju. Manjše poškodbe so nastale celo na Dunaju in v Benetkah.

Na kratko opišimo najbolj poškodovana naseља na Slovenskem. V Škofji Loki je porušil vse kamnite objekte, vključno z gradom, podrl je Smledniški grad in Novi grad pri Preddvoru, gradove v okolici Tržiča, poškodovan je bil grad Kamen nad dolino Drage pri Begunjah, podrl je Blejski grad, močno je poškodoval gradove v okolici Radovljice in Kamnika. Poškodovan je bil Ljubljanski grad, na Dolenjskem pa Turjaški grad in grad Prežek pod Gorjanci. Na Notranjskem je podrl gradove v Postojni, Polhovem Gradcu in Planini pri Rakeku.

Zanimivi so učinki v mestu Idriji in njegovem živorebrovem rudniku. V Idriji so vzdržali le leseni objekti. Plazovi so zasuli strugo reke Idrijce, ki je tako narasla, da je vdrla v rudnik in onemogočila nadaljnje izkoriščanje rude. V rudniku je bilo uničeno vse, kar je bilo zgrajeno pod lokalno površino terena. Za nadaljnje delo so rudnik usposobili šele leta 1517. Posočje je bilo v tistem času le malo naseljeno, zato niso znane večje poškodbe, uničeni pa so bili vsi gradovi na Tolminskem.

Kot zanimivost lahko navedemo primerjavo s furlanskimi potresi leta 1976, ko so si majski in septembrski potresi sledili v enakem časovnem razmaku kot potresi marca in avgusta leta 1511.

Potres 4. decembra 1690

Potres z magnitudo 6,2 je po letu 1348 ponovno močno poškodoval Beljak in druge kraje na Koroškem, kjer je dosegel IX. stopnjo po EMS-lestvici. Za nas pomembnejši so njegovi učinki na Kranjskem, saj je v severni Kranjski in v zgornjem Posočju dosegel učinke med VII. in VIII. stopnjo po EMS-lestvici in povzročil gmotno škodo. Ob potresu so nastali na območju Julijskih Alp in Karavank številni plazovi in skalnati podori, ki so ponekod zajezili struge rek in potokov, kar je ponekod povzročilo nastanek poplav.

Potres 3. februarja 1716

Med obravnavanimi potresi je bil to najšibkejši dogodek, saj je bila njegova magnituda "le" 4,8, na območju Gorice in Goriških Brd pa je dosegel učinke VII. stopnje po EMS-lestvici, kar pomeni, da je povzročil manjšo gmotno škodo.

Potres 20. oktobra 1788

Žarišče je nastalo v bližini Tolmeča (Tolmezzo). Magnituda je bila 5,6, največja intenziteta na nadžariščnem območju pa med VIII. in IX. stopnjo po EMS-lestvici. Potres je poleg velike gmotne škode zahteval tudi človeška življenja. Na srečo so bili učinki potresa v severozahodni Sloveniji bistveno manjši, saj nikjer niso presegli VI. stopnje po EMS-lestvici. Potresni sunek je med prebivalstvom povzročil predvsem preplah.

Potres 2. maja 1819

Potres z magnitudo 4,6 je dosegel na nadžariščnem območju največje učinke med VI. in VII. stopnjo. Žarišče je nastalo ob idrijskem prelomu južno od Idrije. Podatkov o gmotni škodi ni.

Potres 10. julija 1850

Tudi ta potresni sunek je nastal ob idrijskem prelomu. Imel je magnitudo 4,6, največje učinke VI. stopnje po EMS-lestvici je dosegel v Cerknem in Gorici. Čutili so ga tudi na širšem radovljiškem območju in na Bledu. Podatkov o gmotni škodi ni.

Potres 18. marca 1855

Potres z magnitudo 4,3 je dosegel največje učinke VI. stopnje po EMS-lestvici v skrajnem severozahodnem delu Slovenije, kjer je po zadnjih podatkih nastalo tudi žarišče. Potres po razpoložljivih podatkih gmotne škode ni povzročil.

Potres 7. marca 1887

Zanimiv potres z žariščem, globokim več kot 20 km, je nastal na naših tleh. Imel je magnitudo 5,4 in največje učinke med VIII. in IX. stopnjo po EMS-lestvici. Podatkov o tem potresu je malo. V Cerknem naj bi dosegel učinke med VII. in VIII. stopnjo po EMS-lestvici.

Potres 14. maja 1872

Potresni sunek z magnitudo 4,3 in največjimi učinki VI. stopnje po EMS-lestvici ni na nadžariščnem območju med Trnovskim gozdom in Banjšicami povzročil večje gmotne škode.

Potres 13. avgusta 1918

Potresno dejavnost idrijskega preloma dokazuje tudi sunek z magnitudo 4,5 in največjimi učinki VI. stopnje po EMS-lestvici, ki so ga čutili tudi v južni Avstriji.

Potres 12. aprila 1942

Žarišče je nastalo severno od Tolmina na območju Julijskih Alp. Magnituda potresa je bila 4,4. Po opisu prebivalcev je največjo intenziteto dosegel v vasi Grant v Baški grapi. Pred leti nas je na ta potres opozoril Ignac Ferjanc iz Nemškega Ruta ob Grahovem ob Bači in nam posredoval naslednje podatke. Vas Grant je štela 23 hiš, od katerih jih je le osem imelo zidane dimnike, ostale so bile krite s slamo. Šest dimnikov je bilo porušanih, dva pa močno poškodovana. Vse hiše so bile močno poškodovane. Na podlagi teh podatkov lahko ocenimo, da je potres dosegel VII. stopnjo po EMS-lestvici.

Potres 11. februarja 1944

Žarišče potresa je nastalo v skrajnem severozahodnem delu Slovenije. Potres je imel magnitudo 3,7 in največje učinke VI. stopnje po EMS-lestvici. Najbolj so ga čutili na območju Kranjske gore. Povzročil je le manjšo gmotno škodo.

Potres 16. avgusta 1968

Potresni sunek je nastal na severovzhodnem robu Jelovice in je dosegel največje učinke na območju Radovljice. Njegova magnituda je bila 4,5, največja intenziteta na nadžariščnem območju pa VI. stopnje po EMS-lestvici. Potres je dosegel največje učinke v Radovljici, na Bledu, v Gorjah, Bohinjski Beli, Tržiču, Kranju itd. V zgornjem Posočju so bili učinki manjši.

Potresi leta 1976

Vso potresno zgodovino Posočja so strnili potresi, ki so nastali maja in septembra 1976 z žarišči v Furlaniji. Kot smo spoznali se je zgornje Posočje v zgodovini že večkrat treslo. Sedanje generacije prebivalcev imajo grenak spomin na katastrofo, ki so jo doživeli. Zadnji potres pa jih je

znova opomnil, da je zgornje Posočje eno od potresno najnevarnejših območij v Sloveniji. Prvi potres je nastal 6. maja ob 20. uri 0 minut po svetovnem času oziroma dve uri kasneje po našem času. Imel je magnitudo 6,5 in največje učinke med IX. in X. stopnjo po EMS-lestvici (ponekod je lokalno dosegel tudi X. stopnjo). Sledil mu je potres 9. maja ob 0. uri 53 minut po svetovnem času z magnitudo 5,6 in največjimi učinki med VIII. in IX. stopnjo. Ponovna serija pa je začela 11. septembra ob 16. uri 31 minut z magnitudo 5,1 in največjimi učinki med VII. in VIII. stopnjo. Tri minute kasneje je sledil močnejši potres z magnitudo 5,6 in učinki VIII. stopnje. Zadnja močna potresa pa sta nastala 15. septembra ob 3. uri 15 minut z magnitudo 5,8 in učinki med VIII. in IX. stopnjo in ob 9. uri 21 minut z magnitudo 6,1 in učinki IX. stopnje po EMS-lestvici. Zanimiva je primerjava majske in septembrske serije s potresom leta 1511, kjer so prvi seriji v približno enakem času sledili novi sunki. Ta čas je približno 120 dni (Ribarič, 1980).

Globina potresnih žarišč je bila približno 15 kilometrov. Glavni majski potres je na srečo sledil potresnemu sunku ob 19. uri in 59 minut z magnitudo 4,2 in intenziteti VI. stopnje po EMS-lestvici. Ta minuta je povzročila, da so ljudje zbežali iz hiš in močnejši sunek pričakali na prostem. V Sloveniji na srečo ni bilo mrtvih, medtem ko je v Furlaniji umrlo 987 ljudi. Potres so čutili prebivalci na območju, velikem približno milijon kvadratnih kilometrov (polmer občutljivosti je bil približno 570 km). Sunek so poleg Italijanov in Slovencev čutili tudi prebivalci Avstrije, Švice, južne Nemčije, Češke, Slovaške, južne Poljske, jugozahodne Madžarske in severozahodne Hrvaške.

Potres je pri nas najbolj prizadel Breginjski kot, kjer je dosegel učinke VIII. stopnje po EMS-lestvici (za pol stopnje močnejše kot potres 12. aprila 1998). V Kobaridu je dosegel med VII. in VIII. stopnjo, v Tolminu VII., v Bohinjskem kotu med VI. in VII., v Ljubljani, na Goriškem, Idrijskem in Postojnskem VI. stopnjo, v osrednji in južni Sloveniji ter na vzhodu do Maribora V. stopnjo. V severovzhodni Sloveniji je dosegel učinke IV. stopnje. Septembrski potresi so dosegli nekoliko nižje učinke, podobne kot zadnji potres. Razlika je le v tem, da so septembrski potresi močnejše poškodovali že prej poškodovane objekte, ki niso bili popravljeni takoj po majskem potresu.

