

POSLEDICE POTRESA V NARAVI

Effects of the Earthquake on the Natural Environment

Renato Vidrih*, Mihael Ribičič** UDK 550.34(497.4)''1998''

Povzetek

Potres 12. aprila 1998 v zgornjem Posočju je poleg velike gmotne škode na stanovanjskih objektih na Bovškem, Kobarškem in Tolminskem povzročil tudi precejšnje spremembe v naravi, saj so nastali številni hribski podori in zdrsi. Prav spremembe v naravi so omogočile zanesljivejšo določitev makroseizmičnega nadžarišča in intenzitete potresa (območje pripada alpskemu svetu in je razen alpskih dolin nenaseljeno).

Širše nadžariščno območje potresa je zgrajeno iz karbonatnih kamnin, predvsem apnencev in dolomitov zgornjetriasne do spodnjajurske starosti, ki so v seizmogeološkem pogledu ugodna tla. Vmes leži Bovška kotlina, ki je zgrajena pretežno iz klasičnih sedimentov kredne starosti, nad katerimi so ponekod še kvartarni rečni in ledeniški sedimenti. Ti so v seizmogeološkem smislu slabši, kar je pokazala tudi razprostranjenost poškodb zgradb in narave.

Pri analizi poškodb (predvsem v naravi) ob potresu v Posočju je zelo pomembno, da je potres nastal v visokogorskem svetu. Značilnosti potresa v goratem alpskem svetu se v mnogočem razlikujejo od značilnosti potresa, ki prizadene dolinske, priobalne, gričevnate ali hribovite terene. Osnovna značilnost alpskega sveta je njegova zgradba, saj ga gradijo trde, večinoma tektonsko poškodovane hribine, ki oblikujejo zelo strma, celo subvertikalna pobočja. Druga značilnost je redka naseljenost. Ob potresu v alpskem svetu se zgodi veliko pojavov, ki so za ta svet enkratni. Ogroženost živalstva in rastlinstva ter človeka ob potresu se v marsičem razlikuje od ogroženosti na drugih območjih. Predvsem se pojavlja sekundarna ogroženost zaradi sprožanja nestabilnosti na strmih pobočjih, npr. padanje in zdrsi kamninskih gmot. Poleg tega je ogroženost po potresu v alpskem svetu časovno raztegnjena na nekaj let, ko se še vedno sprožajo hribski pojavi nestabilnosti ob popotresnih sunkih, deževju, vetru in snežnih plazovih ali pa ob prehodih in vlezanju čez labilna območja.

Abstract

Apart from the substantial material damage to residential buildings in the Bovec, Kobarid and Tolmin regions, the 12 April earthquake in the upper Soča territory also caused considerable changes in nature, as it triggered many rockfalls and landslides. It was the very changes in nature that enabled a more precise definition of the macro-seismic epicentre and seismic intensity (the region belongs to the alpine area and is unhabited, except for alpine valleys).

The wider epicentral area of the earthquake is composed of carbonate rocks, mostly limestones and dolomites of the Upper Triassic to Lower Jurassic periods, which is favourable ground in terms of macro-seismology. Lying in between is the Bovec basin, composed chiefly of clastic sediments of the Cretaceous period, above which there are, in places, fluvial and glacial sediments of the Quaternary period. In the seismological sense, these sediments are worse, as is shown by the extent of damage to buildings and nature.

In analysing the damage (mostly to nature) caused by the upper Soča territory earthquake, it is very important that it occurred in the alpine area. The characteristics of earthquakes in an alpine area are quite different from earthquakes epicentred in valleys, coastal, hilly or mountainous areas. The main characteristic of the alpine area is its structure, as it is composed of hard, mostly tectonically-damaged rock, forming very steep, even sub-vertical slopes. The next characteristic is sparse settlement. During earthquakes in alpine areas, many unique phenomena occur. The threat to nature, fauna, flora and people is in many ways different from the threat in other areas. There is also a secondary threat due to instabilities in steep slopes, e.g. falling and sliding of rock masses. In alpine areas, the hazardous consequences of an earthquake may last for several years, as rock instabilities still occur during aftershocks, rainy and windy conditions, avalanches, or when walking or climbing over unstable areas.

Razlogi za nastanek potresa

Na karti potresne nevarnosti Slovenije, ki je predpisana v gradbeništvu, lahko vidimo, da so na tem prostoru možni celo močnejši potresi, zato potres za seizmologe ni bil nobeno presenečenje. Po sproščeni potresni energiji v preteklosti ocenjujemo, da lahko na tem območju nastajajo potresi do IX. stopnje po EMS lestvici (3). Glavni razlog za nastanek tovrstnih potresov so premiki velikih tektonskih plošč, v našem primeru afriške in evrazijske. Afriška plošča pritiska na evrazijsko, kar je v geološki zgodovini povzročilo dvig Alp. Med obema ploščama je manjša jadranska plošča, na obrobju katere leži tudi slovenski prostor. Geološke strukture našega ozemlja povzročajo, da je celotno ozemlje Slovenije potresno dejavno. V državah severno od nas je potresov bistveno manj, pa tudi šibkejši so, na jugu pa je potresna dejavnost večja. Jadranska plošča se suka v smeri proti severovzhodu. Dinarske strukture tega območja delimo v južne Alpe in zunanje Dinaride. Zunanji Dinaridi zavzemajo celoten prostor jugozahodne Slovenije, nanje pa so

se severa narinjene Julijske Alpe. Prav na nadžariščnem območju se stikajo narivne strukture, ki se raztezajo v smeri vzhod-zahod in so narinjene od severa proti jugu, z dinarskimi strukturami, ki potekajo v smeri severozahod-jugovzhod. Zadnji potres je po vsej verjetnosti nastal ob prelomu, ki se razprostira v dinarski smeri. To bodo pokazale nadaljnje raziskave.

