



Potresi v letu 2014

Earthquakes in 2014



AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

SLOVENIAN ENVIRONMENT AGENCY

POTRESI V LETU 2014
EARTHQUAKES IN 2014

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE
URAD ZA SEIZMOLOGIJO IN GEOLOGIJO

SLOVENIAN ENVIRONMENT AGENCY
SEISMOLOGY AND GEOLOGY OFFICE

Ljubljana 2016

POTRESI V LETU 2014 EARTHQUAKES IN 2014

IZDAJATELJ IN ZALOŽNIK / PUBLISHED BY

Ministrstvo za okolje in prostor / Ministry of the Environment and Spatial Planning

Agencija RS za okolje (ARSO) / Slovenian Environment Agency

Urad za seizmologijo in geologijo / Seismology and Geology Office

GENERALNI DIREKTOR AGENCIJE / DIRECTOR GENERAL OF AGENCY

Joško Knez

UREDNIK / EDITOR

dr. Andrej Gosar

GRAFIČNA PRIPRAVA / TYPESETTING

Peter Sinčič

UREDNIŠKI SVET / EDITORIAL BOARD

dr. Andrej Gosar

Ina Cencič

dr. Martina Čarman

Matjaž Godec

mag. Tamara Jesenko

Peter Sinčič

dr. Barbara Šket Motnikar

mag. Izidor Tasič

Polona Zupančič

mag. Mladen Živčič

Mednarodna standardna serijska številka:

ISSN 1318 - 4792

Naslovnica:

Kolaž ilustracij iz objavljenih člankov.

Cover Page:

Collage of images from articles published.

KAZALO / CONTENTS

Peter Sinčič, Izidor Tasič, Mladen Živčič

Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2014

Seismic Network in Slovenia in 2014.....7

Tamara Jesenko, Barbara Šket Motnikar, Ina Cecić, Matjaž Godec, Tatjana Prosen, Mladen Živčič

Potresi v Sloveniji leta 2014

Earthquakes in Slovenia in 2014.....15

Izidor Tasič, Marko Mali, Luka Pančur, Peter Sinčič, Igor Pfundner, Bojan Uran, Jože Prosen

Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2014

Operation of Seismic Network of Slovenia in 2014.....34

Jurij Pahor

Učinkovitost pridobivanja podatkov iz državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2014

Seismic Data Acquisition Efficiency for Seismic Network of the Republic of Slovenia in 2014.....42

Marko Mali

Nadzorni sistem za kontrolo temperature in nivoja vode - rezultati delovanja v letu 2014

Water Level and Temperature Stability Control System - Working Results in 201446

Izidor Tasič, Marko Mali, Igor Pfundner, Luka Pančur

Zajemalna enota Quanterra Q330HRS - preliminarni test šestih enot

Acquisition Unit Quanterra Q330HRS - Preliminary test of six units50

Martina Čarman, Mladen Živčič, Milka Ložar Stopar

Potresni niz v Suhi Krajini v letih 2013 in 2014

Earthquakes in the Suha Krajina region in years 2013 and 201455

Barbara Šket Motnikar, Matjaž Godec, Polona Zupančič

Učinki potresov v Suhi Krajini leta 2013 in 2014

Effects of the Earthquakes in Suha Krajina in 2013 and 201464

Mladen Živčič, Martina Čarman, Milka Ložar Stopar

Potres 22. aprila 2014 pri Pivki in popotresi

Earthquake on April 22, 2014 Near Pivka and Aftershocks76

Barbara Šket Motnikar, Polona Zupančič, Matjaž Godec

Učinki potresa 22. aprila 2014 pri Pivki

Effects of the earthquake on 22 April 2014 near Pivka85

Milka Ložar Stopar, Mladen Živčič

Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letu 2014

Fault Plane Solutions of Selected Earthquakes in Slovenia in 2014.....93

Ina Cecić

Potres 16. julija 1918 v okolici Litije

The 16 July 1918 Earthquake Near Litija, Slovenia98

Tamara Jesenko

Najmočnejši potresi po svetu leta 2014

World's Largest Earthquakes in 2014.....111

Peter Sinčič, Izidor Tasič, Mladen Živčić

POTRESNE OPAZOVALNICE V SLOVENIJI V LETU 2014 SEISMIC NETWORK IN SLOVENIA IN 2014

Povzetek

V letu 2014 je na območju Slovenije delovalo 26 potresnih opazovalnic državne mreže ter 4 dopolnilne opazovalnice z neprekinjenim prenosom podatkov v središče za obdelavo podatkov v Ljubljani, 6 začasnih opazovalnic z neprekinjenim beleženjem podatkov na lokalni spominski medij ter 14 opazovalnic, opremljenih z akcelerografi, za opazovanje seizmičnosti na urbanih območjih. Na 13 opazovalnicah akcelerografi beležijo in prenašajo v središče za obdelavo podatkov v Ljubljani samo zapise seizmičnih dogodkov, pri katerih pospeški presežejo prag proženja, z opazovalnice v Ilirski Bistrici pa poteka neprekinjen prenos podatkov v središče. Na opazovalnicah na Vojskem (VOJS) in na observatoriju na Golovcu v Ljubljani (LJU) delujeta še analogna seizmografa z zapisom s črnilom na papir. Večje posodobitve opreme smo izvedli na treh opazovalnicah.

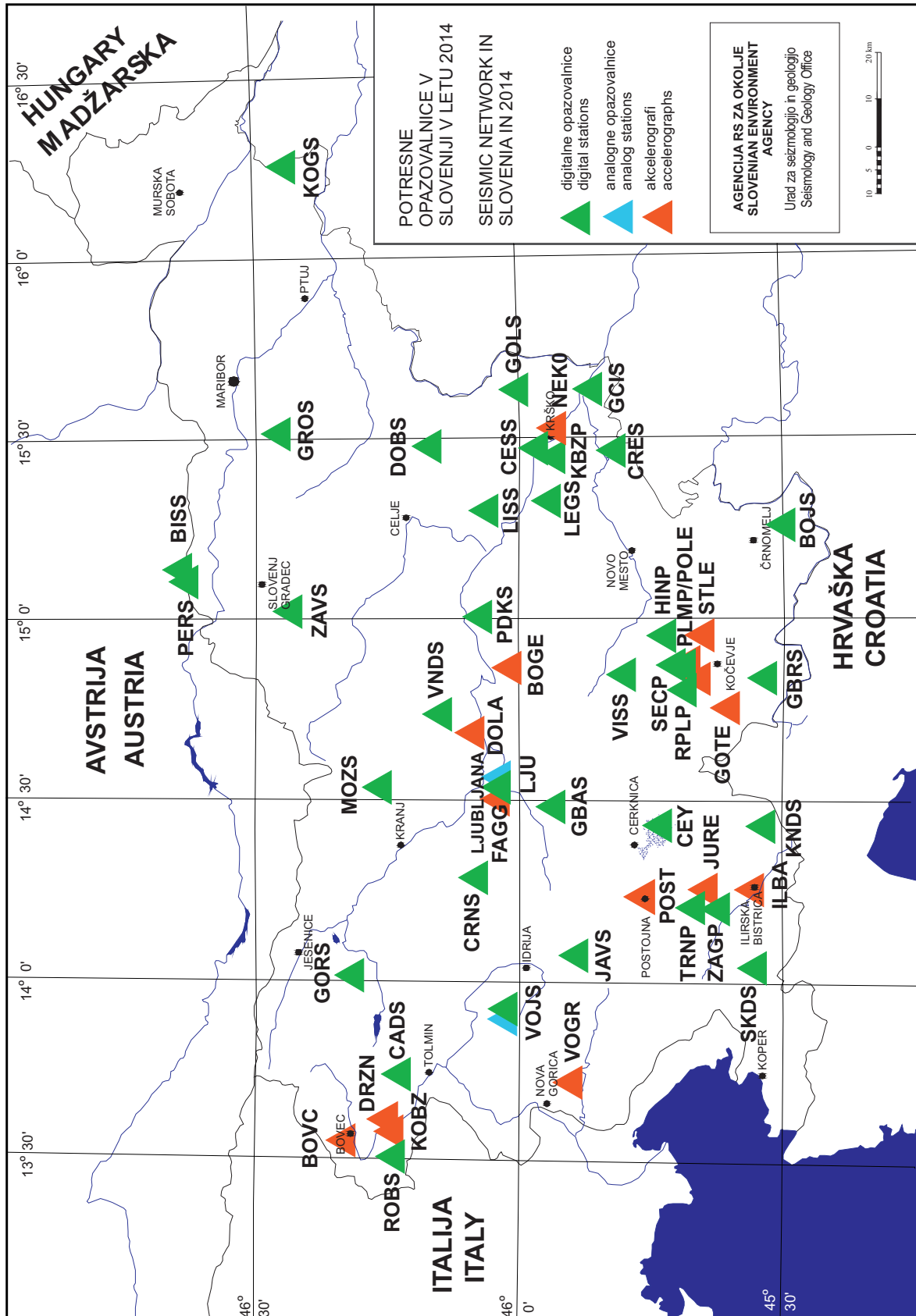
Abstract

In the year 2014 there were 26 seismic stations of the seismic network of the Republic of Slovenia and four complementary stations (all with real-time continuous data transmission to the data centre in Ljubljana), 6 stations with continuous recording on local media, and 14 stations equipped with accelerographs to monitor seismicity in urban areas. The accelerographs record and transmit only triggered events to the data centre in Ljubljana, with the exception of instrument in Ilirska Bistrica with real-time continuous data transmission to the data centre. Analogue seismographs at Vojsko (VOJS) and Ljubljana (LJU) seismic stations are still operating. The equipment at three seismic stations was upgraded.

Potresne opazovalnice v Sloveniji

V letu 2014 je v Sloveniji delovalo 36 digitalnih potresnih opazovalnic in sicer 26 opazovalnic v sklopu Državne mreže, 4 dopolnilne in 6 začasnih opazovalnic (preglednica 1, slika 1). V preglednici je pri imenu opazovalnice zapisana letnica začetka delovanja, v zadnjem stolpcu pa je vpisan čas delovanja posameznega inštrumenta. Potresne opazovalnice, ki delujejo v sklopu Državne mreže potresnih opazovalnic, so bile zgrajene izključno za opazovanje potresov (BOJS, CEY, CADS, CRES, CRNS, DOBS, GBAS, GBRS, GCIS, GOLS, GORS, GROS, JAVS, KNDS, KOGS, LEGS, LJU, MOZS, PERS, PDKS, ROBS, SKDS, VISS, VOJS, VNDS, ZALS). Štiri dopolnilne potresne opazovalnice (BISS, KBZP, CESS in LISS) so namenjene natančnejšemu opazovanju seizmičnosti na manjšem interesnem območju in imajo »manj občutljivo« seizmološko opremo v smislu zaznavanja izredno šibkih nihanj tal (Sinčič in drugi, 2014). Začasne potresne opazovalnice SECP, PLMP, RPLP, TRNP, HINP in ZAGP smo postavili po večjih potresih v Suhi Krajini in na območju Pivke za beleženje popotresne aktivnosti z zapisom seizmičnih podatkov samo na lokalni spominski medij, vse druge pa so prenašale podatke v središče za obdelavo podatkov (SOP) v Ljubljani v realnem času.

V letu 2014 smo posodobili opremo na več potresnih opazovalnicah. Na potresnih opazovalnicah BOJS, CADS, CRES, GBRS, GROS, LEGS, PERS in VISS smo namestili sistem za nadzor nivoja vode (slika 2) v obeh jaških in za merjenje temperature v izolacijskem ohišju seizmometra (Mali in Tasič, 2014). Na opazovalnici BOJS prenos podatkov ne poteka več po analogni liniji, temveč po optičnem kablju, na CRES pa je bil zamenjan usmerjevalnik. Na opazovalnici CEY smo posodobili akumulatorsko napajanje z novo razdelilno enoto in izvedli dodatno termično izolacijo seizmometra s stiropornimi kroglicami. Staro zajemalno enoto RD3 1639 in računalnik z OS/2 operacijskim sistemom smo zamenjali z novo tipa Centaur s seizmometrom CMG-40T in akcelerometrom FBA-23. Napajalni sistem smo posodobili tudi na opazovalnici GBRS. Na opazovalnici LEGS smo obnovili cev, v kateri



Slika 1: Potresne opazovalnice in akcelerografi Urada za seizmologijo in geologijo leta 2014.

Figure 1: Seismic network and accelerographs operated by Seismology and Geology Office in 2014.

Preglednica 1: Digitalne potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2014

* - če opazovalnica konec leta še deluje, je vpisan samo datum začetka delovanja

Table 1: Digital seismic stations in Slovenia in 2014.