Največja škoda je nastala v vaseh Breginj, Ladra, Smast, Trnovo in Srpenica. V teh naseljih je že po majskih potresih ostalo brez strehe nad glavo 80% ljudi. Skoraj v celoti je bila porušena vas Podbela. V naseljih Volarje, Borjana, Čezsoča in Zaga je bil porušenih med 50 in 80% objektov. V Idrijskem, Kredu, Kobaridu, Kamnem, Orehku, Bukovem in Kojskem pa od 30 do 50% vseh zgradb. Ljudje so se prestrašeni ozirali proti Rombonu, od koder je prihajalo bučanje in pokanje. Nekaj ljudi je bilo lažje ranjenih, predvsem zlomi rok in nog. S hribov so se valile skale, številni podori so zapirali dostope. Vse skupaj pa so oteževale še prekinjene telefonske linije, zaprte ceste in izpadlo električno omrežje. Ljudje so si urejali zasilna prebivališča na prostem, reševali opremo iz bolj ali manj porušenih hiš. V prvih dneh so postavili več kot 700 šotorov in 200 avtomobilskih prikolic. Število se je večalo iz dneva v dan. Najbolj pa so prebivalce vznemirjali popotresni sunki in močno deževje. Teden dni po majskem potresu (14. maja) je zgornje Posočje zajelo neurje, Soča

je poplavlila bregove, v Breginjskem kotu je dvigovalo šotore, v Kobaridu je šotore zalivala voda. Nevihti je sledilo še sneženje.

Največje razdejanje je bilo na Tolminskem in Kobarškem, medtem ko je na Goriškem prebivalce zajela predvsem panika. Ob majskih in septembrskih potresih je bilo skupaj zelo poškodovanih okoli 4000 objektov (objekti, ki jih je bilo treba podreti ali so se podrlji ob potresih), vsega skupaj pa je bilo poškodovanih več kot 12000 zgradb. Nekaj objektov so morali izprazniti tudi v Bohinjskem kotu. Poškodovanih je bilo veliko kulturnih spomenikov, od gradov do cerkva, seveda pa tudi zanimive vasi, kot na primer Breginj.

Obnova zgornjega Posočja je potekala relativno hitro, saj so septembrski potresi pripomogli k hitrejšemu reševanju in saniranju objektov. To pa je marsikje povzročilo nestrokovno saniranje. Zanimiva je bila tudi odločitev o postavljanju montažnih objektov, ki se sicer ob potresih obnašajo dobro, pokvarili pa so izgled celotnih naselij, predvsem Breginja. V letu 1976 so postavili več kot 500 montažnih hiš.

Majskim potresom je do konca junija sledilo še okoli 400 popotresov, od katerih so jih prebivalci čutili več kot 200. Septembrskim potresom pa je do konca oktobra sledilo še okoli 300 popotresnih sunkov. Žarišča septembrskih potresov so se premaknila proti severu, torej bližje našim krajem. Če seštejemo obe seriji potresov lahko zaključimo, da so bili skupni učinki v Breginjskem kotu IX. stopnje po EMS lestvici, v drugih delih zgornjega Posočja pa VIII. stopnje. Potres 12. aprila 1998 je bil bistveno šibkejši, čeprav je povzročil veliko gmotno škodo, bolj prizadeti pa so bili drugi kraji. Letošnji potres je bil še šibkejši, po prvih izračunih je bilo njegovo žarišče pomaknjeno proti severozahodu, vendar le za nekaj sto metrov. Kot je bilo omenjeno že pri idrijskem potresu leta 1511, so si majski in septembrski potresi leta 1976 sledili v enakem časovnem presledku.

Potres 12. aprila 1998

Potresi, ki so ponovno prestrašili prebivalce zg. Posočja, so začeli z najmočnejšim v seriji 12. aprila ob 12. uri 55 minut po našem času, oziroma dve uri prej po svetovnem. Potres je imel magnitudo 5,6 in je bil najmočnejši potres v 20. stol. na ozemlju Slovenije. Njegovi učinki so dosegli med VII. in VIII. stopnjo po EMS lestvici. Žarišče je nastalo pod Krnskim pogorjem, v globini 8 km. Učinki potresa so zajeli 10 držav, poleg Slovenije so namreč potres čutili v nekaterih predelih Hrvaške, Bosne in Hercegovine, Madžarske, Avstrije, Švice, Italije, Slovaške, Češke in Nemčije.

Potresni sunek je povzročil največjo gmotno škodo v vaseh nad Kobaridom in Tolminom, v Spodnjih Drežniških Ravnah, v Magozdu, v Tolminskih Ravnah, na planini Polog in Javorci. Tu je dosegel med VII. in VIII. stopnjo po EMS lestvici. Nekoliko manjše učinke je dosegel v Bovcu, predvsem v predelu Male vasi, v Kal - Koritnici, Zgornjih Drežniških Ravnah, Jezercih, Krnu itd. Tu je dosegel učinke VII. stopnje po EMS lestvici. Poleg poškodovanih naselij je potres povzročil velike spremembe v naravi. Največji podori so nastali v dolini Lepene, na Lemežu, na jugozahodnih pobočjih Krna, na planini Osojnici in pri izviru Tolminke (Ribičič & Vidrih, 1998a, 1998b, 1999a).

Največje poškodbe, tako na zgradbah kot tudi v naravi, so nastale na nevezanih kamninah, pred-

vsem na nanosih rek in potokov ter na pobočnih gruščih. Pas z največjimi poškodbami se vleče v dinarski smeri, od severozahoda proti jugovzhodu. Poškodbe so nastajale nekoliko vzhodnejše kot ob furlanskih potresih leta 1976 (Ribičič & Vidrih, 1999a, 1999b).

Največ poškodb je nastalo na starejših stanovanjskih hišah, ki so zgrajene iz lokalnih materialov. Prevladuje lomljen kamen v slabi apneni malti. Zidovi so debeli do 60 cm, hiše imajo večinoma lesene stropce. Tramovi so prosto položeni na zidove in ne ustvarjajo nikakršne povezave med zidovi. Tudi strehe so večinoma težke. Ker so objekti masivni, so ob potresu obremenjeni s silami, proporcionalnimi velikosti masi zgradbe. Konstrukcije niso sposobne prevzeti velikih obremenitev, zato so bile ob potresu večinoma bolj ali manj poškodovane. Seveda so se mnogo bolje ob potresu obnašali objekti, ki so bili po letu 1976 ojačani. Objekti z vgrajenimi horizontalnimi vezmi so praviloma vzdržali z manjšimi poškodbami (Godet et al., 1999a, 1999b).

Pogosto so bili poškodovani vogali hiš, večinoma v primerih, ko so vogali zgrajeni iz med seboj nepovezanega lomljenca. Veliko poškodb je bilo tudi na stikih stropov in nosilnih zidov zaradi medsebojne nepovezanosti. Pri slabo sidranih strehah je prišlo do poškodb zatrepov. Pogoste so bile tudi značilne strižne razpoke, ki so se pojavljale v medokenskih slopih. Poškodbe ob zadnjem potresu so bile podobnega tipa, vendar v manjšem obsegu.

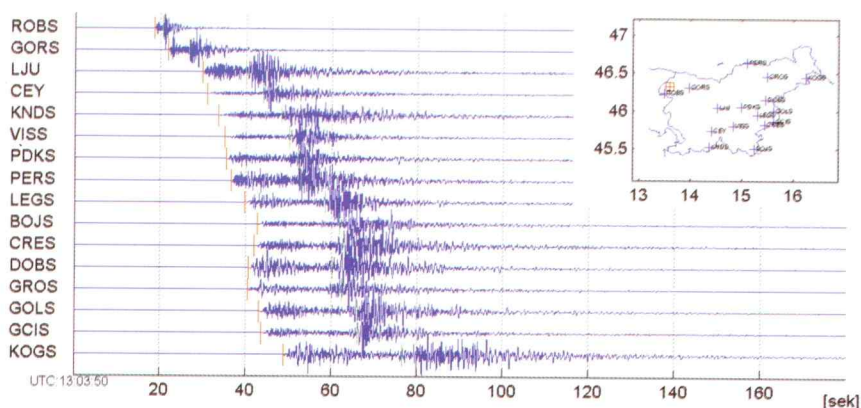
Žarišče potresa je nastalo ob dinarskemu prelomu, ki se razprostira v smeri severozahod – jugovzhod, od Rombona, severovzhodno od Bovca, jugozahodno od doline Lepene, severovzhodno od Krnskega pogorja in dalje preko Tolminskih Raven na Cerkljansko in ga imenujemo ravenški prelom (Buser, 1986; Vidrih & Ribičič, 1998b).

Osnovni podatki o potresu 12. julija 2004

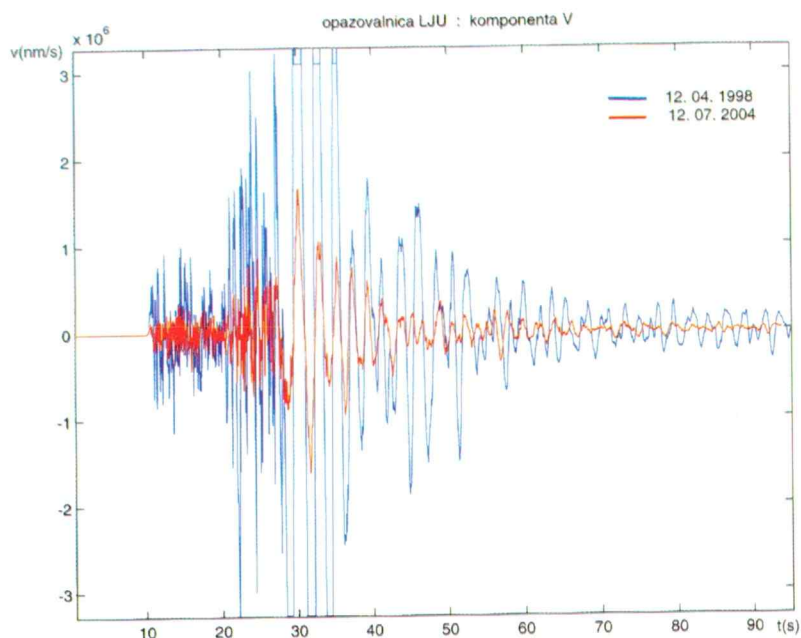
Preliminarni koordinati epicentra potresa, ki se je sprožil 12. julija 2004 ob 15. uri in 4 minute po lokalnem času sta 46.32N in 13.63E. Njegovo žarišče je bilo globoko okoli 8 km pod površino. Nastalo je ob istem prelomnem sistemu kakor 12. aprila 1998, to je ob Ravenskem prelomu, ki je del idrijskega prelomnega sistema (Vidrih, 2004a).

Magnituda ($M = 4.9$) je bila izračunana iz zapisov 11-tih opazovalnic. Preliminarne učinke na zgradbe, naravo, ljudi in predmete smo ocenili z intenziteto med VI. in VII. stopnjo po evropski potresni lestvici (EMS). Preliminarna lokacija epicentra je bila določena iz 38-tih opazovalnic slovenske, avstrijske, italijanske in hrvaške mreže.