Posočje se je že treslo

Zadnji potres je obudil spomine domačinov na katastrofo, ki se je zgodila leta 1976 (2). Žarišča potresov, ki so maja in septembra 1976 prizadeli Breginjski kot in Posočje, so nastala v Furlaniji. Na srečo pri nas smrtnih žrtev ni bilo (v Italiji je ob potresu umrlo 987 ljudi), nastala pa je ogromna gmotna škoda tako v Posočju kot tudi drugod v severozahodni Sloveniji. Glavna potresna sunka sta bila maja in septembra, prvi 6. maja zvečer z magnitudo 6,5, drugi pa 15. septembra dopoldne z magnitudo 6,1. Na nadžariščnem

* mag., Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava Republike Slovenije za geofiziko, Pot na Golovec 25, Ljubljana

** doc. dr., Gradbeni inštitut ZRMK, Dimičeva 12, Ljubljana

območju je prvi dosegel učinke IX. do X. stopnje po EMS-lestvici (ponekod celo X. stopnje), drugi pa IX. stopnje. Pri nas so učinki dosegli VIII. stopnjo v Breginjskem kotu, v Kobaridu med VII. in VIII. stopnjo, v Tolminu VII., v Bohinjskem kotu pa med VI. in VII. stopnjo po EMS-lestvici. Največjo škodo so potresni sunki povzročili v vaseh Breginj, Smast, Ladra, Trnovo in Srpenica. V teh vaseh je brez strehe nad glavo ostalo več kot 80 % prebivalcev. Skoraj v celoti je bila porušena vas Podbela. V naseljih Volarje, Borjana, Cezsoča in Žaga je ostalo brez domov 50 do 80 % ljudi, v Idrskem, Kredu, Kobaridu, Kamnem, Orehku, Bukovem in Kojsem pa med 30 in 50 %. Ob obeh serijah potresov je bilo močno poškodovanih okoli 4000 objektov (porušeni objekti med potresom in tisti, ki so jih morali podreti pozneje). Vseh bolj ali manj poškodovanih zgradb je bilo okoli 12000. Če seštejemo učinke majskih in septembrskih potresov, lahko ugotovimo, da so v Breginjskem kotu dosegli IX. stopnjo po EMS-lestvici.

Zanimiva je primerjava z zadnjim potresom, ki je zajel bolj vzhodne kraje, Bovec ter vasi nad Kobaridom in Tolminom. Furlanske potrese so prebivalci čutili kot nihanje, medtem ko je zadnji potres domačije dobesedno dvignil. Razlaga je zelo preprosta, saj je tokrat žarišče nastalo pod omenjenimi kraji in so potresni valovi pripotovali naravnost navzgor. To dokazujejo poškodbe na zgradbah, pa tudi pojavi v naravi, saj je v dolini Lepene in pod Krnom le redka skala ostala nepremaknjena. Prosto ležeče skale je sunek dvignil in ob padcu na tla se je marsikatera prelomila ali zdrsnila po pobočju (5, 13).

Skupna gmotna škoda še ni ocenjena, po predhodnih podatkih pa lahko ugotavljamo, da bo manjša kot ob potresih leta 1976, saj so bili največji učinki manjši.

Seizmogeološka zgradba ozemlja

Učinki potresa so odvisni tudi od lokalne sestave tal, saj se lahko na slabih tleh povečajo. Nadžariščno območje je predvsem iz karbonatnih kamnin (apnenci in dolomiti), ki ponekod prehajajo v laporje. Karbonatne kamnine so ugodna tla, laporji pa nekoliko slabša. V seizmogeološkem smislu so najslabša podlaga nanosi rek in potokov ter pobočni grušč. Nanosi reke Soče in pritokov gradijo terase, ki jih sestavljajo prod, pesek in redkeje konglomerat. Nevarni pa so tudi pobočni grušč (6, 12). Kot je pokazala razprostranjenost poškodb, so te največje prav na teh območjih. Vsi kraji, kjer je nastalo največ poškodb, so brez izjeme na teh sedimentih. Po ogledu terena smo ugotovili, da je bilo največ poškodb v ozkem pasu, ki se vleče v dinarski smeri, severozahod – jugovzhod. Lokalne geološke razmere so ponekod učinke še povečale. Največje učinke na zgradbah je potres dosegel v Mali vasi v Bovcu in v vaseh Spodnje Drežniške Ravne, Magozd, Lepena in Tolminske Ravne ter na planinah Polog in Javorca, kjer je po oceni dosegel med VII. in VIII. stopnjo po EMS-lestvici. Nekoliko manjši pa so bili učinki v Kalu-Koritnici, Zgornjih Drežniških Ravnah, Jercerji, Krnu itd. (10, 11). Največji učinki v naravi so bili v gorovju nad dolino Lepene, na jugozahodnih pobočjih Krna, grebenu Krnčice, Javorščku, pri izvihu Tolminke, pa tudi drugod, kjer so v doline drseli ogromni skalnati podori (5).

Številni zdrsni in podori so nastali v slabih kamninah, ki so bile že prej razpokane. To je povzročila tektonika, ki poleg velikih prelomov povzroči tudi večjo ali manjšo razpokanost hribin. Hribine, ki pretežno gradijo Južne Alpe in so nastale kot morski sedimenti, so se med orogenetsko fazo dvignile v gorovje. Tektonski procesi so pri dvigovanju in narivanju kamninskih gmot hribino poškodovali. V njej so tako nastali razpoklinski sistemi med seboj sekajočih se vzporednih razpok, ki hribinsko maso razkosavajo v različno velike bloke. Za naš alpski svet je značilno, da ponavadi nastopajo trije med seboj skoraj pravokotni razpoklinski sistemi, s pov-

prečno velikostjo blokov od enega decimetra do približno pol metra. En sistem diskontinuitet v hribinah predstavlja plastnatost kamnine, ki je nastala, ko se je sediment odlagal. Ti razpoklinski sistemi so zaradi atmosferskih vplivov na površini še močnejše izraženi. Zdrs v hribinah je torej možen le tam, kjer je določen sistem razpok glede na nagib pobočja neugodno usmerjen.

Poleg podorov so možna na zelo strmih pobočjih še drsenja, padanja ali valjenje skalnih blokov in kamnov. Največkrat se v prvi fazi sproži drsenje labilnega bloka, ki se spremeni v kotaljenje in odbijanje od pobočja.

Ob potresu, posebno če je njegova intenziteta VII. ali višje stopnje po EMS-lestvici, se vse našete vrste zdrsov, podorov in padanja skalnih blokov lahko zgodijo sočasno.