* - if the station is still operating at the end of the year, only a start time of operation is given

opaz. station	ozn. code	zem. šir.	zem. dol.	n. viš. elev. [m]	geološka podlaga local geology	seizmometer seismometer	zajemalna naprava acquisition unit	začetek delovanja start time
		latitude °N	longitude °E					
Bojanci 1986	BOJS	45,5043	15,2518	252	kredni apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. STS-2 akcelerometer/accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	Q 730	17. 2. 2004
Bistriški jarek 1990	BISS	46,6479	15,1270	490	metamorfne kamnine metamorphic rocks	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC akcelerometer/accelerometer 3-komp./comp. CMG-T5	CMG-EAM	21. 9. 2012
Brezje pri Senušah 1990	KBZP	45,9405	15,4390	208	glina clay	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG 40T	HRD24	2. 9. 2011
Cerknica (Goričice) 1975	CEY	45,7381	14,4221	579	apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T	RD3-1639	14. 1. 1997 14. 5. 2014
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T	Centaur	14. 5. 2014
						akcelerometer/accelerometer 3-komp./comp. FBA-23		
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	18. 12. 2007
Cesta 1996	CESS	45,9733	15,4632	372	dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T	HRD24-2432	4. 9. 1997
Čadrg 2003	CADS	46,228	13,7368	700	kredni apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	10. 3. 2011
Črešnjevce 2002	CRES	45,826	15,4569	430	dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. STS-2	Q730	7. 10. 2008 13. 10. 2014
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T		28. 10. 2014
Črni Vrh 2005	CRNS	46,0807	14,2614	712	sp.triasni sivi dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	23. 9. 2010
Dobrina 1996	DOBS	46,1494	15,4694	427	spodnjetriasni laporji marl	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	13. 12. 2013 17. 9. 2014
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T		25. 9. 2014 11. 12. 2014
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC		11. 12. 2014
Gorenja Brezovica 2008	GBAS	45,9348	14,4434	538	zgornjetriasni dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q730	3. 7. 2013 2. 4. 2014
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC		2. 4. 2014
Gornja Briga 2007	GBRS	45,5311	14,8101	610	zgornjetriasni dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T	Q730	13. 4. 2007
Gornji Cirknik 2003	GCIS	45,8672	15,6275	390	dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	28. 7. 2010
Goliše 2002	GOLS	46,0107	15,6245	559	masiven dolomit massive dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T BH	Q 730	26. 2. 2002
Gorjuše 2004	GORS	46,3174	13,9999	1048	ploščasti apnenec z roženci platy limestone with chert	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3T akcelerometer/accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	Q 730	7. 4. 2011
Grobnik 2002	GROS	46,4610	15,5017	930	tonalit tonalite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	13. 8. 2012
Hinje 2014	HINP	45,7683	14,8847	501	apnenec limestone	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. Le-3D/5s akcel./ accelerometer 3-komp./ comp. EpiSensor	PR6-24	19.02.-22.04. 2014

opaz. station	ozn. code	zem. šir.	zem. dol.	n. viš. elev. [m]	geološka podlaga local geology	seizmometer seismometer	zajemalna naprava acquisition unit	začetek delovanja start time
		latitude °N	longitude °E					
Javornik 2003	JAVS	45,8934	14,0643	1100	zgornje triasni dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp CMG 3T	2014	25. 9. 2013
Knežji dol 2003	KNDS	45,5279	14,3806	1024	zgornje jurski apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. STS-2	Q 730	13. 7. 2011 15. 1. 2014
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC		15. 1. 2014 22. 1. 2014
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. STS-2		22. 1. 2014
Kog 2004	KOGS	46,4481	16,2503	245	glina clay	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG 3T akcelerometer/accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	Q 730	13. 7. 2012
Legarje 2002	LEGS	45,9488	15,3177	390	sivi dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40TBH	Q 730	2. 9. 2002
						akcelerometer/accelerometer 3-komp./comp. FBA-23	Centaur	18. 6. 2014
Lisca 2002	LISS	46,0673	15,2906	948	masiven dolomit massive dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T	EDR-209	30. 7. 2013
Ljubljana 1958	LJU	46,0438	14,5278	396	karbonski peščenjaki sandstone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T	RD3 1639	22. 5. 1996
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. STS-2 akcelerometer/accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	Q 730	20. 12. 2005
Možjanca 2005	MOZS	46,2941	14,4433	660	ploščasti apnenec platy limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3T	Q 730	17. 6. 2013
Pernice 2002	PERS	46,636	15,1167	795	blestnik schist	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	21. 6. 2011
Pivka - Trnje 2014	TRNP	45,6869	14,2242	534	apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. Le-3D/5s akcel./accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	PR6-24	22. 4.-29. 5. 2014
Podkum 2002	PDKS	46,0612	14,9977	679	dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40TBH	Q 730	11. 11. 2002
						širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG 3ESPC	Taurus	9. 10. 2013 4. 8. 2014
						akcelerometer/accelerometer 3-komp./comp. FBA-23		30. 9. 2014
Polom 2014	PLMP	45,7393	14,8558	106	apnenec limestone	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. Le-3D/5s akcel./ accelerometer 3-komp./ comp. EpiSensor	PR6-24	9. 4.-11. 6. 2014
Rapljevo 2014	RPLP	45,7595	14,7984	432	apnenec limestone	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG 40T	PR6-24	5. 3.-22. 4. 2014
Robič 2002	ROBS	46,2445	13,5094	257	apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	10. 8. 2011
Seč 2013	SECP	45.7502	14.8519	376	apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. Le-3D/5s akcel./accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	PR6-24	20. 6. 2013 9. 4. 2014
Skadanščina 2006	SKDS	45,5464	14,0143	552	ploščati apneneci platy limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. STS-2 akcel./accelerometer 3-komp./comp. EpiSensor	Q730	12. 4. 2006
Višnje 2003	VISS	45,8033	14,8393	399	siv apnenec limestone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3T	Q 730	17. 4. 2013
Vojsko 2004	VOJS	46,0322	13,8877	1072	zgornjetriasni dolomit dolomite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPC	Q 730	15. 10. 2008
Vrh pri Dolskem 2006	VNDS	46,1016	14,7014	531	kremenov peščenjak quartz sandstone	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-3ESPBH	Q 730	18. 8. 2009
Zagorje 2014	ZAGP	45,6411	14,2250	565	apnenec limestone	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG 40T	PR6-24	22. 4.-19. 5. 2014
Zavodnje 2005	ZAVS	46,4342	15,0246	749	granodiorit granodiorite	širokopasovni/broadband 3 komp./comp. CMG-40T	Q 730	11. 8. 2008



Slika 2: Sonda nadzornega sistema za kontrolo nivoja meteorne vode, ki lahko vdre v jašek ob večjem deževju. Sonde smo namestili v jaških na potresnih opazovalnicah BOJS, CADS, CRES, GBRs, GROS, LEGS, PERS in VISS. (foto: I. Tasič).

Figure 2: The probe of the control system for controlling the level of rain water that may penetrate into the shaft with heavy rain. The probes are installed in shafts on seismic stations BOJS, CADS, CRES, GBRs, GROS, LEGS, PERS and VISS (Photo: I. Tasič).

potekajo kabli med obema jaškoma, in cev z antenskim kablom in GPS anteno. Dodatno smo namestili zajemalni sistem Centaur z lastno GPS anteno. Na opazovalnici PDKS smo na sistem Taurus vključili akcelerator FBA-23, zaradi okvare pa smo odklopili seizmometer CMG-3 ESPC. Na več opazovalnicah smo zaradi okvar zamenjali seizmometer in akcelerator. Kdaj je prišlo do vključitve novega instrumenta vidimo v zadnjem stolpcu preglednice 1.

Po močnejšem potresu meseca marca v Suhi Krajini smo postavili začasne akcelero grafe in seizmografe v Polomu, Rapljah in Starem Logu. Že prej sta bila na tem območju prenosna instrumenta postavljena v Seču in Hinjah. Po največjem potresu v letu 2014, ki je imel magnitudo 4,3, smo v bližini Pivke postavili začasne seizmografe in akcelero grafe v Jurščah, Trnju in Zagorju (preglednici 1 in 3).

Urad za seizmologijo in geologijo uporablja na dveh potresnih opazovalnicah še analogne seizmografe za beleženje potresov: na observatoriju na Golovcu v Ljubljani (LJU) in na Vojskem (VOY) (preglednica 2). Analogni seizmograf sestavljajo seizmometer, seizmografski ojačevalnik z ustreznimi filtri in pisar, ki seizmični signal s črnilom zapisuje na papir (Trnkoczy in Vidrih, 1986). Slabost analognih seizmografov je njihovo majhno dinamično območje (40 – 45 dB), kar onemogoča analizo šibkih

Preglednica 2: Analogni potresni opazovalnici v Sloveniji (slika 1).

Table 2: Analogue seismic stations in Slovenia (Figure 1).

opaz. station	ozn. code	zem. šir.	zem. dolž.	n. viš. elev. [m]	geološka podlaga local geology	seizmometer seismometer	pisač recorder	začetek/konec delovanja start/stop time
		latitude °N	longitude °E					
Ljubljana 1958	LJU	46,0438	14,5277	396	karbonski peščenjak sandstone	kratkoperiodni shortperiod Willmore MkII 3 komp./comp.	ojačevalnik SO-01 pisač/ recorder Günter-Volk (črnilo/ ink)	1. 1. 1974 še deluje/ operating
Vojsko 1984	VOJS	46,0316	13,8882	1073	zgorjnjetriasni dolomit dolomite	kratkoperiodni shortperiod Willmore MkII 3 komp./comp.	ojačevalnik SO-03 pisač/ recorder VR-2 (črnilo/ ink)	januar 1991 še deluje/ operating

potresov. Močnejši potresi pa lahko inštrument prekrmlijo. Druga, še večja pomanjkljivost analognih seizmografov je, da ne omogočajo digitalne obdelave seizmičnih podatkov.

V letu 2014 smo imeli na območju Slovenije nameščene tudi akcelerometre. Na potresnih opazovalnicah državne mreže in dopolnilnih opazovalnicah je bilo vključenih skupaj s seizmometri devet akcelerometrov (BISS, BOJS, CEY, GORS, KOGS, LEGS, LJU, PDKS in SKDS). Na začasnih opazovalnicah so bili postavljeni štirje akcelerometri skupaj s seizmometri (HINP, TRNP, PLMP in SECP) (preglednica 1). Stalno nameščenih imamo tudi deset samostojnih pospeškometrov - akceleroagrafov (BOGE, BOVC, DOLA, DRZN, GOTE, ILBA, KOBR, NEK0, LJU-FGG in VOGR; preglednica 3). Prenos podatkov z opazovalnice ILBA poteka neprekinjeno po računalniškem omrežju državnih organov, z ostalih opazovalnic pa preko klicne povezave (linija ali GSM) ob močnejšem dogodku. Ti instrumenti delujejo v prožilnem načinu in beležijo le dogodke, ki imajo pospeške tal večje od nastavljenega praga (delujejo na prožilni način). Postavljeni so bili tudi štirje začasni akceleroagrafi (JURE, POST, POLE in STLE; preglednica 3). Podatki o času delovanja posameznih opazovalnic, njihovih oznakah, lokacijah in serijskih številkah so prikazani v preglednici 3.

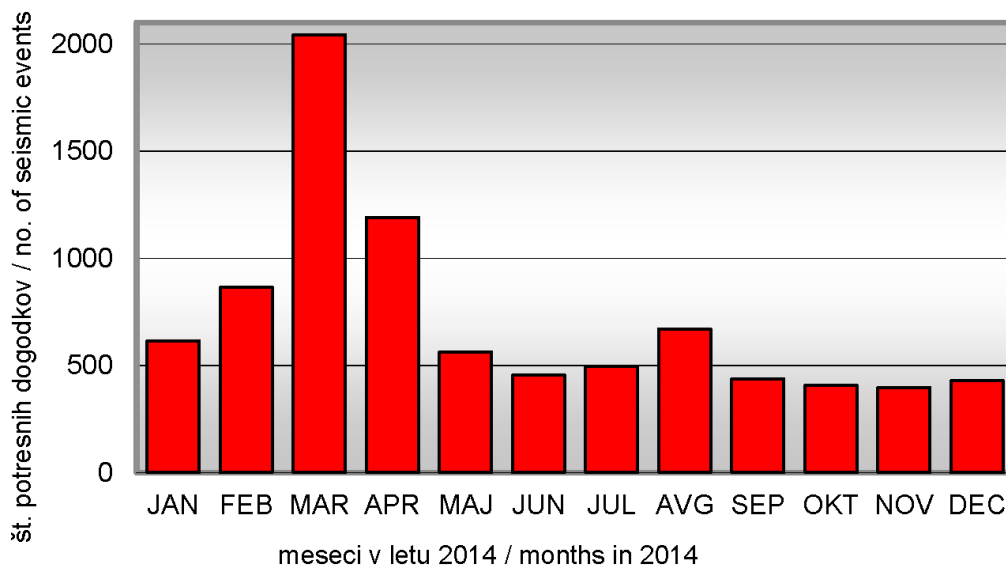
Število zabeleženih potresnih dogodkov

Slovenske potresne opazovalnice so v letu 2014 zabeležile 8561 potresov, od tega 5403 lokalnih potresov, 394 regionalnih in 763 oddaljenih (ARSO, 2014). Seizmografi so zapisali tudi 2000 ume-tnih potresov (preglednica 4, sliki 3 in 4). Potresni dogodek je naravni ali umetni potres.

Preglednica 3: Podatki o samostojnih opazovalnicah za beleženje močnih potresov, ki so v Sloveniji delovale v letu 2014.