Takoj po potresu smo skupaj s kolegi iz italijanskih seizmoloških institucij, s katerimi sodelujemo že vrsto let, postavili omrežje 12-tih prenosnih terenskih opazovalnic, ki so nam v prvih tednih po potresu zabeležili v povprečju najmanj 20 popotresnih sunkov na dan. Omrežje 12-tih prenosnih terenskih opazovalnic je bilo pridruženo obstoječi mreži 24. slovenskih opazovalnic. Izgradnja državne mreže potresnih opazovalnic bo zaključena naslednje leto z zadnjo 25. potresno opazovalnico. Na Primorskem so zgrajene



Slika 3. Zapisi glavnega potresa 12. julija 2004 na delujočih opazovalnicah državne mreže potresnih opazovalnic (ROBS-Robič pri Kobaridu, GORS-Gorjuše na Pokljuki, LJU-Golovec v Ljubljani, CEY-Goričice ob Cerkljanskem jezeru, KNDS-Knežji dol nad Ilirsko Bistrico, VISS-Višnje, PDKS-Podkum, PERS-Pernice, LEGS-Legarje, BOJS-Bojanci v Beli krajini, CRES-Črešnjevec, DOBS-Dobrina, GROS-Grobnik na Pohorju, GOLS-Goliše, GCIS-Gornji Cirknik, KOGS-Kog). Rdeča črta kaže prihod primarnih valov, zelena pa sekundarnih, avtomatski izračun epicentra pa je na sliki desno zgoraj.



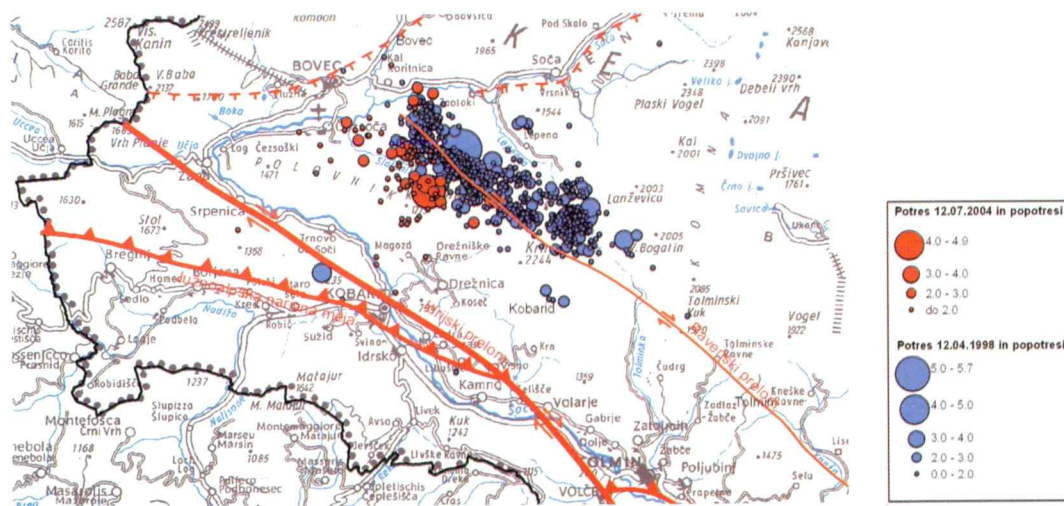
Slika 4. Primerjava zapisov potresov 12. aprila 1998 (modri seizmogram) in 12. julija 2004 (rdeči seizmogram) nam nazorno kaže, da je bil zadnji potres po sproščeni energiji bistveno šibkejši.

opazovalnice v Robiču pri Kobaridu, Čadru nad Tolminom, Vojskem nad Idrijo, na Javornikih, Knežjem dolu nad Ilirsko Bistrico, za ta del pa je pomembna tudi opazovalnica v Goričicah pri Cerkljanskem jezeru.

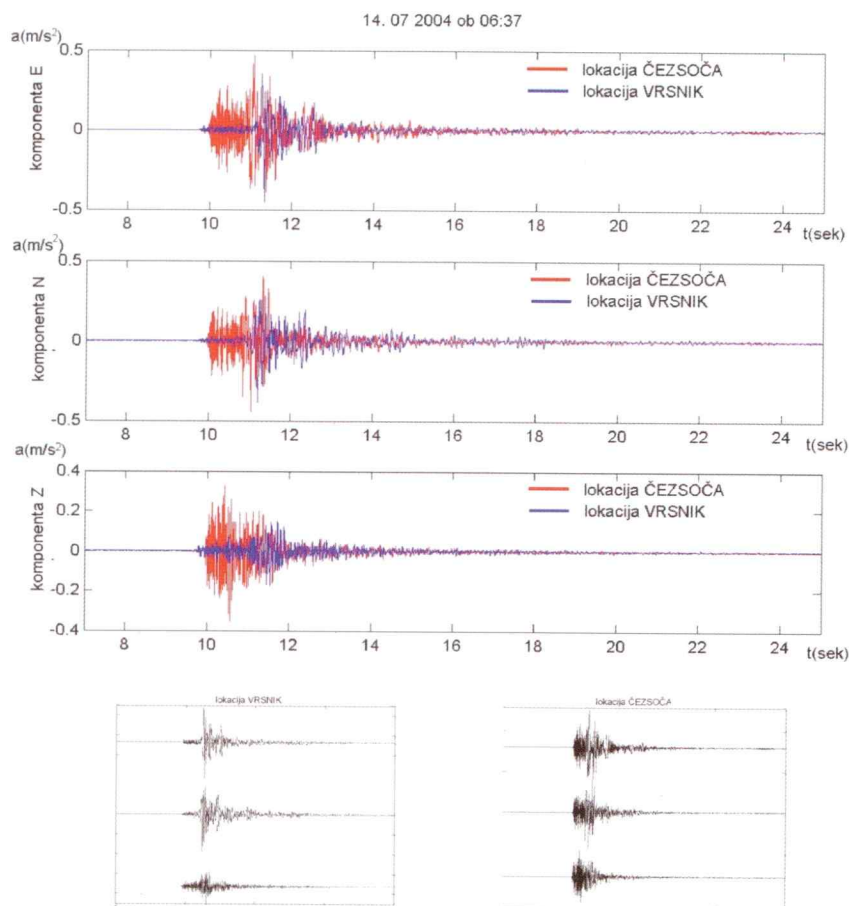
V prvih dneh po glavnem potresu je sledilo nekaj sto popotresnih sunkov, v začetku tudi po pet na minuto. Večinoma so bili šibki, pa vendar je nastalo tudi nekaj popotre-

sov, ki so presegli magnitudo 3. Najmočnejši je bil 14. julija 2004 ob 6. uri 37 minut z magnitudo 3,6. Že tako prestrašene prebivalce so še dodatno vznemirjali in povzročali strah pred novim hujšim potresom.

Potres so najbolj občutili prebivalci na Bovškem, kjer je povzročil tudi gmotno škodo. Čutili so ga po vsej državi, pa tudi v severni Italiji, Avstriji (tudi na Dunaju), na



Slika 5. Epicenter glavnega potresa in popotresnih sunkov 12. aprila 1998 (modri krogci) in zadnjega potresa 12. julija 2004 (rdeči krogci). Velikost krogcev opredeljuje magnitudo.



Slika 6. Primerjava zapisov najmočnejšega popotresnega sunka, 14. julija 2004: zapis v Čezsoči (rdeče) in zapis istega potresa v Vrsniku (modro). Zapis na prenosni terenski opazovalnici Vrsnik kaže povsem klasičen zapis potresa. Zapis v Čezsoči pa kaže na združevanje (interferenco) potresnih valov, ki so v Čezsoči povzročili povečane lokalne učinke.

Hrvaškem pa na območju Istre, Gorskega Kotarja, območja Karlovca in Zagreba, v hrvaškem Zagorju in Medžimurju.

Ob vsakem močnejšem potresu sledi manjše ali večje število popotresnih sunkov, ki še dodatno vznemirjajo prebivalce, lahko pa celo povečajo ob glavnem potresu nastalo škodo. V prvih minutah je bilo tudi po pet popotresov v minuti, kasneje pa se je število zmanjševalo. V spodnji preglednici podajamo popotrese, ki so dosegli ali presegli magnitudo 2,0, kar pomeni, da so jih večinoma čutili tudi posamezni prebivalci. Število vseh popotresov, ki so jih zabeležile opazovalnice državne mreže potresnih opazovalnic in prenosne terenske opazovalnice je do sedaj nekaj sto. V preglednici je poleg datuma in časa nastanka še lokalna magnituda M_L . Preglednica vsebuje vse popotrese, ki so nastali do konca novembra 2004.

Osnovni podatki kažejo, da se je aktiviralo isto potresno območje kot pred leti,

zato je lahko zadnji potres tudi zapoznili popotresni sunek v isti žariščni coni potresa iz leta 1998, kljub časovni oddaljenosti šestih let. Še en dokaz, da moramo biti stalno pripravljeni na potrese (Vidrih, 2004b). Redko se zgodi, da bi na istem geografskem območju, ki ni v potresno najdejavnejših predelih sveta, s katerimi se potresna dejavnost v Sloveniji ne more primerjati, v slabih tridesetih letih nastalo več potresnih sunkov, ki so povzročili večjo gmotno škodo. Spomniti se moramo na katastrofalne učinke potresov leta 1976 z žarišči v Furlaniji in obsežnimi posledicami tudi v zahodni Sloveniji. Takrat je bilo pri nas uničenih ali poškodovanih skoraj 12000 objektov, leta 1998 je bilo poškodovanih blizu 4000 objektov, od tega jih je skoraj 1500 potrebovalo temeljito prenovo. Tudi zadnji potres je bolj ali manj poškodoval več sto objektov, od katerih jih bo treba nekaj porušiti.