Nevarnost nastanka podorov zaradi potresov

Karta tveganja nastanka hribinskih podorov ob predvidenem potresu največje intenzitete po seizmološki karti Slovenije za 500-letno povratno dobo potresov je nastala z računalniškim (GIS) modeliranjem (2, 4, 8) (slika 1). Po merilih iz naslednje preglednice so združeni rezultati treh kart:

- seizmološka karta Slovenije za povratno dobo 500 let
- inženirsko-geološka karta Slovenije
- karta nagibov pobočij.

Splošna geološka zgradba Posočja

Splošna geološka zgradba je prikazana na geološki karti Posočja v merilu 1 : 50000 (slika 2). Karta je bila podlaga za pripravo pregledne inženirsko-geološke karte in pregledne karte seizmične mikrorajonizacije. Na karti so predstavljeni tudi hribinski pojavi, ki so se sprožili ob podoru – hribinski podori, planarni in klinasti hribinski zdrsni. V preglednici 2 so naštetih raznovrstni pojavi v naravi in ocena intenzitete potresa, ob kateri se sprožajo:

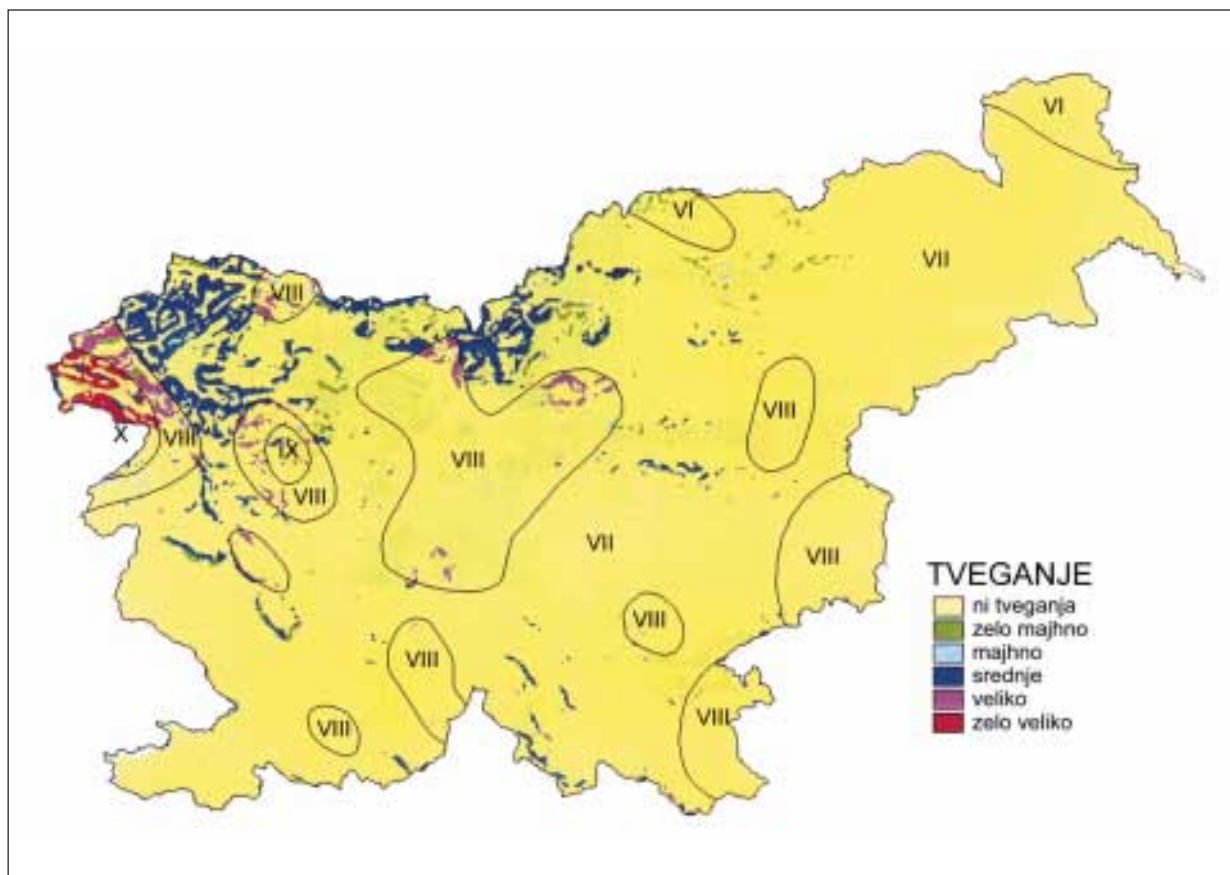
Pas največjih poškodb v naravi se vleče od Bovca, kjer je nastalo več manjših podorov, po jugozahodnih grebenih, ki se dvigujejo nad prekrasno dolino Lepene, Krnskem pogorju, do izvira Tolminke in planine Polog nad Tolminom. Številne manjše poškodbe so še na več mestih. Najznačilnejše poškodbe in spremembe v naravi potekajo v pasu dinarske smeri, to je severozahod–jugovzhod.

Hribinski zdrsni, podori in padanje blokov

Številni zdrsni in podori, ki so nastali ob potresu, so vezani na hribine, zato je treba najprej pojasniti razliko med hribino in zemljino. Besedo hribina uporabljamo takrat, kadar želimo poudariti, da obravnavamo trdo kompaktno kamnino. Na nadžariščnem območju so to karbonatne kamnine, predvsem apnenci in dolomiti, ki gradijo alpski svet in njegovo predgorje. Med zemljine pa uvrščamo kamnine, ki kot preperinski pokrov prekrivajo hribine v podlagi ali pa so prenesene ob vznožje pobočij in v doline (1). V zemljinah ali na stiku med zemljinami in hribinami se pojavljajo zemljinski plazovi, o katerih skoraj vsak dan beremo v časopisju. Ob zadnjem potresu je nastalo le malo običajnih zemljinskih plazov, večinoma so se aktivirali že do sedaj znani plazovi.

Splošno o zdrsih in podorih

Slika 3 kaže nekaj najbolj značilnih tipov zdrsov, ki so se pojavili tudi ob potresu 12. aprila v Posočju. Naštetimo in na kratko opišimo le najpomembnejše: ravninski ali planarni



Slika 1. Karta tveganja nastanka hribinskih podorov ob predvidenem potresu največje intenzitete po seizmični karti Slovenije za povratno periodo potresov 500 let (3, 9).
Figure 1. Map of rockfall risk during an expected maximum intensity earthquake according to the seismic map of Slovenia for a return earthquake period of 500 years (3,9).