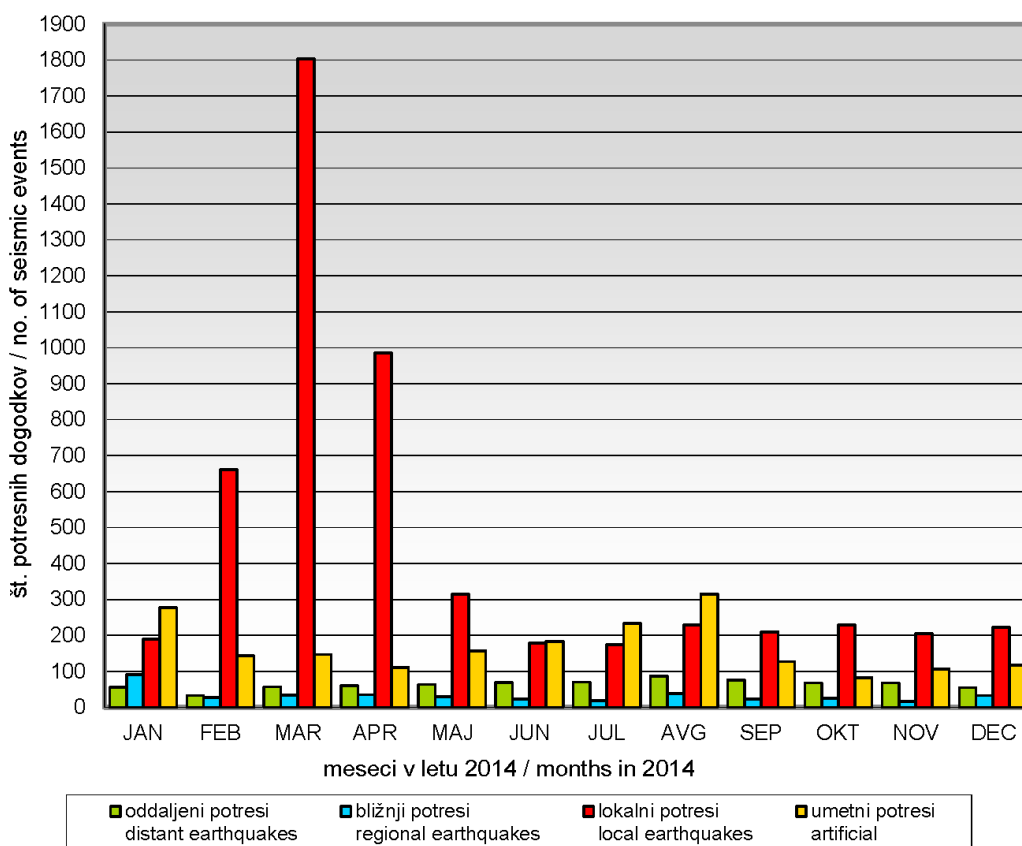
Table 3: Freestanding strong motion seismic stations operating in Slovenia in 2014.

opaz. station	ozn. code	zem. šir. latitude	zem. dol. longitude	n. viš. elev. [m]	senzor sensor type	zajemalna naprava acquisition unit	ser. številka serial number	merilni obseg full scale range	čas delovanja operational time
		°N	°E						
Bogenšperk	BOGE	46,0237	14,8572	422	FBA-23	Etna	1245	1 g	vse leto
Bovec	BOVC	46,3382	13,5543	455	FBA-23	Etna	1476	4 g	vse leto
Dolsko	DOLA	46,0938	14,6781	265	FBA-23	Etna	810	1 g	vse leto
Drežnica	DRZN	46,2586	13,6126	544	EpiSensor	Etna	2134	2 g	vse leto
Gotenica	GOTE	45,6095	14,7464	670	FBA-23	Etna	1246	1 g	vse leto
Ilirska Bistrica	ILBA	45,5638	14,2445	404	FBA-23	EDR 209	6142	0,25 g	vse leto
Juršče	JURE	45,6646	14,2939	705	EpiSensor	Etna	6596	2 g	22. 04. do 29. 05.
Kobarid	KOBZ	46,2450	13,5818	240	EpiSensor	Etna	2133	2 g	od 24. 5. 2012
Krško (NEK)	NEK0	45,9391	15,5185	156	FBA-23	Etna	1334	2 g	vse leto
Lju - FGG	FAGG	46,0459	14,4944	295	FBA-23	Etna	6597	2 g	vse leto
Postojna	POST	45,7755	14,2129	553	FBA-23	Etna	811	1 g	vse leto
Polom	POLE	45,7393	13,8557	372	EpiSensor	Etna	6596	2 g	do 09. 04.
Stari Log	STLE	45,7257	14,9222	399	FBA-23	Etna	1477	4 g	14. 03. do 11. 06.
Vogršček	VOGR	45,9057	13,7258	106	EpiSensor	K2	2228	2 g	vse leto



Slika 3: Število potresnih dogodkov po mesecih v letu 2014

Figure 3: Monthly distribution of seismic events in 2014.



Slika 4: Število naravnih (oddaljenih, regionalnih in lokalnih posebej) in umetnih potresov po mesecih leta 2014

Figure 4: Monthly distribution of earthquakes (distant, regional, local) and artificial events in 2014.

Preglednica 4: Potresi v letu 2014, zabeleženi na slovenskih potresnih opazovalnicah.

Table 4: Earthquakes in 2014 recorded at Slovenian seismic stations.

mesec	oddaljeni potresi	regionalni potresi	lokalni potresi	umetni potresi	dogodki
month	distant earthquakes	regional earthquakes	local earthquakes	artificial	events
januar January	56	91	190	277	614
februar February	33	27	661	143	864
marec March	57	34	1804	147	2042
april April	60	35	985	111	1191
maj May	64	29	314	157	564
junij June	69	23	179	183	454
julij July	70	19	174	233	496
avgust August	87	38	229	315	669
september September	76	23	210	127	436
oktober October	68	26	229	83	406
november November	68	16	205	107	396
december December	55	33	223	118	429
skupaj Total	763	394	5403	2001	8561
legenda Legend	Legenda: Oddaljeni potresi / Distant earthquakes $\Delta > 10^\circ (> 1.100 \text{ km})$ Regionalni potresi / Regional earthquakes $1,5^\circ < \Delta < 10^\circ (< 1.100 \text{ km})$ Lokalni potresi / Local earthquakes $\Delta \leq 1,5^\circ (\leq 160 \text{ km})$ Δ - oddaljenost od Ljubljane v kotnih stopinjah: 1° predstavlja približno 111,1 km v smeri sever - jug in 77km v smeri vzhod- zahod				

Literatura

- Agencija Republike Slovenije za Okolje, 2014. Baza podatkov za potrese na ozemlju Slovenije leta 2014. Arhiv ARSO, Ljubljana.
- Mali, M., Tasič, I., 2014. Nadzorni sistem za kontrolo nivoja vode in stabilnosti temperature. Potresi v letu 2013 (ur. A. Gosar), ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 48-52.
- Sinčič, P., Tasič, I., Živčič, M., 2014. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2013. Potresi v letu 2012 (ur. A. Gosar), ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 9-16.
- Trnkoczy, A., Vidrih, R., 1986. Seizmološka stanica Vojsko (VOY) u SR Sloveniji. Acta seismologica Iugoslavica 12, 17-34.

**Tamara Jesenko, Barbara Šket Motnikar, Ina Cecić, Matjaž Godec,
Tatjana Prosen, Mladen Živčić**

POTRESI V SLOVENIJI LETA 2014 EARTHQUAKES IN SLOVENIA IN 2014

Povzetek

Leta 2014 je državna mreža potresnih opazovalnic zabeležila 5403 potrese v Sloveniji ali bližnji okolici, 37 jih je imelo lokalno magnitudo večjo ali enako 2,0. Prebivalci so čutili vsaj 245 potresnih sunkov, trije so povzročili manjše poškodbe. Največjo intenziteto, VI EMS-98, je imel potres, ki se je zgodil 13. marca ob 17.31 po univerzalnem koordiniranem času (UTC) oziroma ob 18.31 po srednjeevropskem času (SEČ) v Suhi krajini. Lokalna magnituda potresa je bila 3,7. Potres z največjo magnitudo se je zgodil 22. aprila ob 8.58 po UTC oziroma ob 10.58 po srednjeevropskem poletnem času (SEPČ) z nadžariščem v bližini Pivke. Njegova lokalna magnituda je bila 4,3, največji učinki pa so bili ocenjeni z intenziteto V–VI EMS-98.

Abstract

In 2014 the Seismic Network of the Republic of Slovenia (SNRS) has recorded 5403 local earthquakes, 37 of which had a local magnitude equal or higher than 2.0. The inhabitants felt at least 245 earthquakes, 3 among them caused minor damage. The maximum intensity VI EMS-98, was observed on 13 March at 18:31 UTC (19:31 Central European Time (CET)) in Suha krajina. Local magnitude of this earthquake was 3.7. The strongest earthquake in 2014 happened on 22 April at 8:58 UTC (10:58 Central European Summer Time (CEST)) with the epicentre near Pivka. Its local magnitude was 4.3 and the maximum intensity V–VI EMS-98.

Uvod

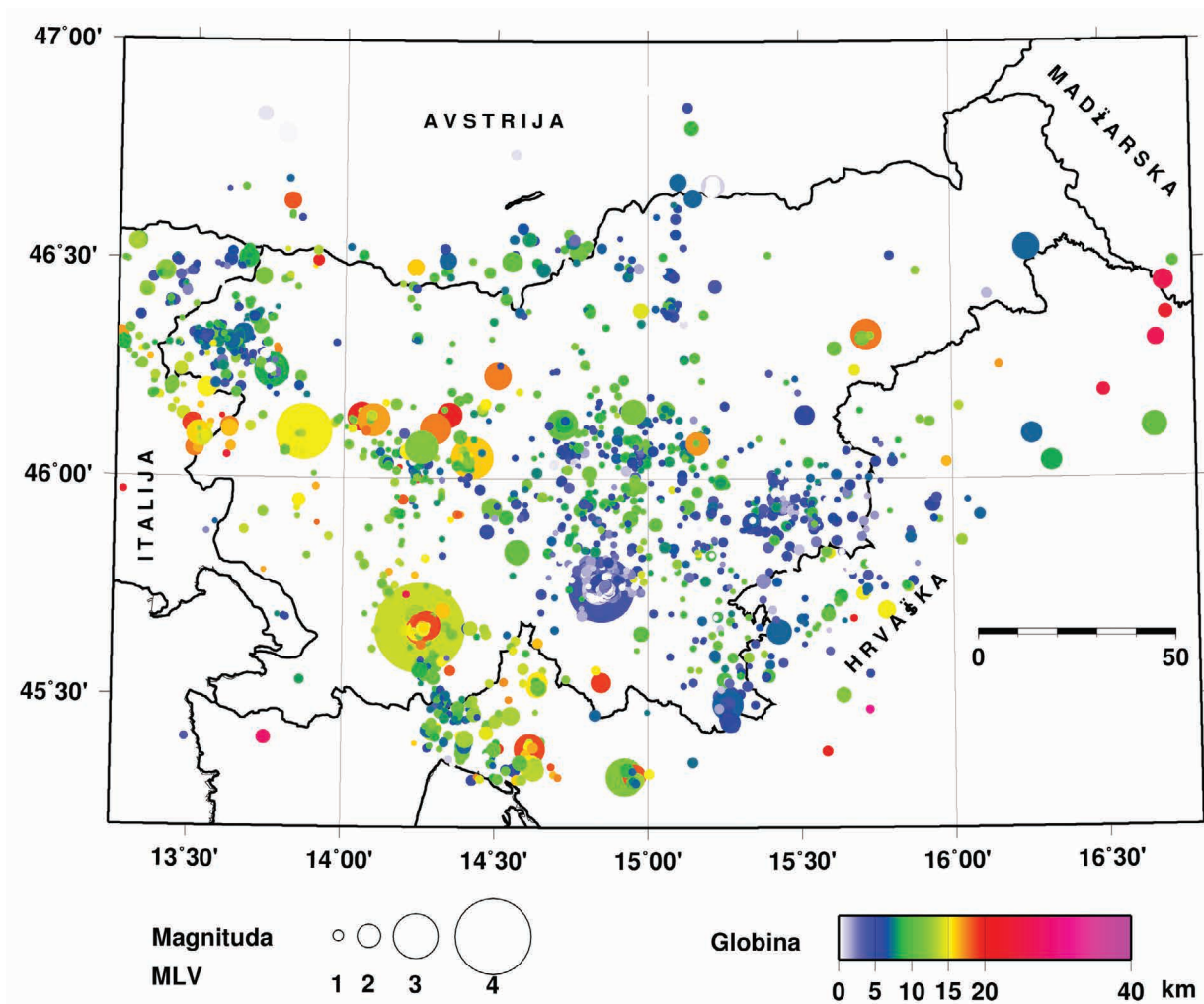
V prvem delu prispevka je predstavljena potresna dejavnost v Sloveniji leta 2014, v drugem pa so opisani nekateri močnejši potresi. Predvsem je opisano, kako so jih ljudje zaznali. Najmočnejši potres pri Pivki in potres z največjo intenziteto v Suhi krajini sta v tej številki publikacije obširneje obravnavana v samostojnih prispevkih (Živčić in sod., 2016; Živčić in sod., 2016b; Šket Motnikar in sod., 2016a; Šket Motnikar in sod., 2016b).

Potresna dejavnost v Sloveniji leta 2014

Prebivalci Slovenije so leta 2014 čutili najmanj 244 potresnih sunkov z žariščem v Sloveniji oziroma njeni bližnji okolici in enega bolj oddaljenega, z žariščem na območju Zrinske gore na Hrvaškem. Natančnega števila potresov, ki so jih prebivalci Slovenije čutili, ni bilo mogoče določiti, saj so opazovalci v svojih opisih včasih podali le opažanja, ki jih ni bilo mogoče pripisati točno določenemu dogodku, ali pa so navedli le število potresov, ki so jih čutili v nekem dnevu, ne pa tudi njihovega časa.