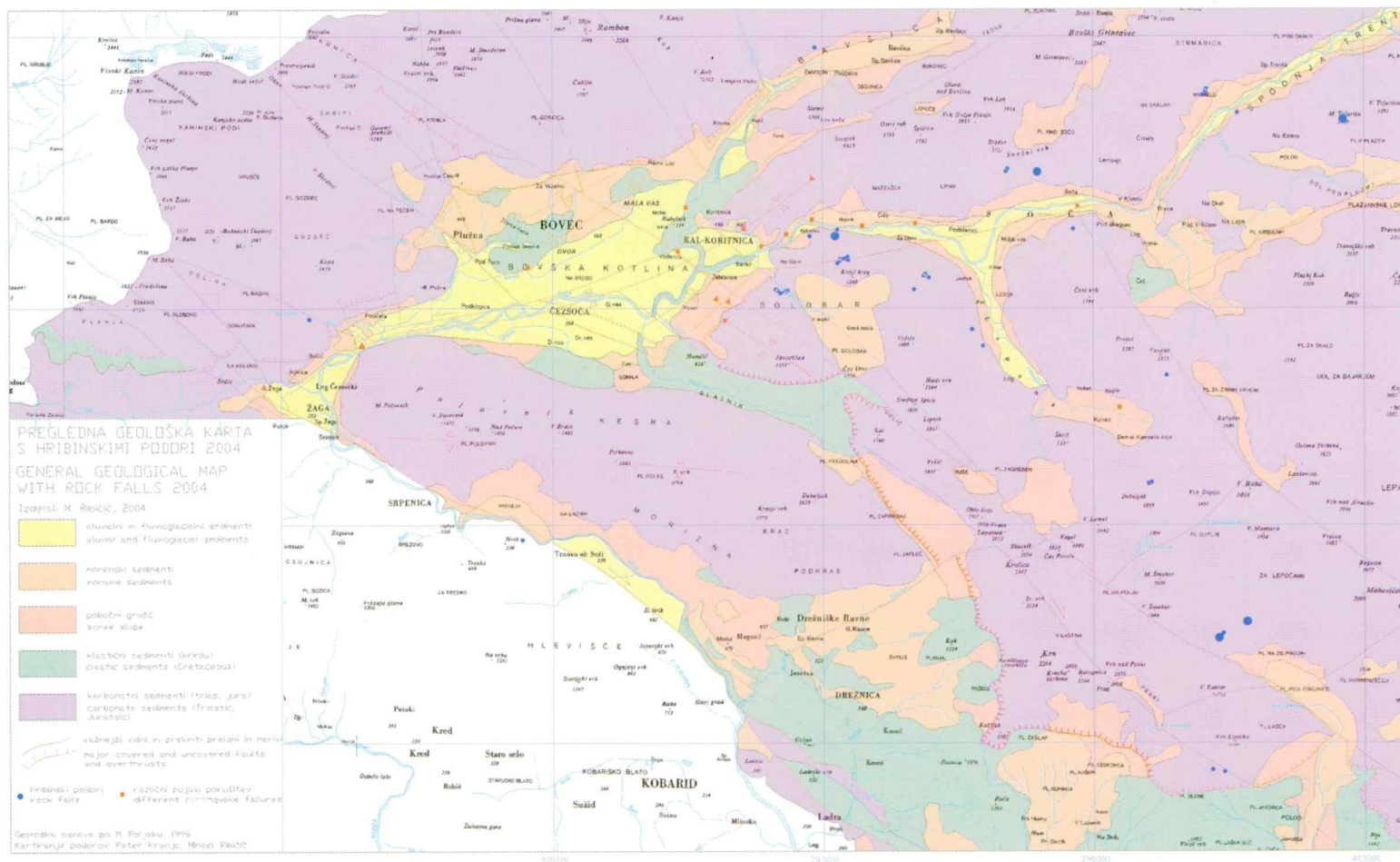
Učinki potresa na zgradbe

Na splošno je prirastek seizmičnosti, in s tem povečanega učinka na zgradbe, odvisen od vrste tal (njihovih lastnosti) in v splošnem ne more spremeniti osnovne stopnje po EMS za več od 1 do 2 stopnji. Najprej pogledimo lestvico o vplivih potresa na tla. Primerjava, kakšen je vpliv vrste kamnine na prirastek

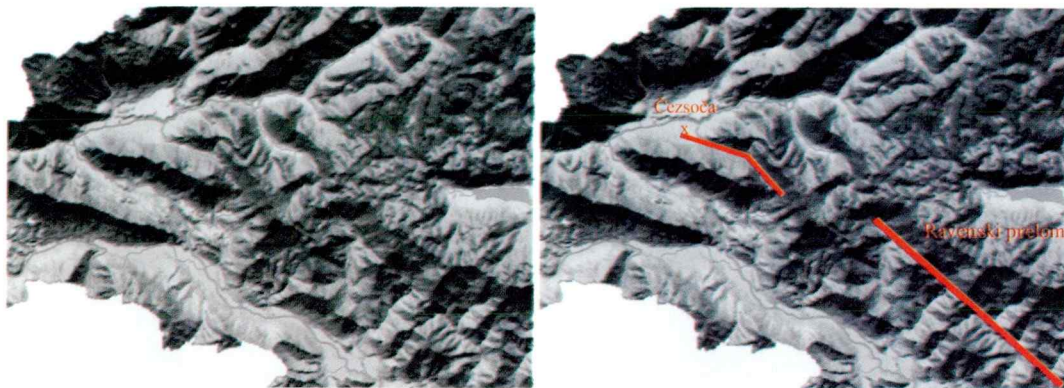
Tabela 1. Čas nastanka in magnituda M_L potresa in popotresov v zg. Posočju do konca novembra 2004.

Datum	Lokalni čas	M_L
12.7.2004	15:04	4.9
	15:08	2.7
	15:08	3.0
	15:11	2.5
	15:13	2.1
	15:17	2.2
	15:22	2.5
	15:23	2.1
	15:26	2.1
	15:31	2.9
	15:33	2.1
	15:50	2.1
	15:54	2.3
	16:13	2.0
	16:13	2.0
	16:21	2.0
	16:55	2.3
	17:02	2.0
	17:16	2.2
	17:53	2.1
	18:26	2.9
	18:28	2.3
	19:00	2.2
	20:53	2.1
	21:03	2.1
	22:25	2.6
	22:44	2.0
13.7.2004	01:21	2.0
	06:03	2.5
	07:52	3.0
	08:23	2.5
	08:43	2.4
	08:49	2.3
	08:54	2.0
	09:22	2.4
	09:49	2.0
	15:38	2.5
	17:32	2.9
	18:11	2.3

14.7.2004	00:43	2.1
	05:21	2.2
	06:37	3.6
	06:37	3.5
	08:39	2.5
	08:39	2.2
	09:27	2.0
	11:54	2.2
	14:26	2.7
	17:38	2.7
15.7.2004	17:58	2.0
	23:40	2.0
	04:47	2.4
	07:29	2.0
	07:54	2.4
16.7.2004	17:00	2.2
	20:58	2.7
	05:56	2.7
	11:41	2.2
	12:39	2.0
17.7.2004	14:47	2.0
	18:52	2.0
	20:20	2.0
	10:30	2.2
	21:19	3.1
18.7.2004	05:58	2.5
	15:51	2.5
	18:57	2.4
19.7.2004	20:11	2.0
21.7.2004	07:29	2.3
	11:50	2.7
	11:53	2.0
22.7.2004	05:00	2.1
	23:26	2.1
23.7.2004	15:52	3.0
24.7.2004	17:38	2.1
	23:07	2.4
25.7.2004	10:36	2.0
27.7.2004	17:01	2.1
28.7.2004	10:56	2.2
29.7.2004	13:11	2.3
31.7.2004	22:42	2.4
1.8.2004	02:11	2.8
	10:29	3.0
3.8.2004	11:22	2.9
15.8.2004	11:17	2.0
18.8.2004	16:24	3.2
26.8.2004	20:56	2.1
27.8.2004	02:34	2.4
14.09.2004	08:12	2.4
18.09.2004	21:37	2.2
24.09.2004	20:38	2.3
01.11.2004	03:18	2.6



Slika 7. Pregledna karta seizmične mikrorajonizacije dela zg. Posočja z vrisanimi poškodbami narave. Karta temelji na geološki osnovi (avtor: M. Poljak) in predstavlja osnovo za detaljna raziskovanja posameznih mikrolokacij.



Slika 8. Reliefna karta zg. Posočja DMR (levo) in potek lepo vidnega Ravenskega preloma, ter prečnega preloma, ki poteka čez vas Čezsočo (desno), ob katerem sta nastala potresa 12. aprila 1998 in 12. julija 2004.

seizmičnosti, je narejena glede na granit, kot seizmično najmanj občutljivo kamnino (tabela 2).

Tabela 2. Prirastek seizmičnosti v odvisnosti od vrste kamnine.

Kamnina	Prirastek stopnje EMS
Granit	0
Apnenci in peščenjaki	0 – 1
Laporji (polhribine)	1
Prodi, grušči	1 – 2
Peski	1 – 2
Glinasta tla	1 – 2
Nanosi rahlih zemljin	2 – 3

V zgornjem Posočju tako trdnih kamnin, kot je granit nimamo in tudi nanosi zelo rahlih zemljin, takih kot so npr. na Ljubljanskem barju, ni. Za seizmično srednja tla lahko vzamemo na ravnini odložene soške prode in pobočne ledeniške grušče, na katerih je tudi zgrajena večina objektov. Seizmični prirastki ali pojemki v teh tleh so lahko do okoli 1 stopnje po EMS. Na apnencih, ki gradijo celotno obrobje Bovške kotline in Julijske Alpe, so razmere glede na prirastek seizmičnosti najugodnejše, saj so objekti, ki so temeljeni v kompakten apnenec doživeli učinek za najmanj stopnjo manj od povprečne. Teh objektov pa je na Bovškem le malo, saj so v gorovju postavljene le planšarije, lovske kočice, karavle in planinske kočice. Nasprotno je bil prirastek seizmične stopnje za objekte, ki so na rahlejših glinastih tleh ali na glinastih gruščih za okoli eno stopnjo nad povprečjem.

Takih tal pa je na obravnavanem območju več in jih bomo kasneje podrobneje opisali (Ribičič & Vidrih, 2004a).

Kadar je podtalnica na površini, je lahko prirastek še za eno stopnjo EMS višji. Za največji del Bovškega velja, da je podtalnica globlje pod površino in zato tega vpliva ob obeh zadnjih potresih ni bilo zaznati.

K prirastku ali zmanjšanju potresne stopnje vplivajo tudi drugi lokalni geološki in morfološki dejavniki (tabela 3).