Preglednica 1. Nevarnost nastanka podorov zaradi potresov
Table 1. Danger of rockfalls occurring as the result of earthquakes

STOPNJA TVEGANJA NASTANKA PODOROV intenziteta potresa po EMS-lestvi			
KAMNINA	VII	VIII	IX
zelo trdne hribine	majhna	srednja	velika
trdne hribine	srednja	velika	zelo velika
srednje trdne hribine	zelo majhna	majhna	srednja
polhribine	ni tveganja	zelo majhna	zelo majhna
ZEMLJINE	ni tveganja	ni tveganja	ni tveganja

Opomba: Karta tveganja je iz leta 1994 (R. Vidrih, M. Ribičič: Vpliv potresov na nastanek plazov v Sloveniji, Prvo slovensko posvetovanje o zemeljskih plazovih, Idrija) in se sklada s posledicami potresa v Posočju (7, 9).

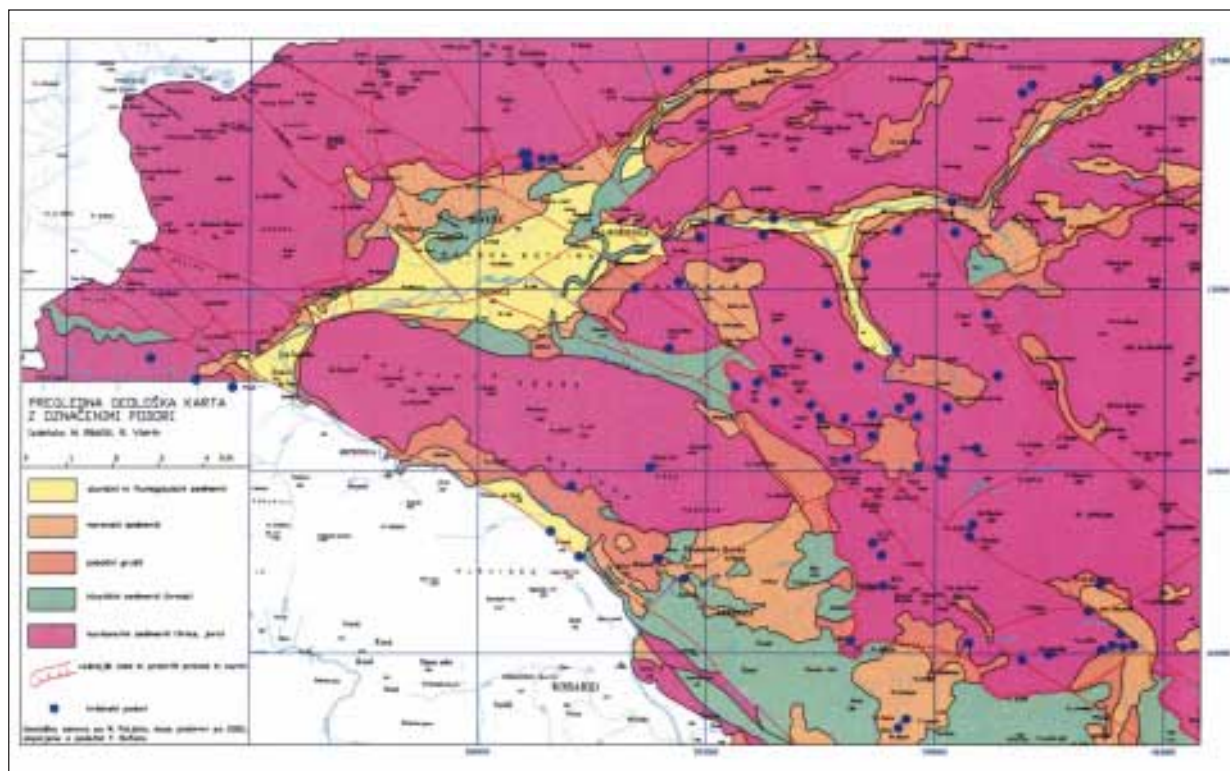
zdrs, klinasti zdrs, zdrs po različnih sistemih razpok, zdrs po plastovitosti ob slučajni zaledni razpoki, zdrs v močno razpokani kamnini in različne vrste podorov.

Najpogostejši in najneugodnejši tip plazjenja ali drsenja se pojavi, kadar sta padnica pobočja in padnica usmeritve določenega sistema razpok v približno isti smeri. V takih primerih se lahko pojavijo ravninski (planarni) zdrsi (3 a). Takı zdrsi so bili pogosti v Krnskem hribovju in nad dolino Lepene.

Kadar je sečnica dveh sistemov razpok usmerjena v isti smeri kot padnica brežine in nagnjena navzdol, se lahko pojavijo klinasti zdrsi (3 b). Redek zdrs je nastal nad dolino Lepene, na kar bo še dolgo opozarjal velik vršaj, ki je nastal nad dolino.

Oba opisana sta čista zdrsa, v naravi pa ponavadi opazujemo manj pravilne zdrse, odvisno od razmer (razpokanosti) na območju, kjer so se pojavili. Najpogostejša sta zdrsa po različnih sistemih razpok (3 c) in zdrsa po plastovitosti ob slučajni zaledni razpoki (3 d).

Izjemoma se v hribinah lahko pojavlja tudi plazjenje, podobno zemljinskemu. To se dogaja v primerih, ko je hribina prepredena s tremi ali več sistemi gostih razpok. V tem primeru se pojavi krožno, oziroma razpokam prilagojeno zemljinsko drsenje, pri čemer se hribina v splošnem obnaša kot zemljinska masa. Na skici je predstavljen tipičen primer takega drsenja (3 e). Najlepši primeri so nastali ob poti k izviru Tolminke in v dolini Lepene.



Slika 2. Splošna geološka zgradba Posočja z vrisanimi hribinskimi podori (geološka osnova M. Poljak, kataster podorov IGGG in T. Ovčak)

Figure 2. General geological structure of Posočje with marked rockfalls (geological base M. Poljak, register of rockfalls IGGG and T. Ovčak).