Januarja so prebivalci čutili potrese pri Bovcu, Brezju pri Senušah, Kobaridu, Kostanjevici na Krki, na območju Matajurja in v Suhi krajini. Februarja se je nadaljevala povečana potresna dejavnost v Suhi krajini, zatreslo pa se je tudi pri Bovcu, Črnomlju, Dolu pri Hrastniku, Ivančni Gorici, Kočevju, Mozirju, Podkumu, Semiču, Velikih Laščah ter pri hrvaških mestih Zagradec in Mrkopalj. Marca so se poleg potresov v Suhi krajini zgodili še potresi pri Babnem Polju, Golem Brdu, Vodica, Zagradcu, Grosupljem, Zidanem Mostu, Ivančni Gorici in v Furlaniji v Italiji. Potres, ki se je zgodil 13. marca ob 17.31 po UTC oziroma ob 18.31 po SEČ v Suhi krajini blizu Seča (lokalna magnituda potresa je bila 3,7), je bil potres z največjo ocenjeno intenziteto leta 2014, in sicer VI EMS-98. Kratica EMS-98 je okrajšava za zadnjo različico evropske potresne lestvice iz leta 1998

(Grünthal, 1998). Zaradi plitvega žarišča so bili njegovi učinki na površju večji kot pri najmočnejšem potresu leta 2014, ki se je zgodil 22. aprila pri Pivki, ko so ob 8.58 po UTC oziroma ob 10.58 po SEPC prebivalci večjega dela Slovenije čutili potres magnitude 4,3 z žariščem v globini 17 km. Največja ocenjena intenziteta potresa je bila V–VI EMS-98. Aprila so prebivalci čutili potrese tako v Pivki kot pri Mokronogu, Zagorju in na območju Suhe krajine. Maja so prebivalci čutili potrese pri Črnomlju, Dolenji Trebuši, Ivančni Gorici, Hrastniku, Majšperku, Novem mestu, Podsmreki in Seču. Junija so bili potresi pri Borštu, Dolenjih, Komnu, Krški vasi, Moravčah, Studoru in Tolminskih Ravnah. Julija je bil dvakrat potres pri Beli peči (Fusine in Valromana) v Italiji, pa tudi pri Igu, Trbovljah in Seču. Avgusta je bil potres pri Adlešičih, Cesti, Ljutomeru, Moravčah, Plešu, Pivki, Smrečju, Trbovljah in Svetem Lienartu (San Leonardo) v Italiji. September so zaznamovali potresi pri Blanci, Brestanici, Logatcu, Lučinah, Notranjih Goricah, Novem mestu, Trbovljah, Vinici in na območju Suhe krajine. Oktobra se je zgodil potres pri Adlešičih, Bučki, Črešnjecvu pri Semiču, Podsmreki, Radečah, Trbovljah, Vinici, v Suhi krajini ter pri Bosancih na Hrvaškem in pri Beli peči (Fusine in Valromana) v Italiji. Posamezni prebivalci Slovenije so čutili potres z območja Zrinske gore na Hrvaškem, katerega nadžarišče je bilo približno 95 kilometrov JV od Vinnice oziroma 180 kilometrov JV od Ljubljane. Novembra so se zgodili potresi pri Hinjah, Lepeni, Loki pri Žusmu, Rakeku, Osredku, Ožboltu nad Zmincem, Šoštanju, Trnovcu in pri Kasunih na



Slika 1: Nadžarišča potresov leta 2014, ki smo jim določili žariščni čas, koordinati nadžarišča in globino žarišča. Barva simbola ponazarja žariščno globino, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude MLV.

Figure 1: Distribution of epicentres in 2014 with calculated hypocentral time, epicentral coordinates and focal depth; coloured symbols of varying sizes give information on focal depth and local magnitude MLV.

Hrvaškem. V začetku decembra so prebivalci Slovenije čutili potres pri Kumrovcu na Hrvaškem, nato pa še potrese v Suhi krajini, pri Kanalu, Ožboltu nad Zmincem, Srednjem Vrhu in Lipah.

Poleg naštetih potresov, ki so jih čutili prebivalci Slovenije, so opazovalnice državne mreže skupaj leta 2014 zabeležile kar 5403 lokalne potrese. Za 4552 lokalnih potresov smo zbrali dovolj podatkov, torej podatke z vsaj treh opazovalnic, da smo lahko izračunali lokacijo žarišča, 4517 izmed njih smo lahko določili tudi magnitudo (slika 1). Na sliki predstavlja velikost kroga velikost lokalne magnitude, barva pa označuje globino potresnega žarišča. 37 potresov je imelo lokalno magnitudo večjo ali enako 2,0, od tega trije večjo ali enako 3,0. Po podatkih za obdobje 1994–2013 se v Sloveniji vsako leto v povprečju zgodi 44 potresov z magnitudo večjo ali enako 2,0 in štirje potresi z magnitudo večjo ali enako 3,0 (ARSO, 2015). Po močnejših potresih v bližini nadžarišča postavimo še dodatne,časne potresne opazovalnice, ki nam omogočijo natančnejši izračun osnovnih parametrov potresa, kot sta lokacija žarišča in globina potresa. Tako je bilo tudi letos v primeru dolgotrajnega niza potresov v Suhi krajini oziroma potresa v bližini Pivke. V Suhi krajini bi leta 2014 brez podatkov iz začasnih opazovalnic lahko izračunali lokacijo nadžarišča za le 13 % potresov (343 od 2630), saj je bila večina tako šibkih in plitvih, da jih je zaznala le najbližja opazovalnica državne mreže na Višnjah (VISS).

V preglednici 1 so osnovni podatki 123 lokalnih potresov z opredeljeno lokalno magnitudo, večjo ali enako 1,5, od katerih so jih prebivalci Slovenije čutili 71. Poleg teh je navedenih še 164 šibkejših potresov, ki so jih prebivalci Slovenije čutili in smo jim lahko izračunali lokacijo nadžarišča. Za vsak potres so navedeni datum (leto, mesec, dan), žariščni čas po UTC (ura, minuta, sekunda), koordinati nadžarišča (zemljepisna širina °N, zemljepisna dolžina °E), globina žarišča v km, povprečna vrednost lokalne magnitude (MLV) in največja intenziteta (I_{max} EMS-98), ki jo je potres imel v Sloveniji. Če podatki niso zadoščali za nedvoumno določitev intenzitete, smo potresu pripisali razpon, znotraj katerega je prava vrednost intenzitete (npr. IV–V). V stolpcu »potresno območje« je podano zemljepisno ime (naselje, vrh gore...), ki je najbližje nadžarišču (večina imen naselij je iz seznama naselij Geodetske uprave RS (RGU, 1995)).

Preglednica 1: Seznam potresov leta 2014, ki imajo lokalno magnitudo večjo ali enako 1,5 in smo jim lahko izračunali žariščni čas, koordinati nadžarišča (epicentra) ter globino žarišča. Pri zaznanih potresih je navedena še največja intenziteta. V preglednici je tudi 164 potresov s sicer manjšo lokalno magnitudo, vendar so jih prebivalci Slovenije čutili in smo jim tudi lahko določili njihove temeljne parametre.

Table 1: List of earthquakes with $MLV \geq 1.5$ in 2014 for which the hypocentral time, coordinates of the epicentre and the focal depth were calculated; the maximum intensity of felt earthquakes is also provided. Information about 164 earthquakes with lower magnitude felt by the inhabitants of Slovenia and for which we also calculated the hypocentral time, coordinates of the epicenter and the focal depth is also included.

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M_{LV}	I_{max}	potresno območje
	hh:mm:ss					°N		°E	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M_{LV}	I_{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km	S	EMS 98			
1. 1. 2014	12:29:3,2	46,20	13,55	15	43	0,4	1,8	čutili	Matajur, meja Slovenija-Italija
2. 1. 2014	2:46:53,2	45,87	15,43	5	22	0,3	1,1	čutili	Sajevce
2. 1. 2014	21:5:4,9	45,75	14,86	4	48	0,4	1,5	čutili	Seč
2. 1. 2014	22:24:18,5	46,25	13,57	7	4	0,2	0,1	zvok	Kobarid
4. 1. 2014	3:50:6,6	45,93	15,44	5	48	0,4	1,6	IV	Brezje pri Senušah
5. 1. 2014	17:35:21,3	46,34	13,58	9	9	0,3	0,8	III	Kal-Koritnica
6. 1. 2014	8:20:7,3	45,76	14,86	2	3	0,1	0,8	čutili	Seč

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M _{Lv}	I _{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		s		EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M _{Lv}	I _{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		s		EMS 98	
6. 1. 2014	13:42:10,1	45,75	14,87	3	30	0,5	1,2	čutili	Seč
12. 1. 2014	22:52:24,3	45,76	14,86	0	3	0,2	0,2	čutili	Seč
13. 1. 2014	14:59:16,0	45,75	14,86	2	8	0,2	0,8	čutili	Seč
13. 1. 2014	18:22:23,2	45,75	14,86	1	4	0,1	0,6	čutili	Seč
15. 1. 2014	10:2:12,9	46,14	14,06	20	56	0,4	2,3		Krnice pri Novakih
22. 1. 2014	3:9:43,0	45,65	15,43	7	49	0,5	2,1		Gorniki Vivodinski, Hrvaška
24. 1. 2014	19:50:35,2	45,75	14,86	1	13	0,3	1,1	čutili	Seč
25. 1. 2014	23:52:5,8	46,48	14,23	16	40	0,4	1,6		Bodental (Poden), Avstrija
29. 1. 2014	10:37:53,6	45,75	14,86	1	3	0,1	0,5	čutili	Seč
31. 1. 2014	18:27:10,8	45,76	14,87	2	13	0,2	1,0	čutili	Seč
1. 2. 2014	13:22:38,9	45,46	14,55	13	19	0,5	1,7		Platak, Hrvaška
3. 2. 2014	9:55:19,1	45,74	14,87	1	13	0,2	0,9	čutili	Polom
4. 2. 2014	20:33:49,3	46,07	15,04	7	5	0,1	0,5	čutili	Podkum
5. 2. 2014	16:17:27,7	45,76	14,87	0	3	0,1	0,7	čutili	Seč
7. 2. 2014	9:41:29,5	45,73	14,85	1	5	0,1	1,1	čutili	Vrbovec
8. 2. 2014	0:41:8,7	45,76	14,86	4	50	0,4	2,1	IV	Seč
8. 2. 2014	2:16:0,5	45,75	14,87	3	20	0,3	1,0	čutili	Seč
8. 2. 2014	4:42:7,7	45,75	14,88	2	31	0,4	1,5	čutili	Polom
8. 2. 2014	11:43:12,5	45,74	14,87	4	57	0,5	2,6	IV	Polom
8. 2. 2014	11:46:26,5	45,75	14,87	3	32	0,4	1,7	III	Seč
8. 2. 2014	11:46:29,8	45,74	14,87	2	8	0,1	1,9		Polom
8. 2. 2014	13:11:4,0	45,75	14,87	0	3	0,1	0,6	čutili	Seč
9. 2. 2014	8:10:8,4	45,74	14,87	3	25	0,4	1,5	čutili	Polom
9. 2. 2014	12:16:35,7	45,74	14,82	0	4	0	1,5	čutili	Vrbovec
10. 2. 2014	18:46:7,8	46,14	15,15	2	3	0,2	0,6	III	Dol pri Hrastniku
12. 2. 2014	9:11:22,8	45,75	14,86	1	5	0,1	0,8	čutili	Seč
12. 2. 2014	20:37:51,6	45,75	14,88	2	5	0,1	0,6	čutili	Polom
13. 2. 2014	9:51:28,7	45,74	14,87	2	3	0,1	0,6	čutili	Polom
14. 2. 2014	2:40:17,1	45,75	14,85	1	18	0,5	1,3	čutili	Seč
14. 2. 2014	7:29:29,3	45,76	14,85	4	29	0,4	2,1	IV	Seč
14. 2. 2014	7:31:43,6	45,74	14,85	1	7	0,1	1,0	čutili	Polom
14. 2. 2014	7:32:0,3	45,74	14,83	2	6	0,1	1,8	čutili	Vrbovec
14. 2. 2014	9:8:41,4	45,75	14,86	1	9	0,1	1,1	čutili	Seč
14. 2. 2014	18:54:25,0	45,42	14,29	13	14	0,5	1,6		Mali Brgud, Hrvaška
14. 2. 2014	20:38:43,0	45,42	14,28	7	8	0,5	1,5		Mali Brgud, Hrvaška
14. 2. 2014	20:49:31,8	45,72	14,83	0	3	0	0,9	čutili	Vrbovec
16. 2. 2014	17:40:4,0	45,75	14,86	4	44	0,5	1,9	IV	Seč
16. 2. 2014	17:49:33,6	45,76	14,88	0	3	0,2	0,1	čutili	Hinje