Bovška kotlina ima edinstveno geološko zgradbo. Kamnine, ki so v podlagi v dnu kotline pripadajo mehkejšim krednim flišem – peščenjakom, konglomeratom in laporjem, medtem ko celotno gorato obrobje gradijo jurski in triasni apnenci. Toda te kamnine v podlagi so v pobočjih zaradi burnih dogodkov, ki so večinoma posledica ledenih dob in intenzivnega fizikalnega preperevanja, prekrite z ledeniški nanosi – morenami, ter pobočnimi gruščmi in melišči. Ti materiali so med seboj marsikje premešani. V centru Bovške kotline, kjer je teren raven, so odloženi debeli prodni nanosi Soče in njenih pritokov. Tudi med temi nanosi je ugotovljen vpliv ledeniškega delovanja, saj se je odlagala ledeniška jezerska kreda v debelih plasteh.

Če pogledamo podrobneje, sestavljajo na celotnem območju Bovca temeljna tla zgornjih plasti morenski ledeniški sedimentov, ki so iz gruščnatih nanosov. Vlečejo se od Male vasi, preko centra Bovca in preko Brda do bencinske črpalke. Gruščnate morenske sedimente prekriva plast bolj ali manj debele glinaste ali gruščnato-glinaste preperine,

Tabela 3. Geološki in morfološki dejavniki, ki vplivajo na potresne stopnje.

Negativen vpliv (prirastek seizmične stopnje)	Pozitiven vpliv (zmanjšanje seizmične stopnje)
Močno razčlenjen teren: strma pobočja, globoke grape ipd.	Horizontalen teren.
Tla nanosov sestavljena iz različnih plasti, ki poševno prehajajo med seboj.	Horizontalno pravilno odložene plasti, ali plasti seizmično podobnih zemljin.
Preperinski pokrov, ki po svojih seizmičnih lastnostih močno odstopa od kompaktne podlage.	Debeli preperinski pokrov dobrih geotehničnih lastnosti.
Debel preperinski pokrov slabih geotehničnih lastnosti.	Tanek preperinski pokrov dobrih geotehničnih lastnosti ali kamnina brez preperinskega pokrova.
Območja, ki so na meji stabilnosti (plazovi, labilna preperina, usadi, stropi kraških jam, previsi, skalne stene, robovi teras).	Tereni zgrajeni iz kompaktnih stabilnih hribin, ki ne plazijo.
Cone v bližini litoloških mej kamnin z različnimi seizmičnimi lastnostmi.	Veliki kompleksi zgrajeni iz iste kamnine.
Bližina prelomov, prelomnih con, močno razpokane kamnine.	Območja brez tektonskih linij in con.

ki je nastala pri spiranju drobnih frakcij v najmlajši kvartarni dobi. Le skrajni jugovzhodni del Male vasi zajamejo rečni prodni nanosi Soče, ki drugače zapolnjujejo celotno dolino Soče. Meja med morenskimi in rečnimi nanosi poteka južno od naštetih naselij in približno spremlja potok Gereš. Torej se celotno sklenjeno poseljeno območje Bovca od Male vasi pa do bencinske črpalke nahaja na isti geološki enoti – morenskih ledeniških in pobočnih nanosih. V odvisnosti od moči spiranja ledeniških in drugih pobočnih vod ter nagibov pobočij, so se odlagali na območju sklenjene poselitve manj ali bolj grobi ledeniški in pobočni nanosi. Kjer je nagib pobočja strmejši so se odlagale bolj grobe frakcije in kjer je položnejši, bolj fine. Tako površinske plasti, v katerih temeljijo objekti območja Male vasi, ki je že v vznožju pobočij, sestavljajo nanosi glin, na prehodu v ravnino pa tudi jezerska kreda. Taka sestava tal je bila vzrok večjih seizmičnih učinkov na območju Male vasi ob velikonočnem potresu 1998. Proti centru Bovca se v pobočnih na-

nosih vsebnost glinaste komponente zmanjšuje in temeljna tla sestavljajo peščeni gruščji, z apnenčastimi malo zaobljenimi prodniki. Izkopi in vrtina v centru Bovca pa so pokazali, da poleg naravnih nanosov temeljna tla na območju centra sestavljajo tudi umetni nasipi starih porušanih zgradb. Umetne zasipe, za katere smo ugotovili največjo debelino 4 m, sestavljajo različno veliki kosi apnencev in peščenjakov v grobem pesku. Lokalno se seizmične in temeljne razmere poslabšajo, ker so umetni zasipi večinoma odloženi zelo rahlo. Učinki obeh potresov na posamezne stavbe so bili ravno zaradi večje debeline pobočnih nanosov, predvsem pa umetnih nasipov močno povečani. Proti območju Kota morenski nanosi zopet postajajo bolj glinasti, vendar ni več debelejših umetnih nanosov. Prevladujejo glinasti gruščji in gline s kosi apnenca, laporjev in peščenjakov. Učinki potresa so zaradi glinaste komponente v pobočnih gruščjih ojačani. Območje Brda in Dvora gradijo tako glinasti kot gruščnati pobočni nanosi. Merjanje različnih plasti, ki imajo tudi različne seizmične lastnosti so lokalno povzročali precejšnje povečane seizmične učinke. Prodni zasip Soče, ki gradi ravninski svet, se odlikuje po enakomerni sestavi in veliki debelini nanosa, kar je bilo z vidika seizmičnih učinkov ugodno. (Ribičič & Vidrih, 1999a, 1999b).

Kljub temu, da je bila moč zadnjega potresa 12. julija 2004 bistveno manjša, so bili učinki ponekod v Čezsoči, pa tudi v nekaterih predelih Bovca (Brdo) povečani. Na končno oceno intenzitete lokalni učinki ne vplivajo, saj gre za statistiko poškodb. Učinki v Čezsoči so dosegli intenziteto med VI. in VII. stopnjo po EMS-lestvici, na posameznih območjih pa so bili ti učinki preseženi za celo stopnjo. Na podlagi zapisov seizmogramov iz prenosnih terenskih opazovalnic (sl. 6), ki smo jih takoj po potresu postavili na epicentralnem območju, lahko primerjamo zapisa najmočnejšega popotresnega sunka, 14. julija 2004 ob 6. uri 37 minut z magnitudo 3.6 (Vidrih & Tasič, 2004). Na lokaciji Vrsnik gre za enostaven, lahko rečemo standardni zapis, šibkemu primarnemu (longitudinalnemu) valu sledi močnejši sekundarni (transverzalni) val. Če pa pogledamo zapis na seizmografu, ki je postavljen v Čezsoči vidimo, da je vstopni primarni val bistveno močnejši. Vzrok očitne ojačitve še ni popol-

Tabela 4. Pojavi v naravi, pogojeni z intenzivnostjo velikonočnega potresa leta 1998.

pojavi porušitev naravnega ravnotežja v hribinah	intenzitete potresa (EMS)			
	VI	VII	VIII	IX
padanje posameznih kamnov	●			
odpiranje kratkih svežih razpok v hribini	●	○		
padanje posameznih skal	●	○		
manjši hribinski podori	○	●		
zdrsi grušča	○	●		
krušitev kamnov v večji količini		●		
manjši hribinski planarni in klinasti zdrsi		●		
premikanje skal na položnem ali ravnem terenu		○	●	
veliki hribinski podori		○	●	
odpiranje dolgih svežih razpok		○	●	
padanje skal v večji količini			●	
razklanje skal in prevrnitve			●	○
veliki hribinski planarni zdrsi			●	○
veliki hribinski klinasti zdrsi			●	○
hribinski podori regionalnih dimenzij			○	●
planarni zdrsi regionalnih dimenzij				●
veliki klinasti zdrsi regionalnih dimenzij				●

● območje največje uporabnosti za določitev intenzitete

○ intenzitete tudi značilne za ta pojav

noma razjasnjen. Eden izmed vplivnih dejavnikov je lahko ojačanje potresnih valov vzdolž močnega preloma (slika 8). Epicenter potresa 2004 je bil nekoliko bolj proti severozahodu, kot epicenter leta 1998 in verjetno so se ob tem aktivirale tudi nekatere druge prelomne strukture. Na digitalnem modelu zgornjega Posočja vidimo, da čez območje Čezsoče in Brda poteka zelo izrazit prelom, ki je bil po vsej verjetnosti nosilec širjenja seizmičnega valovanja vzdolž njega (Ribičič & Vidrih, 2004).

Prirastek seizmične stopnje zaradi tektonike je bil nato multipliciran zaradi sestave tal na območju Čezsoče in Brd.

Na območju Čezsoče lahko detajlno sestavo tal podamo na osnovi dveh vrtin iz leta 1998. Prva je bila izvrtana ob mostu na desni strani Soče in ima naslednjo sestavo:

0.0–0.2 m	humus
0.2–2.7 m	debel peščen prod z malo peska
2.7–5.4 m	droben peščen prod s prodniki okoli 3 cm
5.4–6.5 m	droben peščen prod s primesmi glinaste in meljne frakcije
6.5–6.7 m	peščen melj s prodniki
6.7–9.0 m	peščen prod do pesek
9.0–16.1 m	droben peščen prod z malo glinaste primesi

16.1–20.0 m pesek s prodniki

Druga je bila izvedena na območju žičnice in ima sestavo tal:

0.0. - 0.2 m	humus
0.2 - 1.8 m	rjava pusta do mastna glina srednjegnetna
1.8 - 2.1 m	rjav glinast grušč
2.1 - 9.1 m	dobro sprijeta apnenčasta breča
9.1 - 10.6 m	msamici apnenca in peščenjaka
10.6- 14.0 m	fliš – siv lapor

Manjka nam podatke, kakšna je sestava tal v središču Čezsoče, vendar se iz popisa obeh vrtin vidi, da je zgradba tal na širšem območju Čezsoče zelo kompleksna. V večji globini, na osnovi podatkov obsežnih raziskav iz leta 1954 (Kuščer et al., 1974) lahko nastopa tudi jezerska kreda, ki se na obrobju Čezsoče izklinja. Skupni vpliv širjenja seizmičnih valov vzdolž močnega preloma in nato dodaten prirastek seizmične stopnje zaradi odbijanja (interference) seizmičnih valov od plasti različne sestave pod naseljem Čezsoče sta lahko vzrok za velike poškodbe objektov v nasprotju s potresom leta 1998, ko tega multipliciranega vpliva ni bilo zaznati.