Preglednica 2. Pojavi v naravi, ki se sprožajo ob določeni intenziteti potresa

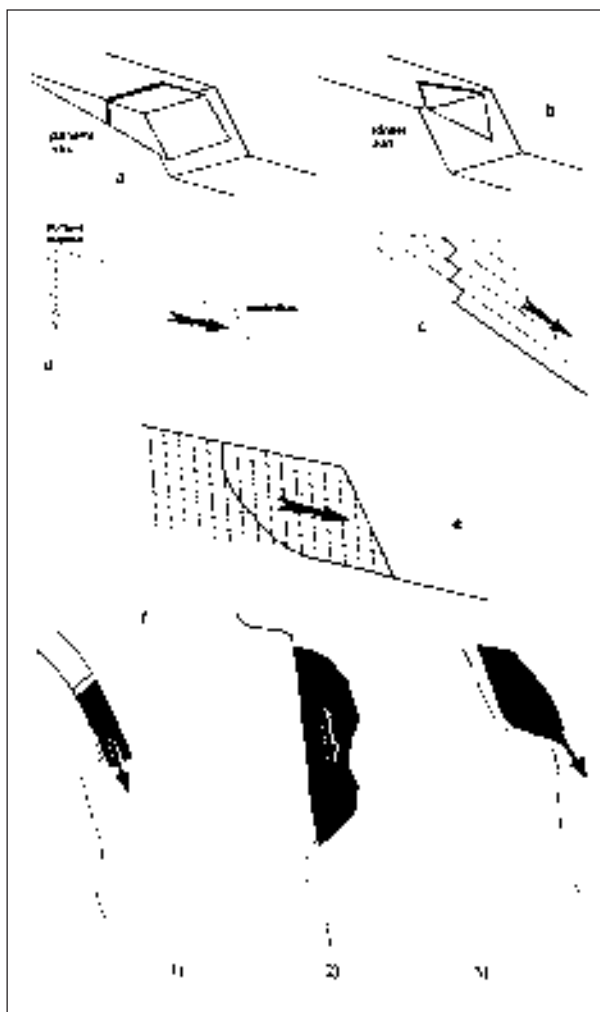
Table 2. Various natural phenomena are triggered at specific earthquake intensities

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

X območje največje uporabnosti za določitev intenzitete

O intenzitete, tudi značilne za ta pojav

Opomba: Z večjo intenziteto narašča velikost in pogostost pojavov



Slika 3. Shematske predstavitve različnih tipov zdrsov, ki so se pojavljali tudi ob potresu 12. aprila v Posočju. a...ravninski ali planarni zdrs, b...klinasti zdrs, c...zdrs po različnih sistemih razpok, d...zdrs po plastovitosti ob slučajni zaledni razpoki, e...zdrs v močno razpokani kamnini in f...različne vrste podorov (1...podor ob strmo nagnjeni ploskvi plastovitosti, 2...podor ob vertikalni razpoki v pobočju, spodjednem v spodnjem delu, 3...zdrs bloka ob poševni razpoki, ki preide v podor ob navpično nagnjenem pobočju)

Figure 3. Schematic presentation of various types of landslides occurring during the Posočje earthquake on 12 April. a...planar landslide, b...wedge failure, c...failure along different crack systems, d...failure along layers along a coincidental crack, e...failure in a heavily cracked rock and f...different types of rockfalls (1...rockfall along a steep layered plate, 2...rockfall along a vertical crack in the slope whose lower part has been eroded, 3...slide of a block along an inclined crack, changing into a rockfall along a vertical slope).

V praksi pogosto srečamo zdrse, ki se kljub dobro določljivim sistemom razpok ne zgodijo po njih, temveč po eni izmed slučajnih razpok, ki je zelo izrazita. Ponavadi ima manjše strižne lastnosti ter je neugodno usmerjena glede na padnico brežine.

Poleg opisanih zdrsov pa lahko na območjih, kjer so pobočja vertikalna ali skoraj vertikalna, nastanejo hribinski podori. Za njih velja, da mora biti v kamninski masi v zaledju brežine šibka ploskev, ki je približno vzporedna brežini in je nagnjena bolj ali manj navpično. Na sliki 3 f so predstavljeni različni tipi podorov.

Zdrsi in podori, nastali ob potresu

Najmočnejši potres v tem stoletju na slovenskem – potres v Posočju je povzročil na sorazmerno majhnem območju izredno veliko pojavov nestabilnosti terena. Vsak izmed njih ima svoje značilnosti, čeprav ga lahko uvrstimo v enega izmed opisanih tipov v uvodnem delu. To prinaša izredno priložnost strokovnjakom, ki se ukvarjajo s preučevanjem nestabilnosti terena. Omogoča jim sistematsko podrobno preučevanje različnih pojavov zdrsov, kar je lahko podlaga napovedim ob podobnih dogodkih in bolj premišljenemu poseganju človeka v prostor. Kratki opisi so narejeni na podlagi prvih terenskih ogledov in želijo ponazoriti kompleksnost problematike, povezane z zdrsi, plazenji, kamninskimi tokovi in podori. Podrobneje opisujemo le najzanimivejše pojave, ki so nastali v dolini Lepene, ob toku in izviru reke Tolminke, v Krnskem gorovju in ob Bohinjskem jezeru (5).

Ravninski ali planarni zdrsi

Najznačilnejši primeri ravninskih zdrsov so nastali v Krnskem hribovju in na gori Lemež, ki se dviguje nad dolino Lepene. Ogromne mase hribine so zgrmele po pobočjih navzdol in pod seboj uničile vse (slika 4).



Slika 4. Ravninski zdrs z dvotisočaka Lemeža je ob ostalih podorih spremenil podobo te gore. (foto: R. Vidrih)
Figure 4. The planar failure on 2.000-metre Mt. Lemež, together with other failures, changed the image of this mountain. (photo: R. Vidrih)

Klinasti zdrs z grebena Šije

Klinasti zdrsi so v primerjavi s planarnimi v hribinah redek pojav. Nad kmetijo V koncu, v dolini Lepene, je z ostrega grebena Šije nastal zelo velik in tipičen klinast zdrs hribin, ki sega od strmega grebena vrha pobočja do vertikalne previsnice (slika 5). Sestavljen je iz dveh v smeri nagiba pobočja sekajočih se drsnih ploskev (ena je plastovitost in druga tektonska razpoka) in zgornje nepravilne, skoraj navpično nagnjene odlomne razpoke. Vse tri ploskve predstavljajo spodnji del klina, po katerem je nastal zdrs. Tako velik klin je ob dinamičnih obremenitvah lahko zdrsnil le, če je teža klina preseгла vezni odpor na navpični razpoki in trenjske odpore na obeh drsnih ploskvah. Klin je drsel do vertikalne previsnice in se prek nje lomil v velike skalnate bloke, ki so se končno razbili ob padcu na vznožje previsa. Pod klinastim podorom je nastal jezik skalnatega vršaja, ki se končuje v gozdu nad dolino.