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M _{LV}	I _{max}	potresno območje
	hh:mm:ss					°N		°E	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
	hh:mm:ss					°N		°E	
16. 2. 2014	20:31:6,1	46,35	14,98	8	7	0,2	0,8	čutili	Lepa Njiva
16. 2. 2014	23:18:33,3	45,59	15,22	8	6	0,2	0,9	čutili	Črnomelj
17. 2. 2014	7:55:57,9	45,76	14,87	0	3	0,1	0,4	čutili	Pleš
18. 2. 2014	17:54:23,4	45,94	14,80	8	39	0,4	1,6	IV	Malo Hudo
18. 2. 2014	17:56:26,5	45,93	14,80	4	7	0,1	0,5	čutili	Ivančna Gorica
18. 2. 2014	18:32:36,4	45,93	14,80	5	12	0,2	0,7	čutili	Ivančna Gorica
19. 2. 2014	12:39:3,7	45,74	14,87	2	3	0	0,6	čutili	Polom
19. 2. 2014	20:36:8,4	45,30	14,95	7	63	0,5	2,6	III	Mrkopalj, Hrvaška
19. 2. 2014	20:44:13,2	45,32	14,93	12	62	0,6	2,7	III-IV	Mrkopalj, Hrvaška
19. 2. 2014	22:54:3,7	45,74	14,87	3	4	0	0,5	čutili	Polom
20. 2. 2014	16:37:7,0	45,83	14,57	10	61	0,5	2,1	IV	Bane
20. 2. 2014	21:34:23,8	45,74	14,87	2	4	0	0,4	čutili	Polom
22. 2. 2014	15:49:40,6	45,77	14,84	4	64	0,5	2,1	IV	Prevole
23. 2. 2014	18:30:27,4	45,69	15,12	9	11	0,4	0,6	III	Travni Dol
24. 2. 2014	0:15:56,4	45,79	14,79	0	9	0,2	0,5	III	Pri Cerkvi - Struge
24. 2. 2014	3:5:45,9	45,87	14,87	2	22	0,5	0,8	III-IV	Zagradec
24. 2. 2014	19:25:3,0	45,75	14,87	2	30	0,2	0,9	čutili	Seč
25. 2. 2014	10:48:7,1	45,77	14,86	1	35	0,5	1,6	čutili	Prevole
25. 2. 2014	15:7:29,8	46,32	13,53	7	40	0,5	1,6	III	Plužna
26. 2. 2014	0:19:36,2	45,64	14,87	0	6	0,2	0,5	III	Kočevje
26. 2. 2014	7:5:17,2	45,78	14,77	0	6	0,1	0,8	čutili	Pri Cerkvi - Struge
27. 2. 2014	18:26:56,4	45,81	14,71	4	6	0,1	0,1	III	Kompolje
28. 2. 2014	14:49:0,4	45,94	14,81	5	11	0,2	0,6	III-IV	Ivančna Gorica
1. 3. 2014	16:15:18,5	45,64	14,54	7	10	0,2	0,7	III-IV	Babno Polje
1. 3. 2014	23:51:25,0	45,39	14,40	8	30	0,5	1,5		Saršoni, Hrvaška
2. 3. 2014	6:44:4,3	46,07	13,51	18	55	0,5	1,7	III	Golo Brdo, meja Slovenija-Italija
2. 3. 2014	17:29:59,1	45,77	14,87	3	57	0,6	1,9	IV	Pleš
2. 3. 2014	21:59:35,8	45,86	14,68	7	21	0,4	0,9	IV	Predstruge
3. 3. 2014	13:0:14,7	45,75	14,86	3	30	0,3	1,4	III-IV	Seč
3. 3. 2014	13:13:19,2	45,74	14,87	2	3	0,2	<0,1	čutili	Polom
4. 3. 2014	2:5:59,9	46,16	14,51	6	9	0,3	0,5	III	Selo pri Vodicach
4. 3. 2014	2:42:45,9	46,16	14,51	12	14	0,2	0,6	čutili	Selo pri Vodicach
4. 3. 2014	2:50:13,9	46,16	14,51	12	10	0,2	0,6	čutili	Selo pri Vodicach
4. 3. 2014	5:4:55,4	46,16	14,51	10	11	0,2	0,7	čutili	Selo pri Vodicach
4. 3. 2014	6:25:57,6	45,81	14,82	1	10	0,2	0,9	III	Primča vas
6. 3. 2014	17:12:1,6	45,99	15,24	10	28	0,4	1,5		Jelovec
8. 3. 2014	15:45:15,8	45,37	14,40	11	19	0,3	1,5		Marinići, Hrvaška
11. 3. 2014	3:30:42,9	45,75	14,86	1	27	0,2	0,8	čutili	Seč

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M_{LV}	I_{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M_{LV}	I_{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
11. 3. 2014	6:43:56,4	45,76	14,86	2	29	0,6	1,4	čutili	Prevole
11. 3. 2014	10:9:8,1	45,96	14,65	12	13	0,5	1,1	IV	Brezje pri Grosupljem
11. 3. 2014	10:23:4,6	45,76	14,86	3	43	0,4	1,7	III-IV	Seč
11. 3. 2014	10:24:4,0	45,76	14,87	1	3	0	<0,1	čutili	Polom
12. 3. 2014	18:56:5,9	46,09	15,19	7	25	0,3	0,8	III-IV	Zidani Most
12. 3. 2014	23:8:22,5	45,75	14,87	2	4	0	0,2	IV	Polom
13. 3. 2014	10:10:59,7	45,76	14,87	1	3	0	<0,1	čutili	Polom
13. 3. 2014	17:31:58,9	45,75	14,85	4	94	0,6	3,7	VI	Seč
13. 3. 2014	17:39:6,2	45,75	14,86	2	30	0,5	1,3	III	Seč
13. 3. 2014	18:1:15,3	45,74	14,85	2	27	0,4	1,3	čutili	Polom
13. 3. 2014	18:5:54,7	45,75	14,85	2	5	0	1,1	čutili	Seč
13. 3. 2014	18:19:15,8	45,74	14,85	3	37	0,4	1,6	III	Seč
13. 3. 2014	18:32:39,7	45,76	14,84	2	8	0,1	0,7	čutili	Seč
13. 3. 2014	19:5:49,9	46,13	13,49	15	50	0,4	1,8	zvok	San Pietro al Natisone (Špeter Slovenov), Italija
13. 3. 2014	19:27:48,1	45,76	14,85	0	14	0,3	0,9	čutili	Seč
13. 3. 2014	20:2:28,9	45,75	14,84	0	7	0,2	0,4	čutili	Seč
13. 3. 2014	22:37:55,7	45,75	14,86	4	55	0,4	1,9	III-IV	Seč
13. 3. 2014	22:41:36,9	45,74	14,86	1	24	0,2	1,1	čutili	Polom
14. 3. 2014	0:4:2,7	45,74	14,85	1	26	0,3	1,0	čutili	Polom
14. 3. 2014	1:33:1,2	45,76	14,86	1	28	0,3	0,8	čutili	Prevole
14. 3. 2014	5:49:18,5	45,75	14,83	1	72	0,6	2,4	III-IV	Seč
14. 3. 2014	7:46:54,4	45,74	14,84	1	4	0	0,4	čutili	Seč
14. 3. 2014	17:6:44,2	45,74	14,85	1	32	0,3	1,1	čutili	Polom
15. 3. 2014	1:15:10,8	45,74	14,85	3	59	0,4	2,0	IV	Seč
15. 3. 2014	6:27:22,2	45,75	14,86	2	19	0,2	0,9	čutili	Seč
15. 3. 2014	13:2:55,1	45,75	14,85	2	6	0	0,8	čutili	Seč
15. 3. 2014	13:53:54,5	45,75	14,85	1	23	0,2	1,1	čutili	Seč
15. 3. 2014	21:23:7,3	45,76	14,87	4	18	0,3	0,6	čutili	Hinje
15. 3. 2014	22:17:25,4	45,74	14,85	3	31	0,3	1,0	čutili	Seč
16. 3. 2014	20:45:58,5	45,75	14,87	3	39	0,3	1,6	III	Seč
16. 3. 2014	21:36:52,0	45,75	14,88	2	26	0,4	1,1	čutili	Seč
16. 3. 2014	23:11:50,3	45,38	14,61	19	48	0,5	2,4		Škrljevo, Hrvaška
17. 3. 2014	3:26:0,4	45,76	14,84	3	42	0,3	1,3	čutili	Seč
18. 3. 2014	1:19:25,4	46,09	14,82	9	7	0,2	0,3	III	Zgornji Hotič
20. 3. 2014	17:35:7,8	45,74	14,86	2	6	0,1	0,8	čutili	Polom
22. 3. 2014	21:35:48,1	45,74	14,86	1	14	0,1	0,8	čutili	Polom
27. 3. 2014	14:37:51,8	45,74	14,84	0	19	0,3	1,3	čutili	Vrbovec
27. 3. 2014	18:51:51,1	45,76	14,85	2	7	0	0,7	čutili	Prevole

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M _{LV}	I _{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
28. 3. 2014	19:14:53,6	45,93	14,78	10	42	0,4	1,3	IV	Spodnja Draga
30. 3. 2014	20:18:56,8	45,75	14,86	1	24	0,2	1,1	čutili	Seč
31. 3. 2014	13:6:42,7	45,75	14,86	2	32	0,4	1,4	čutili	Seč
31. 3. 2014	13:10:14,6	45,75	14,86	1	6	0,1	0,5	čutili	Seč
31. 3. 2014	21:23:26,6	45,53	14,85	19	41	0,5	1,8		Ajbelj
2. 4. 2014	22:43:5,9	45,74	14,85	0	22	0,3	0,8	čutili	Polom
3. 4. 2014	19:34:41,5	45,75	14,86	1	13	0,2	0,4	čutili	Seč
5. 4. 2014	8:20:17,6	45,94	15,13	10	40	0,4	1,5	IV	Gorenja vas pri Mokronogu
5. 4. 2014	8:29:55,5	45,97	15,16	10	3	0,1	<0,1	zvok	Pijavice
8. 4. 2014	8:2:40,2	45,76	14,87	2	28	0,3	1,2	čutili	Seč
8. 4. 2014	10:23:53,1	45,78	14,86	2	4	0	0,2	čutili	Prevole
14. 4. 2014	20:42:51,9	45,74	14,87	3	32	0,5	1,3	čutili	Polom
22. 4. 2014	8:58:27,6	45,66	14,25	17	92	0,6	4,3	V–VI	Drskovče
22. 4. 2014	9:0:16,2	45,66	14,26	16	8	0,2	2,5	čutili	Palčje
22. 4. 2014	9:1:50,6	45,65	14,26	17	13	0,2	1,8		Bač
22. 4. 2014	9:3:30,5	45,66	14,27	15	50	0,5	2,1	čutili	Palčje
22. 4. 2014	9:8:54,5	45,66	14,28	15	49	0,6	1,8		Jurišče
22. 4. 2014	9:17:41,9	45,65	14,24	18	36	0,2	1,6		Zagorje
22. 4. 2014	9:22:36,0	45,66	14,26	15	51	0,6	1,9	čutili	Palčje
22. 4. 2014	10:12:15,5	45,65	14,27	17	34	0,3	1,6		Bač
22. 4. 2014	11:8:6,5	45,65	14,25	19	24	0,4	1,3	čutili	Drskovče
22. 4. 2014	11:24:39,7	45,66	14,27	17	41	0,5	1,5		Palčje
22. 4. 2014	12:32:28,5	45,64	14,27	19	35	0,5	1,6	čutili	Bač
22. 4. 2014	12:36:57,6	45,65	14,26	17	24	0,4	1,4	čutili	Bač
22. 4. 2014	12:47:29,3	45,68	14,24	13	40	0,4	1,9	čutili	Trnje
22. 4. 2014	12:52:6,4	45,65	14,23	15	6	0,1	1,2	čutili	Zagorje
22. 4. 2014	12:58:5,5	45,65	14,24	17	35	0,3	1,5		Zagorje
22. 4. 2014	14:15:18,8	45,66	14,25	15	13	0,2	1,9	III	Drskovče
22. 4. 2014	14:15:18,6	45,66	14,27	20	26	0,4	1,8		Palčje
22. 4. 2014	16:31:11,9	45,65	14,27	17	36	0,4	1,7		Bač
22. 4. 2014	17:9:10,1	45,66	14,27	16	47	0,3	2,0	čutili	Palčje
22. 4. 2014	19:34:3,7	45,65	14,26	18	51	0,3	2,3	III	Drskovče
23. 4. 2014	6:2:23,8	45,65	14,26	17	40	0,4	1,6		Bač
23. 4. 2014	12:6:5,0	45,66	14,27	17	55	0,4	2,1		Palčje
25. 4. 2014	20:26:13,9	45,65	14,25	18	52	0,4	2,0	čutili	Drskovče
25. 4. 2014	20:41:33,0	45,74	14,85	3	9	0,2	0,7	čutili	Polom
26. 4. 2014	21:29:1,6	45,65	14,26	16	45	0,4	1,4	III	Bač
26. 4. 2014	23:28:47,4	45,65	14,25	15	7	0,1	0,5	čutili	Bač