Učinki potresa na naravo

Proučevanje učinkov potresov v naravi so pokazali, da so najpogostejši pojavi, ki se ob potresu zgodijo, porušitve naravnega ravnotežja. V tabeli 4 so podani učinki na naravo, ki so značilni za alpski svet in so bili podrobneje analizirani ob velikonočnem potresu 1998.

Vpliv potresa na naravo je tem večji čim močnejši je potres. Vpliv potresa se izraža v velikosti in pogostosti pojavov. Potres 12. julija 2004 je imel izračunano magnitudo $M = 4,9$ in ocenjeno intenziteto med VI. in VII. stopnjo EMS. Temu ustrezno so se v naravi zgodili pojavi plitvih porušitev. Največ je bilo hribinskih podorov, nekaj pa tudi drugih značilnih pojavov, ki jih sproža potres. Ostali pojavi so bili odpiranje razpok in plazenje ob robu teras, padanje skal in širjenje obstoječih razpok.

Vplivi na naravo so podrobno opisani v lestvici INQUA (Michetti A.M. et al., 2003). Lestvica je splošna za cel svet, zato zajema tudi pojave, ki niso značilni za zgornje Posočje. V tabeli 5 smo za intenziteto VI in VII EMS poudarili tiste učinke v naravi, ki so se zgodili ob potresu 12. julija 2004.

Iz opisa INQUA skale je razvidno, da potres 12. julija 2004 po tej lestvici generalno odgovarja opisom za VI. in VII. stopnjo EMS-lestvice, ima pa tudi zaradi pojavljanja v alpskem svetu nekatere specifične posebnosti, ki v INQUA potresni lestvici niso zajeti. Ena izmed takih značilnosti je padanje skal in kamnov. V nadaljnjem podrobneje opisujemo vse značilne pojave zadnjega potresa v zgornjem Posočju.

Ob potresu so nastali v naravi številni pojavi plitvih porušitev. Največ je bilo hribinskih podorov, nekaj pa tudi drugih pojavov, ki jih sproža potres v naravi, odpiranje razpok in plazenje ob robu teras, padanje skal in širjenje obstoječih razpok.

Ob terenskem kartiranju vplivnega območja potresa smo registrirali 44 hribinskih podorov. Za vsak podor smo v bazo podatkov vnesli naslednje značilnosti:

- čas sprožitve
- naziv območja dogodka
- občina
- prostorska koordinata y
- prostorska koordinata x
- velikost podora
- vrsta podora

- debelina podora
- rastje na območju podora
- naklon terena
- številke digitalnih slik podora.

Za oceno velikosti podora smo za majhne privzeli podore, ki so imeli prostornino od 100 m^3 do nekaj 100 m^3 , za srednje od 1.000 m^3 do nekaj 1.000 m^3 , velike od 10.000 m^3 do nekaj 10.000 m^3 in za zelo velike hribinske podore s prostornino preko 100.000 m^3 .

Kartiranje je pokazalo, da potres 12. julija 2004 ni povzročil nastanka velikih in zelo velikih hribinskih podorov, kar pokaže diagram (sl. 12a).

Ob potresu je bilo kar 39 majhnih hribinskih porušitev in le 5 srednje velikih. To je dokaz, da je bila intenziteta potresa pre-majhna, da bi lahko globlje pod površino aktivirala zdrs bloka kamnine. Iz literature je znano, da je velikost podora sorazmerno z intenziteto potresa (INQUA scale). Intenziteta julijskega potresa, ki je bila določena med VI. in VII. stopnjo po EMS-lestvici, je povzročila manjše hribinske podore in to se je pokazalo tudi v zgornjem Posočju (Vidrih et al., 2001). Na geološki karti (sl. 7) so lokacije ob potresu sproženih podorov prikazane z modro barvo, pri čemer so srednje veliki podori prikazani z večjim krogom. Drugi naravni pojavi, sproženi s potresom, so prikazani s kvadrati.

Glede na vrsto porušitve in obliko zalednih zdrsnih ploskev, smo predvideli naslednje možne vrste hribinskih podorov:

- nepravilen
- gruščnat
- planaren
- vertikalni
- klinast

Iz diagrama (sl. 12b) je razvidno, da je večina porušitev (28 podorov) nastala ob več različnih sistemih razpok in plastovitosti v zaledju podora. Nekaj porušitev je nastalo z zdrsom površinskih gruščnatih plasti (7 podorov), ki so prekrivale skalno apnenčasto podlago, medtem ko so bili zdrsi ob vertikalni (3 podori) ali položnejše (3 podori) nagnjeni ploskvi redki. Tudi klinasti zdrsi (2 podora) so bili redki.

Poleg hribinskih podorov so nastali še drugi tipični pojavi porušitve naravnega ravnotežja ob potresu. Zelo pogost pojav v svetu ob potresih je nastanek dolge razpoke ob robu terase. Ta pojav smo ugotovili na dveh lokacijah. Prva lokacija je v naselju

Tabela 5. Opis posledic potresov v naravi.

Potres	Opis posledic v naravi
vrstitev	
VI	Primarni učinki so odsotni.
Močan	Občasno se opazijo tanke, milimetrske razpoke v rahlo odloženih aluvialnih sedimentih in/ali v z vodo zasičenih zemljinah; razpoke vzdolž strmih pobočij ali rečnih brežin so lahko od 1-2 cm odprte. Nekaj manjših razpok se lahko pojavi na telesu (asfaltnih/makadamskih) cest. Redko pojavljanje značilnih nihanj gladine vode v vodnjakih in/ali spremembe izdatnosti izvirov Redke spremembe kemičnih-fizikalnih lastnosti vode in pojavljanje motnosti vode v jezerih, izviri in vodnjakih Hribinski podori in plazovi v volumnu do 10^3 m^3 se lahko sprožijo, posebno na labilnih območjih, t.j. na območjih, kjer so sedimenti rahlo odloženi in zasičeni z vodo., ali v močno preperelih/razpokanih hribinah. Območje na katerih se pojavljajo je ponavadi manjše od 1 km^2. Redko pojavljanje likvefakcije, majhni (po dimenzijah in na območjih, ki so temu zelo podvrženi (visoko dovzetni, recentni, aluvialni in obalni sedimenti, z visoko podtalno vodo) Izjemno redek pojav porušitev kraških stropov, ki se na površini odrazijo kot okrogla depresija Pojavljanje plazov pod morsko gladino v priobalnem pasu Občasno se pojavijo značilni valovi na mirni vodni gladini V gozdnatih območjih tresenje dreves; zelo majhno število preperelih vej se lahko zlomi in odpade., kar pa je odvisno tudi od vrste dreves in njihovega zdravja
VII	Primarni učinki se pojavijo zelo redko. Omejeno pojavljanje prelomov z dolžino v desetih metrih in centimetrskim razmikom se lahko zgodi povezano z vulkansko-tektonskim pogojem potresom.
Zelo močan	Razpoke, ki so od 5-10 cm odprte se običajno opazujejo v rahlo odloženih aluvialnih sedimentih in/ali z vodo zasičenih zemljinah; redkeje v suhih peskih, peščenih glinah in v glinastih zemljinah do 1 cm odprte razpoke. Običajno centimetrske razpoke na telesu (asfaltnih/makadamskih) cest. Redko pojavljanje značilnih nihanj gladine vode v vodnjakih in/ali spremembe izdatnosti izvirov. Zelo redko majhni izviri lahko presahnejo ali pa se aktivirajo. Pogosto spremembe kemičnih-fizikalnih lastnosti vode in pojavljanje motnosti vode v jezerih, izviri in vodnjakih. Razpršeni plazovi se sprožajo na nagnjenih labilnih pobočjih (strme brežine rahlo odloženih/ z vodo zasičenih zemljinah; hribinski podori v strmih soteskah in obalnih klifih, njihova velikost je lahko včasih pomembna ($10 \text{ m}^3 - 10^3 \text{ m}^3$); v suhih peskih, peščenih glinah in glinastih zemljinah je njihov volumen ponavadi večji od 100 m^3. Razpoke, zdrsi in odlomi se lahko dogajajo ob rečnih bregovih, umetnih nasipih in izkopih (cestni vkopi, kamnolomi) v rahlih materialih ali prepereli/razpokani hribini. Vplivno območje potresa je ponavadi manjše od 10 km^2. Redki primeri likvefakcije, z vrelišči peska do 50 cm v premeru v območjih, ki so najbolj nagnjeni za ta pojav (visoko dovzetni, recentni, aluvialni in obalni sedimenti, z visoko podtalno vodo) Možne porušitve kraških stropov, ki se na površini odrazijo kot okrogli depresijski vdori, tudi če je gladina vode globoko. Pojavljanje večjih plazov pod morsko gladino v priobalnem pasu Značilni valovi se lahko pojavijo na mirni vodni gladini in vodotokih. <i>V gozdnatih območjih tresenje dreves; nekaj preperelih vej se lahko zlomi in odpade, kar pa je odvisno tudi od vrste dreves in njihovega zdravja</i>

Vodenca, kjer se nad reko Koritnico nahaja na robu strmega, približno 50 m visokega, pobočja stanovanjska hiša Vodenca 1. V podlagi terena se nahaja apneni konglomerat, ki pa je na pobočju preperel v peščen gruščnat prod. Na strmem robu terase, ki se spušča v Koritnico, je ob potresu nastal zgornji odlomni rob plaz, oziroma okoli 80 m dolga razpoka. Od razpoke navzdol se je teren v

smeri strmega pobočja premaknil za več dm, posledica tega je bilo nagibanje hiše, ki je zaradi tega močno poškodovana.

Podoben pojav se je zgodil v naselju Soča na levem bregu reke Soče. Ob potresu je nastala vzporedno z zgornjim robom terase dolga razpoka, ki se vleče v dolžino preko 100 m. Razpoka manjših dimenzij se je odprla že ob velikonočnem potresu leta 1998. Ob



Slika 9a. Padanje posameznih kamnov (ob cesti Bovec Soča).