Zdrsi po različnih sistemih razpok

Sliki 6 in 7 kažeta tipične zdrse po različnih sistemih razpok, ki so nastajali ob izviru in toku reke Tolminke in v Krnskem pogorju. Sem spadajo tudi veliki podori, ki so spremenili vi-



Slika 5. Klinasti zdrs z grebena Šije je povzročil nastanek velikega melišča, ki na srečo ni ogrozilo objektov v dolini. (foto: R. Vidrih)

Figure 5. The wedge failure from the ridge of Šija caused the formation of a huge scree, which did not endanger the buildings in the valley. (photo: R. Vidrih)



Slika 6. Eden od številnih podorov na hribovju v okolici izvira Tolminke: najbolj je bila prizadeta Osojnica, kjer so nastali podori na več mestih. (foto: R. Vidrih)

Figure 6. One of the many rockfalls in the mountains around the spring of the Tolminka river. The most damaged was Osojnica mountain, where rockfalls occurred in several places. (photo: R. Vidrih)



Slika 7. Gora Krn je na jugozahodni strani spremenila svojo podobo. Ogromni podori so drseli v dolino še nekaj tednov po glavnem potresu, posamezne večje ali manjše skale pa padajo še danes. (foto: R. Vidrih)

Figure 7: Mt. Krn changed its appearance on the south-western side. Huge rockfalls continued to slide into the valley several weeks after the main shock, with larger or smaller rocks still falling today. (photo: R. Vidrih)



Slika 8. Prekrasna pot, ki s planine Polog vodi do izvira reke Tolminke, je skoraj v celoti poškodovana. Na začetku jo je zasul podor, višje pa jo je razdejalo plazenje, ki je povzročilo v dolžini več deset metrov nastanek decimetrskih razpok. (foto: R. Vidrih)

Figure 8. A magnificent path leading from Polog Mountain to the source of the Tolminka was almost completely ruined. The first section of the path was buried beneath a rockfall, while higher upward the path was destroyed by slides, causing cracks of several decimetres in a length of several tens of metres. (photo: R. Vidrih)

dez Krna, saj je na njegovem jugozahodnem delu v dolino zgrmelo celo pobočje. Ko smo si po štirinajstih dnevih ogledali podor od blizu, je v dolino še vedno nepretrgano padalo večje in manjše kamenje. Slika 8 kaže eno od številnih razpok, ki so nastale v močno razpokani kamnini ob poti k izviru Tolminke, kjer v dolino drsi celo pobočje. Ob tem so nastale v dolžini več deset metrov decimetrske razpoke.

Podori na območju izvira Tolminke

Potresni učinki na naravo so bili posebno intenzivni na širšem območju v okolici izvira Tolminke. Nastali so številni majhni do zelo veliki podori. Podori večinoma spadajo med zdrse po različnih sistemih razpok ali zdrse v zelo močno razpokani hribini. Za te vrste podorov je značilno, da so odlomni robovi zelo nepravilni. Nastali so, ker je hribina na tem območju tektonsko močno poškodovana in dolomiti-zirana. V geološkem smislu je eden največjih pogledov na Osojnico, ki se je dobesedno razklala na treh mestih. Največji podor je zgrmel na planino Polog, od koder vodi pot k izviru Tolminke (slika 9 levo), nekoliko manjši je ogrozil lovsko kočo pri izviru Tolminke, tretji pa je na nasprotni strani. Pogled iz zraka na Osojnico (slika 10 desno) kaže, da je gora ostala brez vrha in treh pobočij.

Kamninski tok v dolini Lepene

Kamninski tok z levega pobočja Lepene je nastal, ko se je v strmi grapi odloženo kamenje ob potresu sprožilo in se začelo valiti po njej navzdol (slika 11). Kamninski tokovi so značilni za območje Himalaje. Pri nas še niso bili opisani. Pri tem so se skale in kamni povprečnih dimenzij od nekaj decimetrov do nekaj centimetrov začeli mešati s snegom, ki je tudi zapolnjeval grapo v debeli plasti. Vedno hitreje kotaleča se in drseča masa snega in blokov kamnin je v nižjih delih grape, ko se je že bližala dolini Lepene, začela s terna snemati tudi glinaste in meljaste gruščnate zemljine, ki so bile odložene v nekaj metrov debelih plasteh. Iz mešanice snega, grušča, kamnov in skal je nastala blatna masa, ki se je po padcu iz grape razlila po dolini. Iz hitro padajoče mase sestavljene iz zemljin, snega in skalnih blokov ter kamnov je torej nastala počasi tekoča masa, ki je ob premikanju po travnatih dolinskih bregovih hitro izgubljala vodo in s tem postajala vedno gostejša ter počasneje tekoča. Ko se je kamninski blatni tok ustavil, je iz njega odtekla še preostala voda in ostal je trd gost zemljinjski in kamninski material.



Sliki 9 in 10. Na sliki 9 je eden največjih podorov, ki je zgrmel z Osojnice proti reki Tolminki, na sliki 10 pa je pogled na vrh Osojnice. Gora je zgrmel v dolino s treh pobočij, pa tudi vrha nima več. (foto: R. Vidrih)

Figures 9 and 10. Figure 9 shows one of the largest rockfalls sliding from Osojnica towards the Tolminka. Figure 10 shows a view of Osojnica. One can see that the rock rumbled into the valley from three sides, and the top of the mountain has disappeared. (photo: R. Vidrih)

Pri terenskem pregledu okolice kamninskega toka smo na travnatih brežinah, zgrajenih iz vršajev, odkrili sveže odprte razpoke v tleh, nastale ob potresu. Predstavljajo zgornji odlomni rob obsežnega plazišča. Taka odkritja kažejo, da se bodo vse posledice potresa pokazale šele v bližnji prihodnosti.