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M_{LV}	I_{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M_{LV}	I_{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
27. 4. 2014	4:21:16,2	45,66	14,27	19	63	0,5	2,2	III-IV	Palčje
27. 4. 2014	22:38:58,3	45,78	14,87	2	17	0,3	0,8	čutili	Hinje
28. 4. 2014	11:26:17,7	45,65	14,27	17	36	0,4	1,5		Bač
30. 4. 2014	5:48:5,1	45,76	14,86	4	28	0,3	1,3	čutili	Seč
2. 5. 2014	2:9:37,5	45,66	14,28	19	49	0,5	1,6		Jurišče
2. 5. 2014	18:52:37,6	45,70	14,33	16	43	0,5	1,5		Jurišče
4. 5. 2014	21:35:46,6	45,91	14,79	5	11	0,3	0,4	II	Ivančna Gorica
10. 5. 2014	1:12:17,4	46,27	15,12	8	17	0,2	0,9	III-IV	Ivančna Gorica
12. 5. 2014	0:43:20,0	46,32	15,73	2	28	0,5	1,5		Spodnja Sveča
12. 5. 2014	6:46:6,5	45,75	14,85	1	9	0,3	0,6	zvok	Seč
13. 5. 2014	6:28:4,3	46,33	15,73	10	47	0,5	2,4	IV	Spodnja Sveča
13. 5. 2014	7:33:28,1	46,32	15,72	9	17	0,4	1,4	III-IV	Spodnja Sveča
14. 5. 2014	20:56:22,7	45,75	14,86	2	18	0,3	1,1	čutili	Polom
15. 5. 2014	13:52:22,9	45,65	14,25	16	28	0,3	1,7		Drskovče
15. 5. 2014	15:4:19,0	45,75	14,86	3	22	0,2	1,6	III	Seč
15. 5. 2014	21:48:38,5	45,65	14,25	16	34	0,2	1,7		Drskovče
18. 5. 2014	2:6:32,4	46,04	14,42	9	74	0,6	2,8	IV	Podsmreka
18. 5. 2014	15:0:2,7	45,81	15,12	7	8	0,3	0,6	III-IV	Novo mesto
18. 5. 2014	16:2:0,4	46,14	14,35	22	57	0,5	2,1		Draga
18. 5. 2014	18:35:27,6	46,31	13,55	6	15	0,2	0,9	zvok	Čezsoča
18. 5. 2014	20:19:52,3	46,13	15,07	6	4	0,1	0,3	III	Prapretno pri Hrastniku
20. 5. 2014	21:4:37,7	45,54	15,25	9	38	0,4	1,5	IV	Tribučje
22. 5. 2014	9:52:41,1	46,23	14,92	9	16	3	1,0	III	Ločica pri Vranskem
25. 5. 2014	3:23:33,1	46,23	14,51	15	56	0,5	2,2	III	Vopovlje
29. 5. 2014	7:24:18,1	46,10	13,87	15	85	0,5	3,4	IV-V	Polje
1. 6. 2014	18:7:18,2	45,79	13,74	17	7	0,3	0,3	zvok	Komen
3. 6. 2014	21:39:8,5	45,89	15,56	4	17	0,3	0,9	III-IV	Krška vas
3. 6. 2014	22:41:41,7	45,89	15,55	6	25	0,5	1,0	III	Boršt
11. 6. 2014	9:39:21,5	46,12	14,72	10	73	0,5	2,4	IV	Vrhopolje pri Moravčah
16. 6. 2014	19:43:24,5	46,52	14,77	11	15	0,5	1,7		Unterort (Podkraj), Avstrija
16. 6. 2014	23:13:16,1	46,50	14,34	7	49	0,5	1,6		Waidisch (Bajdiše), Avstrija
19. 6. 2014	11:26:20,0	46,13	14,10	17	70	0,4	2,5	IV	Studor
24. 6. 2014	22:43:25,1	46,25	13,76	8	54	0,5	2,6	III-IV	Tolminske Ravne
26. 6. 2014	5:4:41,7	45,77	14,87	5	3	0	0,5	čutili	Pleš
30. 6. 2014	21:42:32,1	45,53	15,30	4	18	0,5	1,0	III	Dolenjci
20. 7. 2014	14:6:34,9	46,49	13,66	7	15	0,4	1,1	čutili	Fusine in Valromana (Bela peč), Italija
20. 7. 2014	14:44:55,6	46,50	13,68	9	54	0,5	1,8	III	Fusine in Valromana (Bela peč), Italija
22. 7. 2014	4:45:25,0	45,93	14,49	12	43	0,4	1,8	III	Gornji Ig

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M_{LV}	I_{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M_{LV}	I_{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
27. 7. 2014	9:33:20,0	45,58	14,30	11	32	0,5	1,7		Vrbovo
27. 7. 2014	16:41:13,2	46,34	13,72	10	20	0,2	1,5		Soča
28. 7. 2014	22:6:53,6	45,75	14,86	2	8	0,2	0,6	čutili	Seč
31. 7. 2014	5:19:15,2	46,15	15,05	7	5	0,3	0,5	čutili	Trbovlje
31. 7. 2014	14:32:45,5	45,75	14,86	3	14	0,7	1,0	čutili	Seč
2. 8. 2014	21:13:19,3	46,50	14,55	8	47	0,5	1,8		Ebriach (Obirsko), Avstrija
11. 8. 2014	14:3:10,2	45,77	14,88	2	7	0,2	0,6	čutili	Pleš
13. 8. 2014	10:36:8,6	46,56	16,29	4	48	0,7	2,2	IV-V	Srednja Bistrica
15. 8. 2014	1:3:5,1	46,02	14,17	11	19	0,3	0,8	III	Vrh Sv. Treh Kraljev
16. 8. 2014	7:10:59,0	45,50	15,31	6	26	0,5	1,1	III-IV	Vrhovci
19. 8. 2014	16:45:5,3	45,66	14,27	19	62	0,5	2,2	III-IV	Palčje
21. 8. 2014	20:28:37,1	46,10	13,52	16	53	0,4	2,1	III	San Leonardo (Svet Lienart), Italija
25. 8. 2014	1:20:33,0	45,98	15,46	0	16	0,3	0,6	III-IV	Cesta
25. 8. 2014	17:57:56,1	45,98	15,46	0	13	0,4	0,6	III-IV	Cesta
25. 8. 2014	19:4:13,1	45,98	15,46	0	5	0,2	<0,1	čutili	Cesta
26. 8. 2014	12:14:1,4	46,12	14,73	9	26	0,5	1,6	III	Zgornji Tuštanj
29. 8. 2014	10:29:18,2	46,46	13,73	12	33	0,4	1,6		Visoka peč
29. 8. 2014	15:39:11,0	46,64	15,15	7	15	0,5	1,7	III	Sv. Jernej nad Muto
31. 8. 2014	6:2:4,1	46,15	15,06	11	34	0,5	1,1	IV	Ojstro
31. 8. 2014	23:36:33,9	46,69	15,13	7	20	0,5	1,6		Rothwein, Avstrija
1. 9. 2014	21:10:0,0	46,00	15,53	7	7	0,2	0,8	III-IV	Gorica pri Raztezcu
4. 9. 2014	16:46:55,6	45,99	15,41	5	5	0,4	<0,1	III	Blanca
5. 9. 2014	20:41:37,9	46,00	14,41	6	9	0,1	0,6	III	Notranje Gorice
7. 9. 2014	0:53:38,6	45,75	14,87	5	44	0,3	1,8		Seč
12. 9. 2014	15:50:52,6	46,47	13,41	13	46	0,4	1,8		Malborghetto-Valbruna (Naborjet-Ovčja vas), Italija
12. 9. 2014	15:53:46,1	46,47	13,40	12	42	0,4	1,6		Malborghetto-Valbruna (Naborjet-Ovčja vas), Italija
16. 9. 2014	6:5:19,6	45,76	14,84	1	4	0,3	0,8	čutili	Seč
17. 9. 2014	14:21:42,1	46,06	14,22	15	29	0,4	1,5		Lučine
19. 9. 2014	8:50:54,3	45,91	14,24	10	5	0,1	0,4	III	Logatec
20. 9. 2014	2:5:31,0	46,06	14,21	15	32	0,4	1,6	zvok	Lučine
20. 9. 2014	14:22:59,9	45,79	14,81	2	11	0,2	0,8	II	Hinje
20. 9. 2014	14:43:24,1	45,82	14,82	3	3	0	0,3	čutili	Primča vas
20. 9. 2014	14:54:30,7	45,80	14,80	1	6	0,2	0,3	čutili	Žvirče
20. 9. 2014	14:58:26,2	45,81	14,84	4	6	0,1	<0,1	čutili	Višnje
24. 9. 2014	7:51:27,1	45,79	14,80	2	9	0,3	1,0	III	Pri Cerkvi-Struge
25. 9. 2014	4:31:42,3	45,80	14,82	1	4	0,5	0,2	čutili	Hinje
25. 9. 2014	5:27:18,3	46,14	15,05	6	4	0,2	0,6	III	Trbovlje
25. 9. 2014	13:48:41,5	45,64	14,98	11	25	0,4	1,5		Rajhenav

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M _{LV}	I _{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		s		EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		s		EMS 98	
27. 9. 2014	19:30:49,0	45,83	15,17	15	5	0,3	0,1	čutili	Novo mesto
27. 9. 2014	19:31:55,7	45,82	15,16	10	6	0,3	0,3	čutili	Novo mesto
27. 9. 2014	19:33:7,3	45,83	15,17	15	6	0,2	0,4	III	Novo mesto
27. 9. 2014	19:50:1,6	45,83	15,16	13	4	0,2	0,1	čutili	Novo mesto
27. 9. 2014	21:16:36,8	45,74	14,87	0	13	0,4	0,8	čutili	Polom
29. 9. 2014	7:1:0,7	45,51	15,26	5	46	0,6	2,3	IV	Bojanci
1. 10. 2014	0:41:34,5	46,52	13,68	9	28	0,5	1,2	III	Fusine in Valromana (Bela peč), Italija
1. 10. 2014	13:17:2,1	45,48	15,27	4	19	0,5	1,3	IV	Podklanec
2. 10. 2014	13:54:36,9	46,16	15,06	8	13	0,4	0,9	III	Trbovlje
3. 10. 2014	4:41:2,8	45,74	14,86	0	8	0,2	0,9	III	Polom
4. 10. 2014	21:58:31,9	45,75	14,88	0	10	0,2	0,7	čutili	Hinje
6. 10. 2014	5:39:43,2	45,90	15,34	5	28	0,3	1,7	III	Hudenje
6. 10. 2014	9:20:10,7	45,90	15,33	5	22	0,5	1,4	III	Hudenje
6. 10. 2014	9:24:33,3	45,90	15,34	4	12	0,5	1,2	III	Hudenje
6. 10. 2014	9:26:2,0	45,89	15,33	5	3	0	0,5	III	Hudenje
8. 10. 2014	16:41:52,0	45,41	15,28	3	39	0,6	1,9	III-IV	Bosanci, Hrvaška
12. 10. 2014	5:11:38,5	46,31	13,27	9	30	0,3	1,5		Musi (Mužac), Italija
13. 10. 2014	12:32:11,1	46,15	15,06	10	29	0,3	1,3	III-IV	Trbovlje
14. 10. 2014	6:25:48,1	45,56	14,25	9	18	0,2	1,5		Jasen
17. 10. 2014	10:41:34,8	46,04	14,41	12	21	0,3	1,2	III	Podsmreka
18. 10. 2014	6:21:51,5	45,79	14,83	3	3	0,2	0,2	čutili	Žvirče
19. 10. 2014	19:58:35,1	45,53	15,26	3	11	0,2	0,9	čutili	Pribinci
20. 10. 2014	5:45:2,6	46,63	13,82	18	28	0,4	1,6		Obere Fellach (Zgornja Bela), Avstrija
20. 10. 2014	19:19:50,1	46,16	15,05	8	42	0,6	1,6	IV	Trbovlje
27. 10. 2014	17:12:5,8	45,77	14,84	6	41	0,5	1,9	IV	Prevole
30. 10. 2014	22:38:28,1	46,08	15,16	12	46	0,5	2,0	III	Jelovo
6. 11. 2014	10:31:1,2	46,38	14,98	15	19	0,6	1,5		Lepa Njiva
8. 11. 2014	0:46:57,3	45,77	14,89	3	9	0,1	0,7	zvok	Hinje
8. 11. 2014	4:27:9,9	46,15	15,52	6	52	0,6	1,8	IV	Loka pri Žusmu
12. 11. 2014	2:44:7,4	45,82	14,33	5	8	0,3	0,6	III-IV	Rakek
12. 11. 2014	7:12:58,7	45,88	14,47	5	27	0,5	1,4	zvok	Osrednek
21. 11. 2014	12:21:14,7	45,54	14,64	15	25	0,5	1,8		Prhci, Hrvaška
21. 11. 2014	12:52:43,0	45,53	14,64	15	23	0,5	1,9		Prhci, Hrvaška
22. 11. 2014	3:22:34,9	46,33	13,66	7	65	0,5	1,8	IV	Soča
22. 11. 2014	10:24:18,9	46,32	13,64	8	17	0,2	1,1	III	Lepena
24. 11. 2014	14:28:46,8	46,32	13,65	8	12	0,1	1,0	III	Lepena
24. 11. 2014	16:30:41,4	46,32	13,65	7	13	0,2	0,9	III	Lepena
27. 11. 2014	16:26:33,6	46,40	15,07	7	23	0,7	1,3	III	Ravne