Slika 10. Nastanek dolge razpoke ob robu terase na levem bregu Soče v vasi Soča (Soča 98).

sedanjem potresu pa se je razpoka še dodatno odprla za okoli 5 cm, teren ob njej pa se je posedel za okoli 10 cm. Razpoka predstavlja zgornji odlomni rob plitvega plazua. Plazi strma brežina med zgornjim robom terase in bregom Soče. Podoben pojav se je zgodil tudi na robu ceste, ki poteka tik ob strmlem bregu v bližini Golobarske žičnice.

Medtem ko je bila razpoka po potresu leta 1998 pod objektom Soča locirana na robu terase, se je ob potresu 12. julija 2004 premaknila proti objektu in se dodatno odprla. Ob potresu je zaradi premika zemljine,



Slika 9b. Padanje večjih skal (ob cesti Bovec Soča).



Slika 11. Do podobnega pojava je prišlo v naselju Vodenca, na robu terase, ki se dviguje približno 50 m nad reko Koritnico.

ki je dajala podporo temeljem hiše prišlo do razbremenitve in celotna hiša se je rahlo nagnila proti Soči.

Pregledali smo tudi gruščnat plaz v dolini Lepene, ki je nastal ob potresu leta 1998. Zanimalo nas je ali se je plaz znova aktiviral ob julijskem potresu. To se je res zgodilo. Zgornji odlomni rob se je odprl za okoli 1 dm in se tudi za toliko posedel.

Naslednji značilni pojavi ob potresu so bili padanje, valjenje, odbijanje skal in kamnov po pobočjih navzdol, ki so se odkrušili iz labilnih skalnih brežin. To je bilo posebno intenzivno na območju ceste od Kala - Koritnice do vstopa v dolino Lepene.

Ne smemo prezreti dejstva, da bi lahko močnejši potres ponovno aktiviral oba mirujoča plaza, v Logu pod Mangartom in Ko-

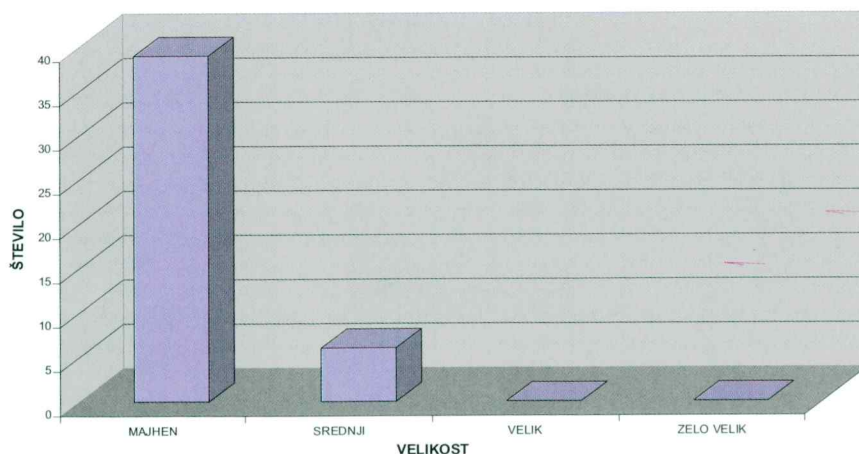


Slika 12b. Število različnih tipov hribinskih podorov.

seču nad Kobaridom. Ogled plazu ni pokazal nobenih posebnosti, ki bi lahko bile posledica potresa. Merilci Gradbenega inštituta ZRMK, ki so bili na plazu ravno v času potresa, so potrdili, da razen padanja kamnov v okoliških stenah ni bilo drugih vplivov potresa na tla.

Da potres ni mogel bistveno vplivati na ponovno aktivizacijo plazu Stovže je razumljivo, saj je dosedanje proučevanje mehanizma nastanka drobirskega toka pokazalo, da je ta nastal kot posledica intenzivnih dolgotrajnih izrednih padavin. V času pred potresom ni bilo takih izrednih vremenskih razmer. Kljub temu bi lahko potres povzročil premike labilnih mas, ki se nahajajo nad območjem, od kjer so zdrsele mase drobirskega toka. Primerjali smo fotografije, ki so bile posnete v lanski jeseni in naslednji dan po potresu, da bi ugotovili, kakšne so bile spremembe na pobočju Stovža. Fotografije so po-

VELIKOST HRIBINSKEGA PODORA



Slika 12a. Število po velikosti različnih hribinskih podorov.



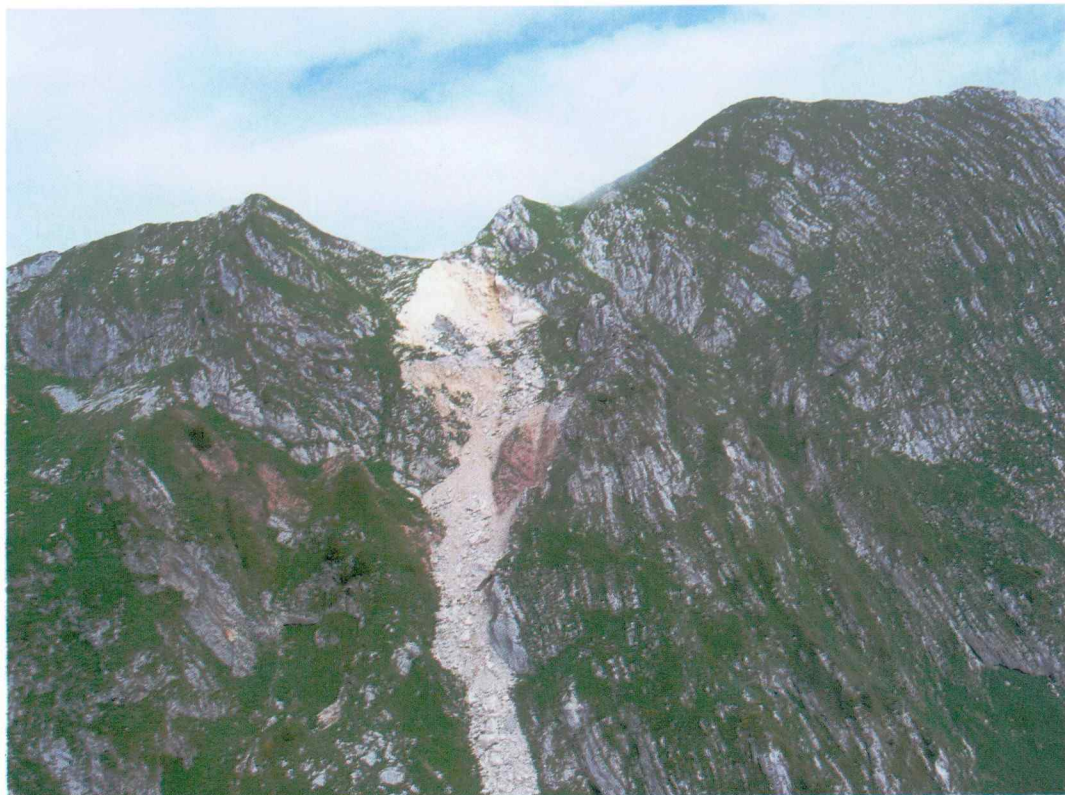
Slika 13. Posedek ob strmem bregu na robu ceste v bližini Golobarske žičnice.

kazale, da je na celotnem pobočju zelo intenzivna površinska erozija, medtem ko plazanja ni zaznati (sl. 17). Na osnovi vizualnega pregleda je možno ugotoviti, da potres ni poslabšal razmer na Stovžah in se ogroženost za Log pod Mangartom ni povečala.

Ogled plazu Strug nad Kosečem je dal podobne rezultate. Pokazal je, da se hribinski plaz ni aktiviral. V času ogleda, dan po potresu, iz območja hribinskega podora ni



Slika 14. Podor ob cesti proti Soči na levem bregu Soče (a) in detajl (b). Gre za tipičen planarni zdrs ob strmo nagnjeni tektonski ploskvi.



Slika 15. Srednje velik kamninski podor z gore Lemež nad Krnskimi jezeri.

bilo zaznati nobenega izpadanja skal in kamenja, ki so najbolj jasen znak, da je hribinski plaz v ponovnem gibanju. Tudi za plaz Strug smo primerjali fotografije, ki so bile posnete predlanskim in po zadnjem potresu (sl. 18).

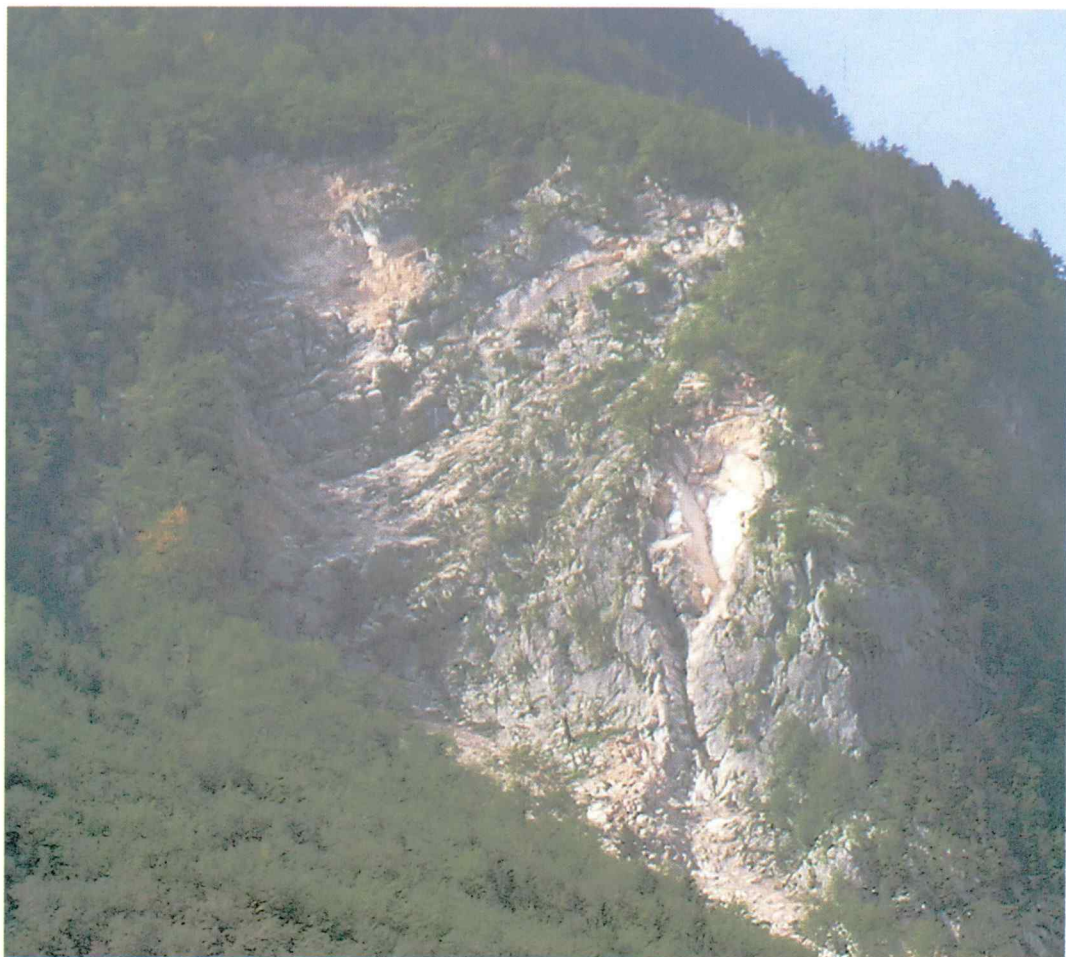
Tudi na tem plazu nastopajo razlike, nastale v dveh letih samo zaradi površinske erozije in izpadanja skal iz podora, medtem ko sam podor miruje. Tudi zemljinski plaz se ob potresu ni premaknil. Zaključimo lahko, da potres ni sprožil gibanja hribinskega plazu in se nevarnost za Koseč ni povečala. Inklinometriške meritve v zato narejenih vrtnah na obeh plazovih, ki so sledile ogledu, so na obeh plazovih pokazale le minimalne premike milimetrskih velikosti.