Slika 11. Več stometrski kamninski tok v začetku doline Lepene z razvejanimi kraki je zaradi izgube snega in vode vedno manjši in miruje, vendar je še vedno grozljiv. (foto: R. Vidrih)

Figure 11. Mudstone flow at the beginning of the Lepena valley in a length of several hundred metres, with branched courses becoming smaller due to the loss of snow and water, but still a horrifying sight. (photo: R. Vidrih)

Plazenje obale Bohinjskega jezera

Le s podrobnimi preiskavami sestave tal v globini s pomočjo vrtnanja bi bilo možno ugotoviti, kako je zdrsnilo 100 m obale Bohinjskega jezera. Najbolj verjeten mehanizem, ki si ga lahko predstavljamo na podlagi terenskega ogleda je, da je med plastmi ledeniških morenskih nanosov in pobočnih gruščev, ki sicer pretežno gradijo jezersko obalo, na mestu zdrsa, v globini nekaj metrov, vmesna plast fino-zrnatih, rahlo odloženih jezerskih sedimentov, prepojenih z vodo. Ob njej so ob potresu zgoraj ležeče plasti zdrsnile proti jezeru in pri tem je nastala navpična razpoka. Nekateri strokovnjaki tudi menijo, da je v primeru, da je ta plast debelejša, ob potresu v njej nastala tako imenovana likvefakcija (utekočinenje tal) in je zdrs samo sekundaren pojav (slika 12).





Slika 12. Spremenilo se je tudi Bohinjsko jezero, kjer je 100 m obale zdrselo v jezero. (foto: R. Vidrih)
Figure 12. Lake Bohinj also changed, with 100 m of its shore having slid into the water. (photo: R. Vidrih)

Zračni udar v dolini Lepene

Z gore Lemež visoko nad koncem doline Lepene se je ob potresu sprožil velik hribinski podor. Nastal je na območju, kjer je bila hribina močno razpokana. Razpoklinski sistemi so bili zaradi fizikalnega preperevanja, npr. vpliva zmrzali, še dodatno poudarjeni in strižna trdnost ob razpokah



zmanjšana. Ob tresljajih potresnih sunkov je nastal zdrs ob spodnji strmo nagnjeni ploskvi plastnatosti skladov apnenca in nepravilni navpični odlomi ob različnih razpoklinskih sistemih. Odlomljen material je zdrsnil najprej po prvi odlomni ploskvi plastnatosti čez previs na drugo, od zelo starih podorov in snega zglajeno ploskev skladnatih apnencev. Na desni strani se je odbijal od navpičnih sten, tako da je bil pas padajočega skalovja zelo ozek. Čez zadnji previs se je že močno zdrobljen material zrušil na melišče. Gladke strmo nagnjene ploskve plastovitosti in vmesni previsi, zaradi snežnih plazov očiščeni vseh ovir, hitrosti padajoče gmote niso nič zmanjšali, zato je njena hitrost ob drsenju in padanju z nadmorske višine več kot 2000 m, kjer je nastal podor, do doline, dosegla izredno hitrost. Ob končnem udarcu na melišče je nastal strašen hrup. Skale in kamni so se razbili v manjše drobce in dvignil se je rumen oblak, ki je zatemnil celo dolino Lepene. Temu se je pridružil zračni udar, podoben zračnim udarom, ki nastanejo ob eksplozijah. Močan veter zračnega udara, ki je divjal verjetno s hitrostjo več kot 300 km na uro, je prevrnil vse smreke neposredno pod meliščem in nato v dveh krakih udaril prek smrekovega gozda. Prvi ozek, okoli 15 metrov širok piš je zavel skozi visok smrekov gozd in smrekam odlomil gornji del krošnje ali pa jih je prevrnil. Nastala je ozka, neprehodna »poseka« podrtih dreves, vseh zvrnjenih v isto smer (sliki 13 in 14), ki je pričala o izredni moči vetra. Drugi krak piša je sledil strugi potoka, ki izvira pod meliščem, podiral smreke ob levem bregu in udaril na travnik ob kmetiji. Tu je mogočni sunek vetra potisnil celotno streho lope ob tla (sliki 15 in 16).



Sliki 13 in 14. Številne podore z Lemeža je spremljal močan zračni udar, ki je prevrnil (13) ali podrl (14) vsa drevesa v pasu, širokem okoli 15 metrov in dolgem 500 metrov. (foto: R. Vidrih)
Figures 13 and 14. Many rockfalls from Lemež were accompanied by heavy air shocks, turning over (13) or falling (14) trees in a strip of about 15 metres in width and 500 metres in length. (photo: R. Vidrih)



Sliki 15 in 16. Piš je dosegel tudi nekatere zgradbe. Na slikah vidimo, kako je potresni sunek dvignil lopo, ki jo je poznejši piš dobesedno premaknil za več metrov. (foto: R. Vidrih)
Figures 15 and 16. Air shocks also reached some buildings. The figures show how the earthquake shock raised a shed, which was later swept several metres away by a subsequent air shock. (photo: R. Vidrih)

Še nekaj zanimivosti

Skale, ki so se kotalile v doline, so ponekod dosegle velikanske razsežnosti. Večinoma so se razbile ob padanju po strmih pečinah, nekatere pa so ostale cele in ponekod dosegle celo do 200 in več kubičnih metrov velikosti. Primer izpod Malega Lipnika, imenovanega tudi Srednja špica (1819 m), kjer se je ogromna skala prikotalila v krnico Dolič, kaže slika 17. Še nekaj tednov po potresu so potoki in reke tekli umazani. Domačini so govorili, da je Tolminka tekla rdeča, kakšne barve je bila Lepenščica, pa vidimo na sliki 18. Med zanimivosti lahko uvrstimo tudi posnetek (slika 19) »snežno kamnita goba«, ki je nastal kmalu po potresu na planini Zagreben nad Lepeno. Na višini 1550 metrov pod jugovzhodno steno kote 1776 je pod delom odlomljene skale ostal sneg in ustvaril zanimivo obliko gobe.