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M _{LV}	I _{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S		EMS 98	
28. 11. 2014	22:45:59,3	45,66	15,28	6	6	0,2	0,3	čutili	Trnovec
29. 11. 2014	17:41:47,2	45,42	15,27	1	32	0,4	1,5	III	Kasuni, Hrvaška
1. 12. 2014	13:19:11,9	45,43	14,41	12	27	0,6	1,6		Studena, Hrvaška
2. 12. 2014	6:27:35,9	45,90	14,94	13	27	0,4	1,5		Krušni Vrh
4. 12. 2014	15:34:41,5	45,76	15,38	2	34	0,5	1,5		Sošice, Hrvaška
5. 12. 2014	7:29:32,5	46,07	15,68	2	13	0,5	1,1	III-IV	Kumrovec, Hrvaška
7. 12. 2014	8:0:35,3	46,12	13,62	17	48	0,4	1,7	III	Močila, meja Slovenija-Italija
7. 12. 2014	9:48:53,7	46,11	13,62	16	31	0,3	1,6	čutili	Močila, meja Slovenija-Italija
11. 12. 2014	9:31:12,6	46,12	14,30	17	52	0,4	2,4	IV	Ožbolt nad Zmincem
14. 12. 2014	9:25:7,9	46,07	14,26	12	61	0,5	2,5	III-IV	Srednji Vrh
23. 12. 2014	7:10:0,7	45,75	14,86	1	21	0,3	1,2	čutili	Seč
25. 12. 2014	19:16:9,2	45,97	14,45	6	35	0,5	1,0	III	Lipe
26. 12. 2014	7:13:42,4	46,31	13,63	7	28	0,3	1,5		Lepena
29. 12. 2014	1:40:8,5	46,15	14,95	12	38	0,5	2,1		Šemnik

Za opredelitev osnovnih parametrov potresov, navedenih v preglednici 1, smo uporabili analize zapisov potresov na potresnih opazovalnicah državne mreže v Sloveniji (ARSO, 2014–2015), v Avstriji (ZAMG, 2014–2015), na Hrvaškem (GEOF-PMF, 2014–2015), v Italiji (OGS, 2014) in na Madžarskem (Tóth in sod., 2014). Žariščni čas, to je čas, ko je potres nastal, koordinati nadžarišča in žariščno globino smo določili iz časa prihodov vzdolžnega (P) in prečnega (S) valovanja na potresno opazovalnico. Potrese smo locirali s programom HYPOCENTER (Lienert in sod., 1988, Lienert, 1994). Uporabili smo povprečni hitrostni model za ozemlje Slovenije, določen iz tridimenzionalnega modela za prostorsko valovanje (Michellini in sod., 1998) in modela za površinsko valovanje (Živčič in sod., 2000). Kadar potresu nismo mogli določiti žariščne globine, smo privzeli vrednost sedmih kilometrov (Poljak in sod., 2000).

Lokalno magnitudo M_{LV} potresov smo določili iz največje hitrosti navpične komponente nihanja tal (A/T) na posameznih slovenskih opazovalnicah (Sinčič in sod., 2012), in sicer po enačbi:

$$M_{LV} = \log(A/T) + 1,52 * \log D - 3,2,$$

pri čemer je D oddaljenost nadžarišča do potresne opazovalnice v kilometrih. Za končno vrednost magnitude M_{LV} za določen potres smo privzeli povprečje magnitud, izračunanih po opazovalnicah.

Največja intenziteta (I_{max}), ki jo je potres dosegel na ozemlju Slovenije, je opredeljena po evropski potresni lestvici (EMS-98).

Prebivalci Slovenije so čutili še 9 zelo šibkih potresnih sunkov, ki pa jih je zabeležila le ena opazovalnica in jim zato nismo mogli določiti osnovnih parametrov (žariščni čas, koordinati nadžarišča itn.). Navedeni so v preglednici 2.

V preglednici 3 je naveden potres, ki se ni zgodil v neposredni bližini slovenske meje. Nastal je na območju Zrinske gore na Hrvaškem, a so ga čutili tudi posamezniki v Sloveniji (nadžarišče potresa je 180 kilometrov JV od Ljubljane). V stolpcu »intenziteta« je navedena največja intenziteta, ki jo je potres dosegel v Sloveniji.

Preglednica 2: Potresi, ki so jih čutili nekateri prebivalci določenih predelov Slovenije, nismo pa jim mogli določiti potresnih parametrov

Table 2: Earthquakes felt by some observers in Slovenia for which the parameters could not be estimated.

datum	čas (UTC)		M_{LV}	I_{max}	potresno območje
	h:min			EMS-98	epicentral area
date	time (UTC)		M_{LV}	I_{max}	
	h:min			EMS-98	
5. 2. 2014	10:38		0,7	čutili	Seč
9. 2. 2014	7:01		<0,1	čutili	Seč
10. 2. 2014	6:41		<0,1	čutili	Seč
13. 2. 2014	21:53		0,2	čutili	Seč
1. 7. 2014	21:33		0,2	čutili	Seč
22. 9. 2014	5:38		<0,1	čutili	Seč
3. 10. 2014	5:16		<0,1	čutili	Seč
23. 10. 2014	19:00		0,6	III	Črešnjevce pri Semiču
6. 12. 2014	22:52		0,3	čutili	Seč

Preglednica 3: Bližnji (regionalni) potres, ki so ga čutili prebivalci Slovenije leta 2014

Table 3: Regional earthquake felt by the inhabitants of Slovenia in 2014.

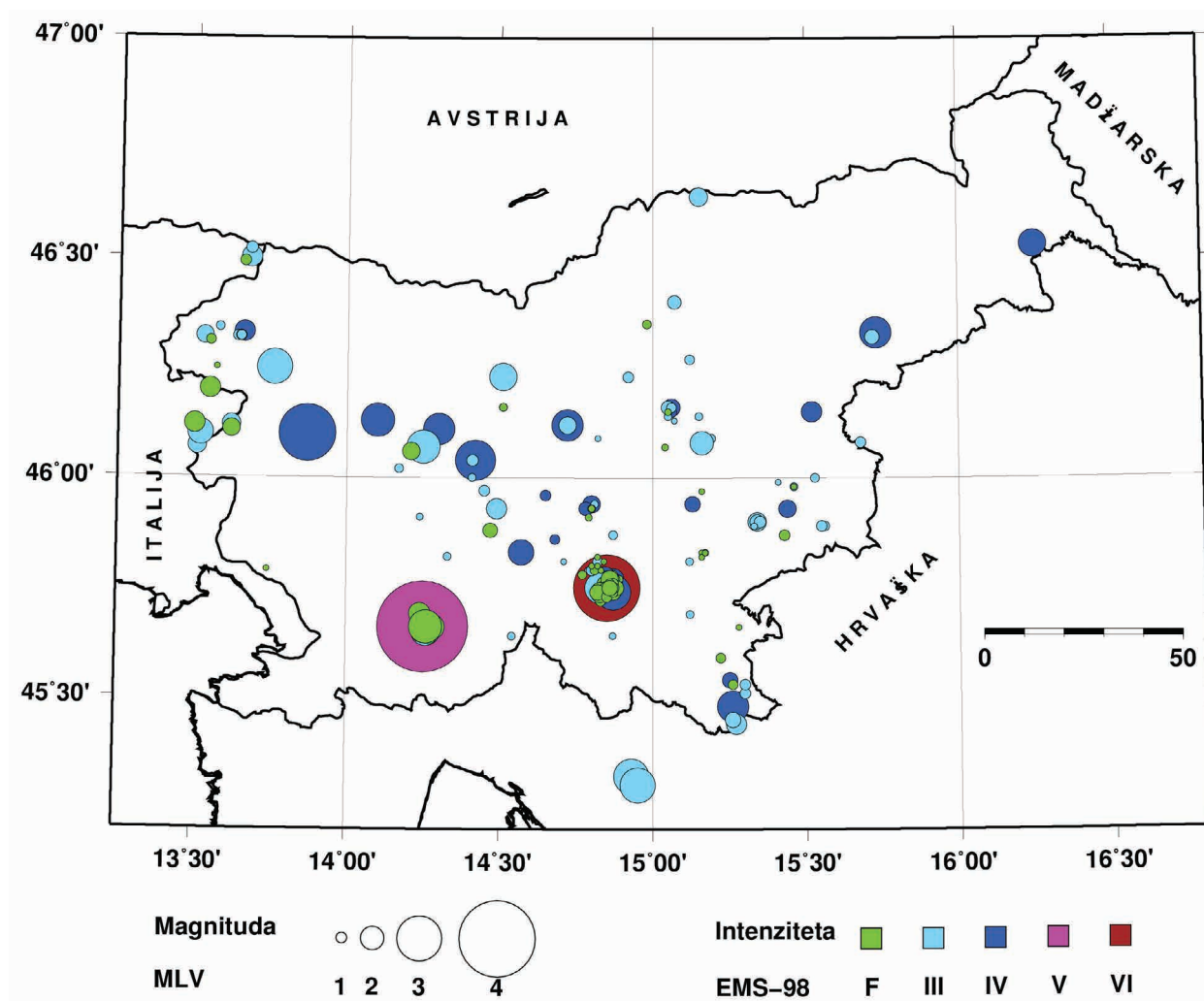
datum	čas (UTC)		intenziteta	potresno območje
	h:min		EMS-98	epicentral area
date	time (UTC)		intensity	
	h:min		EMS-98	
2.10.2014	4,43		čutili	Zrinska gora, Hrvaška

Podatki o nekaterih močnejših potresih, ki so jih čutili prebivalci Slovenije

Leta 2014 so prebivalci v Sloveniji čutili vsaj 245 potresov, 244 lokalnih in enega bolj oddaljenega. Nadžarišča lokalnih potresov so prikazana na sliki 2. Velikost kroga označuje lokalno magnitudo, barva pa največjo doseženo intenziteto potresa v Sloveniji.

V nadaljevanju so opisani tisti potresi, ki so dosegli največje učinke vsaj IV–V EMS-98. En potres je dosegel intenziteto VI EMS-98, eden intenziteto V–VI EMS-98, dva pa sta dosegla učinke IV–V EMS-98. Za vsakega od teh potresov je prikazana karta intenzitete po naseljih (slike 3–6) z vrisanim instrumentalno določenim nadžariščem. Intenziteta potresa v posameznem naselju je ocenjena na podlagi makroseizmičnih vprašalnikov, ki jih po vsakem potresu pošiljamo pristoječim poročevalcem, ter elektronskih vprašalnikov, ki jih poročevalci izpolnijo na naši spletni strani (<http://www.arso.gov.si/potresi/vprašalnik>). Na sliki 7 so prikazana vsa naselja, od koder smo dobili podatke, da so ljudje čutili učinke katerega izmed teh 245 potresov. Barva in oznaka simbola opredeljujeta največjo intenziteto, doseženo v posameznem naselju leta 2014. V nadaljevanju so vse navedene magnitude lokalne.

13. marec 2014 ob 17.31 po UTC (slika 3). Leta 2014 je imel potres z najmočnejšimi učinki v Sloveniji nadžarišče blizu vasi Seč v Suhi krajini. Kljub zmerni magnitudi 3,7 je potres zaradi plitvega žarišča (4 km) povzročil tudi gmotno škodo. Največji učinki (VI EMS-98) in tudi največ poškodb je bilo v naselju Seč, poročilo o najhujše poškodovani zgradbi (odpadanje strešnikov, globoke razpoke) pa smo dobili iz Poloma (V–VI EMS-98). Intenziteto V EMS-98 smo ocenili v naseljih Hinje, Žvirče, Prevole, Željne, Šalka vas, Dolenja vas, Stara Cerkev, Mačkovec pri Dvoru in Semič,

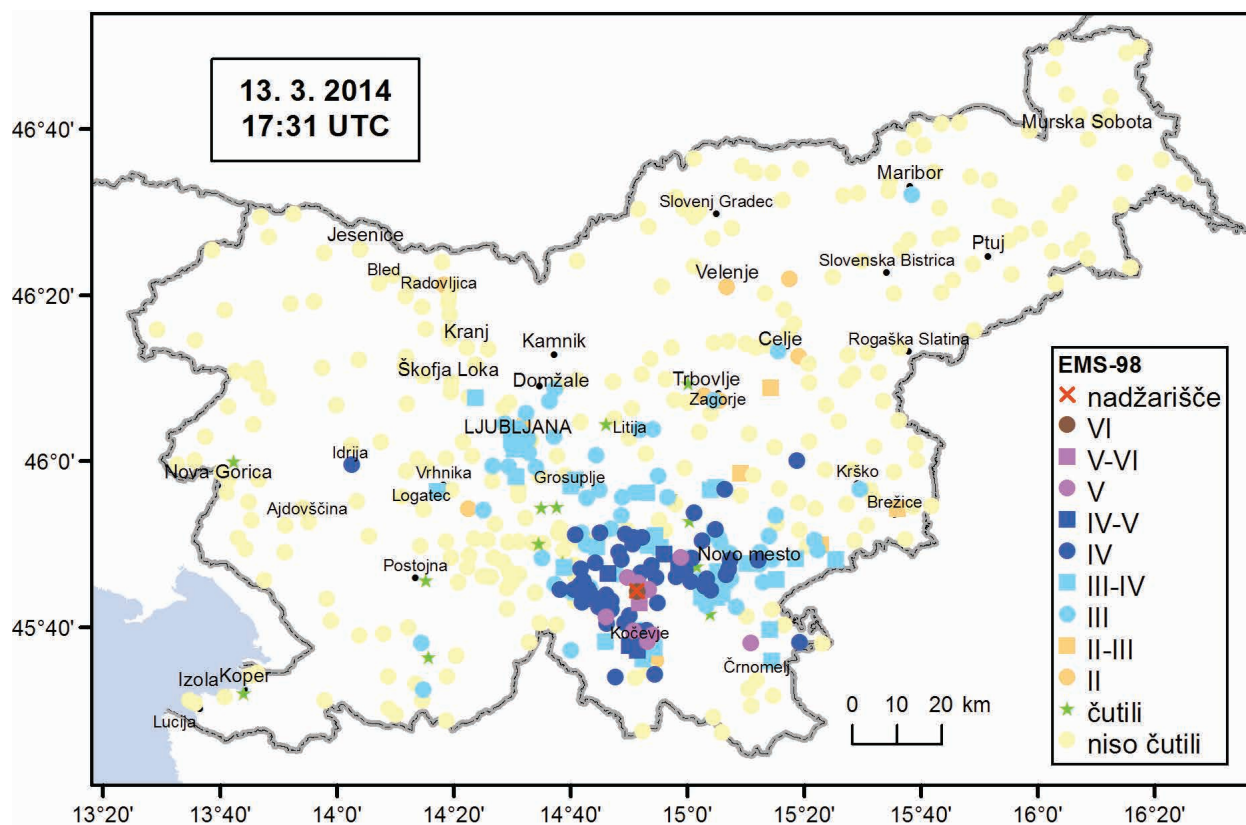


Slika 2: Nadžarišča lokalnih potresov, ki so jih leta 2014 čutili prebivalci Slovenije. Barva simbola ponazarja največjo doseženo intenziteto v Sloveniji, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude MLV.