Zaključek

Zgodovinski pregled potresov in sedanja potresna dejavnost kaže, da je zgornje Po-

sočje seizmično zelo aktivno. Na tem območju se lahko pojavijo tudi mnogo močnejši potresi kot sta bila zadnja dva, leta 1998 in 2004. Medtem ko je za poškodbe na zgradbah znano, kakšne bi bile posledice tako močnega potresa, pa je za pojave v naravi to težje napovedati. Vendar obstaja velika verjetnost, da bi nastali zelo veliki hribinski podori ali druge vrste porušitve naravnega ravnotežja, ki kot sekundarni pojavi potresa lahko prinesejo katastrofalne posledice. Beljaški potres 25. januarja 1348 jasno nakazuje, kako je lahko Alpski prostor ranljiv za potrese in kako je podvržen zelo velikim pojavom v naravi.

Večina prebivalcev je skoraj pozabila na potrese leta 1976, pa je prišlo opozorilo 12. aprila 1998. Miselnost, da enemu močnemu potresu ne bo sledil nobeden več, je zmotna. Majskemu potresnemu dogajanju leta 1976 je sledilo septembrsko, ki je pokazalo na vso neučinkovitost manjših, slabih popravil objektov. Po 22-tih letih je sledil nov močan



Slika 16. Značilni tipi hribinskih podorov. Levo zgoraj nepravilna porušitev, desno zgoraj gruščnati podor, spodaj desno pa klinasti zdrs.

potres, ki je znova opozoril na aktivnost območja. Že šest let kasneje pa ponovno potres. Morda bo to dobra šola za prebivalce, predvsem graditelje objektov, da se je potrebno držati kart potresne nevarnosti in gradbenih predpisov, saj je to edina obramba pred potresi. Na potresni karti Slovenije lahko vidimo, da so v tem delu Slovenije možni potresi VIII. ali celo IX. stopnje po EMS lestvici.

Literatura

Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, 2004: Preliminarni tedenski seizmološki bilten za 2004. Arhiv Urada za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.

Buser, S. 1986: Osnovna geološka karta 1:100 000. Tolmač listov Tolmin in Videm (Udine). - Zvezni geološki zavod, 103 p., Beograd.

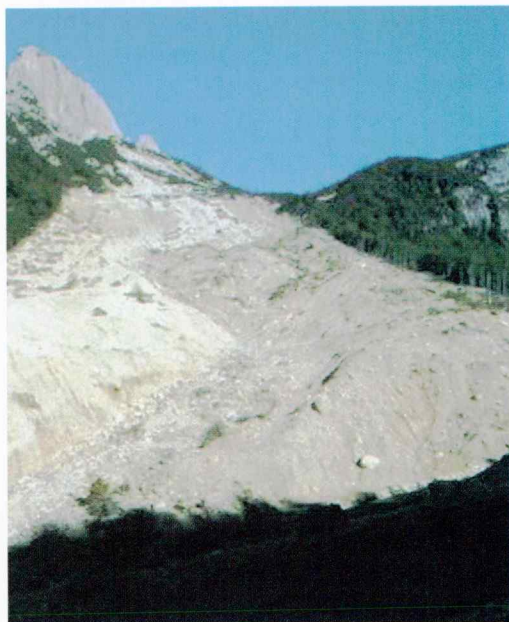
Godec, M., Vidrih, R. & Ribičič, M. 1999a: The engineering-geological structure of Posočje and damage to buildings. - International Conference on Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean Region, 18.-22. October 1999, Nikosia, North Cyprus, EHRMR 99 Abstracts, 228.

Godec, M., Vidrih, R. & Ribičič, M. 1999b: A survey of damage caused by 1998 earthquake in the Soča valley (Slovenia). - 12th World Conference on Earthquake engineering, 30. Jan.- 4. Feb. 2000, 447, Auckland.

Hoek, E. 1997: Rock slope engineering. - E & FN Spon, London.

Kuščer, D., Grad, K., Nosan, A. & Ogorelec, B. 1974: Geološke raziskave soške doline med Bovcem in Kobaridom. - Geologija, 17, 425-467, Ljubljana.

Michetti et al. 2003: An innovative approach for assessing earthquake intensities: The propo-



Slika 17. Pogled na plaz Stovže nad Logom pod Mangartom 13. julija 2004 (levo) in 26. septembra 2003 (desno) nam kaže, da potresni sunek na plaz ni vplival.



Slika 18. Pogled na plaz Koseč nad Kobaridom 13. julija 2004 (levo) in 16. junija 2002 (desno) nam kaže, da potresni sunek na plaz ni vplival.

Fotografije: R. Vidrih & M. Ribičič.

sed INQUA scale based on seismically-induced ground effects in the environment. XVI INQUA Congress, Reno.

Ribarič, V. 1980: Potresi v Furlaniji in Posočju leta 1976, kratka seizmološka zgodovina in seizmičnost obrobja vzhodnih Alp. – Potresni zbornik, 17-80, Tolmin.

Ribarič, V. 1987: Seizmološka karta za povratno periodo 500 let. – Zajednica za seizmologiju SFRJ, Beograd.

Ribarič, V. 1982. Seizmičnost Slovenije. Katalog potresov (792 n. e.-1981 n. e.). Seizmološki zavod SR Slovenije, 649 str., Ljubljana.

Ribičič, M. 1998: Analiza učinkov potresa v Posočju dne 12.04.1998. (poročilo Gradbeni inštitut ZRMK izdelano po naročilu Ministrstva za okolje in prostor), 5 map, Ljubljana.

Ribičič, M. & Vidrih, R. 1998a: Geološka, seizmološka in gradbena analiza posledic potresa v Posočju. Lep dokaz, da sestava tal lahko zelo

ojači ali omili seizmične valove. DELO - Znanost, 14. oktobra 1998, Ljubljana.

Ribičič, M. & Vidrih, R. 1998b: Plazovi in podori kot posledica potresov. Ujma 12, 95-106, Ljubljana.

Ribičič, M. & Vidrih, R. 1999a: Earthquake on 12 April, 1998 in Posočje-Damage to Nature. International Conference on Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean Region, Nicosia, North Cyprus, 18-22 October, Near East University, pp.227.

Ribičič, M. & Vidrih, R. 1999b: Potresi in pojavi nestabilnosti (podori in plazovi) (potres v Posočju 12. aprila 1998). III. slovensko posvetovanje o zemeljskih plazovih, Rogla.

Ribičič, M. & Vidrih, R. 2004: Geološke primerjave potresov. Sproščene energije manj, posledice hujše... DELO, priloga Znanost, 29. julija 2004.

Vidrih, R. & Ribičič, M. 1994: Vpliv potresov na nastanek plazov v Sloveniji. - Prvo slovensko posvetovanje o zemeljskih plazovih, Idrija 17.-18.11.1994, Zbornik, 33-46, Idrija.

Vidrih, R. 1998: Potres v Posočju seizmologov ni presenetil. Vsi kraji, kjer je nastalo največ poškodb so zgrajeni na slabi podlagi na nanosih rek in potokov in na pobočnih gruščih. - DELO, Znanost 20. maj, 9, Ljubljana.

Vidrih, R. & Ribičič, M. 1998: Geološke posebnosti potresa 12. aprila v Posočju. Potres je

povzročil ne le veliko škodo na hišah, pospešil je tudi geološko dogajanje. - DELO, Znanost 10. junij, 12, Ljubljana.

Vidrih, R., Ribičič, M. & Lapajne, J. 1999: Earthquake on 12.april, 1998 in Posočje (Slovenia) - Phenomena Occuring in Nature During the Earthquake in the Alpine Region, International Conference on Mountain Natural Hazards, Grenoble, France.

Vidrih, R. & Ribičič, M. 1999: Slope Failure Effects in Rocks during the April 12, 1998 Posočje Earthquake and Implications for the European Macroseismic Scale (EMS-98), - Geologija, 41, 365-410. Ljubljana.

Vidrih, R., Ribičič, M. & Suhadolc, P. 2001: Seismogeological effects on rocks during the 12 April 1998 upper Soča Territory earthquake (NW Slovenia). Tectonophysics 330 (3-4), 153-175, Amsterdam.

Vidrih, R. 2004a: Potres 12. julija 2004 v zgornjem Posočju. Mesečni bilten Agencije RS za okolje, XI, 7, 58-65, Ljubljana.

Vidrih, R. 2004b: Potres 12. julija 2004 v zgornjem Posočju. Življenje in tehnika LV, september 2004, 20-32, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana.

Vidrih, R. & Tasič, I.: Značilnosti potresa v zgornjem Posočju 12. julija 2004. Največ škode so povzročili lokalni učinki. DELO, Znanost 22. julija 2004.