Slika 17. Velikanski skalnati bloki grozeče prekrivajo sprehajalne in planinske poti, ponekod pa so poškodovali tudi cestišča (dolina Lepene, cesta čez Vršič ...). Skala na sliki, velika več kot 200 m³, se je prikotalila z Malega Lipnika v krnico Dolič. (foto: T. Ovčak)

Figure 17. Huge boulders ominously cover walking and mountain paths, in some places damaging roads (the Lepena valley, the road over the Vršič pass, etc.). The boulder in the picture, exceeding 200m³ in size, rolled down from Mali Lipnik to the Dolič basin. (photo: T. Ovčak)



Slika 18. Večina vodotokov je v prvih dneh po potresu tekla popolnoma umazana. Pri nekaterih se je spreminjal celo vodostaj. Na posnetku je struga Lepenščice. (foto: R. Vidrih)
Figure 18. In the first few days after the earthquake, most of the water flows were muddy. In some, even the water levels changed. The picture shows the bed of the Lepenščica. (photo: R. Vidrih)



Slika 19. Na območju planine Zagreben nad Lepeno je nastal zanimiv pojav. Pod delom odlomljene skale, ki se je prikotalila na snežišče, je ob taljenju snega nastala »snežno kamnita goba«. (foto: T. Ovčak)

Figure 19. An interesting phenomena occurred in the area of the Zagreben plain above Lepena. Under part of a broken-off rock, which had rolled onto a snowfield, a "snow-stone mushroom" was formed as the snow melted. (photo: T. Ovčak)



Slika 20. Ob potresu so tla dobesedno vzvalovila in dvignila zemljo v gredicah. Posnetek je bil narejen dan po potresu v vasi Magozd nad Kobaridom. (foto: R. Vidrih)

Figure 20. During the earthquake, the ground began to undulate and raised the earth in the form of beds. This picture was taken one day after the earthquake in the village of Magozd above Kobarid. (photo: R. Vidrih)

Zanimiv pojav pa smo lahko opazovali na gredicah v vasi Magozd nad Kobaridom. Ob potresu se je zrahljana zemlja dvignila, pravzaprav je vzvalovila s približno valovno dolžino 1,8 m (slika 20).

Vsi smo gledali in se čudili velikanskim podorom, ki so nastajali na Krnu, ob Tolminki, na Krnčici, Lipniku itd., hkrati pa smo zanemarili manj vidne, vendar nič manj pomembne poškodbe v naravi. Podori so nastali v nestabilnih pobočjih in bi se zgodili prej ali slej – potres jih je le pospešil. Poškodbe, ki so značilne za višjo intenziteto potresov, pa so premaknjene ali celo prevrnjene skale na položnih pobočjih, ponekod pa so se skale celo razklale (slika 21). Tovrstne poškodbe bi bilo treba statistično obdelati in s tem dopolniti ali celo spremeniti tisti del evropske potresne lestvice, ki opisuje poškodbe v naravi.



Slika 21. V Krnskem gorovju so se številne skale premaknile, prevrnile ali celo razklale. (foto: R. Vidrih)
Figure 21. In the Krn mountain range, many rocks were moved, turned over or even split. (photo: R. Vidrih)

Pregledna karta seizmične mikrorajonizacije Posočja

Ob koncu smo na podlagi geoloških in seizmoloških podatkov pripravili novo karto potresne mikrorajonizacije, ki pa jo objavljamo v članku o inženirsko-geološki zgradbi Posočja.

Sklep

Po geološkem ogledu terena smo geologi ugotovili dvoje: kolikšna je moč narave in kakšen je človekov odnos do nje. Po eni strani smo gledali grozljive posnetke popolnega opustošenja in sprememb, ki v človeku vzbujajo strah in spošto-

vanje do naravnih sil, po drugi pa smo se »veselili« teh pojavov, saj jih geolog doživi mogoče le enkrat ali nikoli v svojem življenju. Ob tej grozljivi moči narave pa seveda vedno znova ugotavlja, da je treba živeti z naravo v sožitju. Večina ljudi, ki so bili sami ogroženi, na poškodbe v naravi sploh ni reagirala. Človek vedno vidi le sebe in če sam ni ogrožen, ga stvari, ki se dogajajo okoli njega, ne zanimajo preveč, pa četudi je to narava, od katere je odvisno celotno človeštvo. Tokratni potres je ponekod naravo tako spremenil, da bodo potrebni celo popravki na geografskih kartah.

Literatura

1. Hoek, E. 1997. Rock slope engineering. E & FN Spon, 254 p, London.
2. Ribarič, V., 1980. Potresi v Furlaniji in Posočju leta 1976. Kratka seizmološka zgodovina in seizmičnost obrobja Vzhodnih Alp. Potresni zbornik, 17–81, Tolmin.
3. Ribarič, V., 1987. Seizmološka karta za povratno periodo 500 let. Zajednica za seizmologiju SFRJ, Beograd.
4. Ribičič, M. & Šinigoj, J. 1996. Karte ogroženosti in tveganja zaradi plazov na območju Slovenije. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1995-1996, Zbornik referatov simpozija, 115–124, 8. pril., Ljubljana.
5. Ribičič, M., Vidrih, R., 1998. Poškodbe v naravi ob letošnjem potresu v Posočju. Življenje in tehnika 49, september 1998, Ljubljana, 48–56.
6. Ribičič, M., Vidrih, R., 1988. 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.
7. Ribičič, M. & Vidrih, R. 1998. Vpliv potresov na nastanek podorov in plazov. Ujma 12, Uprava RS za zaščito in reševanje Ministrstva za obrambo, Ljubljana.
8. Vidrih, R. et al., 1991. Potresna ogroženost Slovenije. Občine: Brežice, Idrija, Krško, ljubljanske občine, Tolmin. Seizmološki zavod SR Slovenije in Republiški štáb za civilno zaščito, Ljubljana, 214 str., 5 prilog.
9. 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.
10. Vidrih, R., Godec, M., 1998. Potres v Posočju 12. aprila 1998. Življenje in tehnika XLIX, junij 1998, Ljubljana, 59–68.
11. 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 1998, Ljubljana.
12. 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. junija 1998, Ljubljana.
13. Vidrih, R., 1998. Primorska je potresno zelo ogroženo območje – feljton (1–9), Primorske novice, 17. julij–4. avgust 1998.