Figure 2: Epicentres of local earthquakes felt in Slovenia in 2014. The size of symbols represents local magnitude, while the colour represents maximum intensity in Slovenia.

od koder imamo večinoma tudi poročila o manjših poškodbah. Učinke IV EMS-98 smo ocenili do oddaljenosti približno 25 km od nadžarišča. Potres so zaznali v jugovzhodni in osrednji Sloveniji, posamezna poročila pa so prišla tudi iz Maribora (108 km). Čutili so ga tudi na Hrvaškem, najdlje pa v Italiji, in sicer do okrog 150 km od nadžarišča (INGV, <http://www.haisentitoilterremoto.it/>). Potres je podrobneje opisan v članku Potresi v Suhi krajini leta 2013 in 2014 (Živčič in sod., 2016a) ter v članku Učinki potresov v Suhi krajini leta 2013 in 2014 (Šket Motnikar in sod., 2016a).

22. april 2014 ob 8.58 po UTC (slika 4). Najmočnejši potres leta 2014 v Sloveniji je imel magnitudo 4,3. Nadžarišče je bilo v bližini Pivke, globina žarišča je ocenjena na 17 km. Potres je povzročil nekaj poškodb na zgradbah v Pivki, Postojni in Ilirski Bistrici, kjer je bila ocenjena intenziteta V–VI EMS. O posameznih manjših poškodbah so poročali na nadžariščnem območju s polmerom 10 km, kjer je potres dosegel intenziteto V EMS-98. Za nazornejšo predstavitev učinkov navajamo nekaj zanimivih utrinkov naših poročevalcev: »Iz bližnjega bifeja je točajka skočila čez točajni pult in tekla na plano! / Bilo je, kot bi se buldožer zabil v blok ter ga hotel porivati naprej. Tako močnega sunka še nisem doživel. Stanujem v bloku v petem nadstropju in resnično te zagrabi panika, ko ne veš, kaj bi naredil. / Potres se je zgodil istočasno, ko sem vžgala avto. Ker je privzdignilo avto in hkrati zagrmelo, sem se ustrašila, da je razneslo motor. / Televizija je kar skakala, sosedu ni vedela, kaj je to, in jo je držala, da ne bi padla. / Po potresu sem še nekaj minut imela vrtoglavico.«



Slika 3: Intenziteta potresa 13. marca 2014 ob 17.31 po UTC v posameznih naseljih

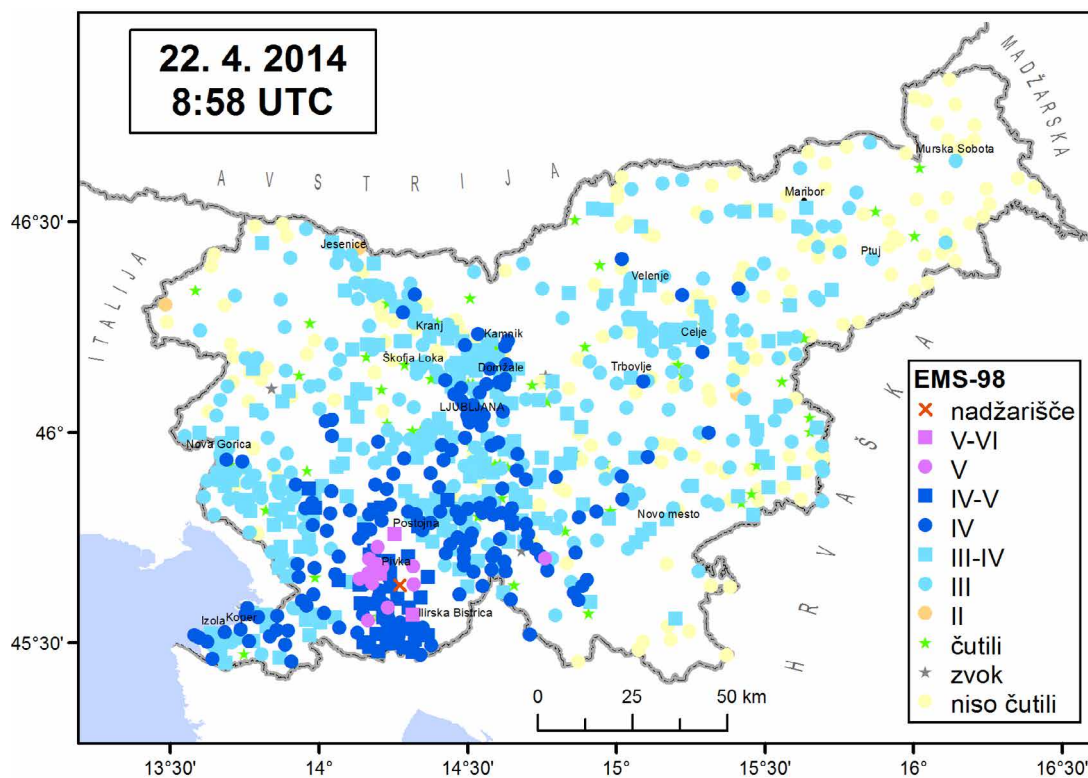
Figure 3: Intensity of earthquake on 13 March 2014 at 17:31 UTC in individual settlements. Legend: nadžarišče = epicentre, čutili = felt, zvok = sound, niso čutili = not felt

Učinke IV EMS-98 smo ocenili v krogu polmera približno 50 km od nadžarišča, ponazarjajo pa jih ti opisi: »Miza in stol sta se zamajala, kot da sem na ladji. / Pes se je pokrnil čez glavo.«

Potres so zaznali po vsej Sloveniji, po podatkih seizmologov iz Italije (INGV, <http://www.haisentitoilterremoto.it/>) so ga čutili do oddaljenosti 200 km od nadžarišča. Potres so zaznali tudi v severozahodnem delu Hrvaške, kjer so bili najmočnejši učinki v Istri in v okolici Reke. V Bosni in Hercegovini so ga čutili v Prijedorju. V Avstriji so ga čutili na Koroškem in Štajerskem, predvsem v Celovcu (Klagenfurt), Beljaku (Villach), Gradcu (Graz) in v Špitalu ob Dravi (Spittal an der Drau). Potres je podrobneje opisan v sestavkih (Živčič in sod., 2016b)) ter v (Šket Motnikar in sod., 2016b).

29. maj 2014 ob 7.24 po UTC (slika 5). Potres magnitude 3,4 se je zgodil na območju Cerknega, kjer je poškodoval nekaj posameznih zgradb. V Cerknem, Tolminu in Mostu na Soči je ocenjena intenziteta IV–V EMS-98. Lasaste razpoke v ometu so opazili v Ozeljanu, Kalu nad Kanalom, Slapu ob Idriji ter v Spodnji Kanomlji, vendar pa je bila zaradi drugih šibkih učinkov v teh naseljih ocenjena intenziteta IV EMS-98. Učinki IV EMS-98 so bili doseženi v krogu polmera približno 25 km od nadžarišča. »Hiša se je zazibala, kot bi bila na pudingu,« je lepo opisal dogajanje prebivalec Sovodenj. Zanimivo je, da so potres izraziteje čutili zahodno in južno od žarišča, na severovzhodu pa so bili učinki blažji in so segali do manj oddaljenih naselij. Potres so čutili tudi v zamejskih krajih v Italiji in Avstriji.

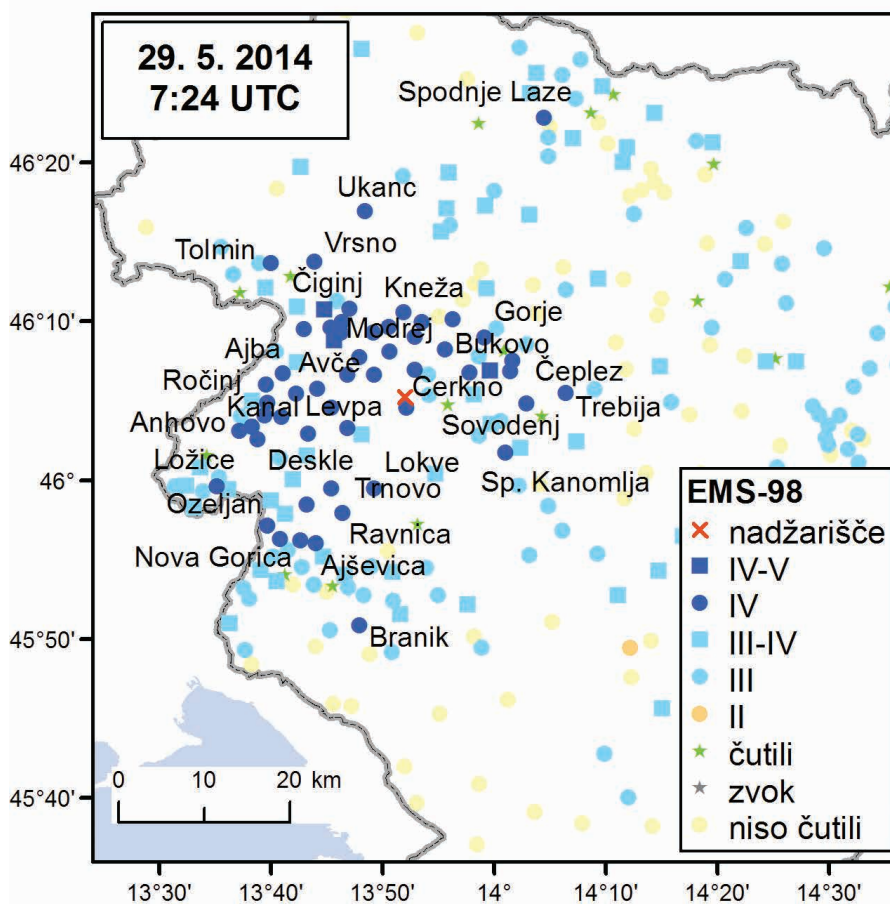
13. avgust 2014 ob 10.36 po UTC (slika 6). Potres blizu Pristave pri Ljutomeru je imel magnitudo 2,2, največjo intenziteto IV–V EMS-98 pa je dosegel v naselju Šafarsko in v Štrigovi na Hrvaškem. O učinkih IV EMS-98 so poročali prebivalci Pristave, Nunske Grabe, Središča ob Dravi in Velike Polane ter hrvaškega naselja Železna Gora.



Slika 4: Intenziteta potresa 22. aprila 2014 ob 8.58 po UTC v posameznih naseljih

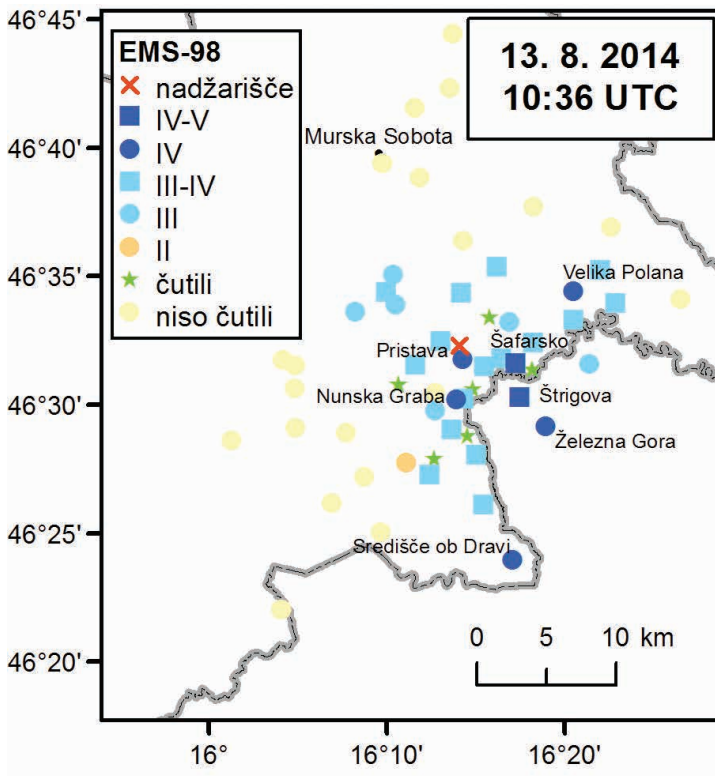
Figure 4: Intensity of earthquake on 22 April 2014 at 8:58 UTC in individual settlements.

Legend: nadžarišče = epicentre, čutili = felt, zvok = sound, niso čutili = not felt



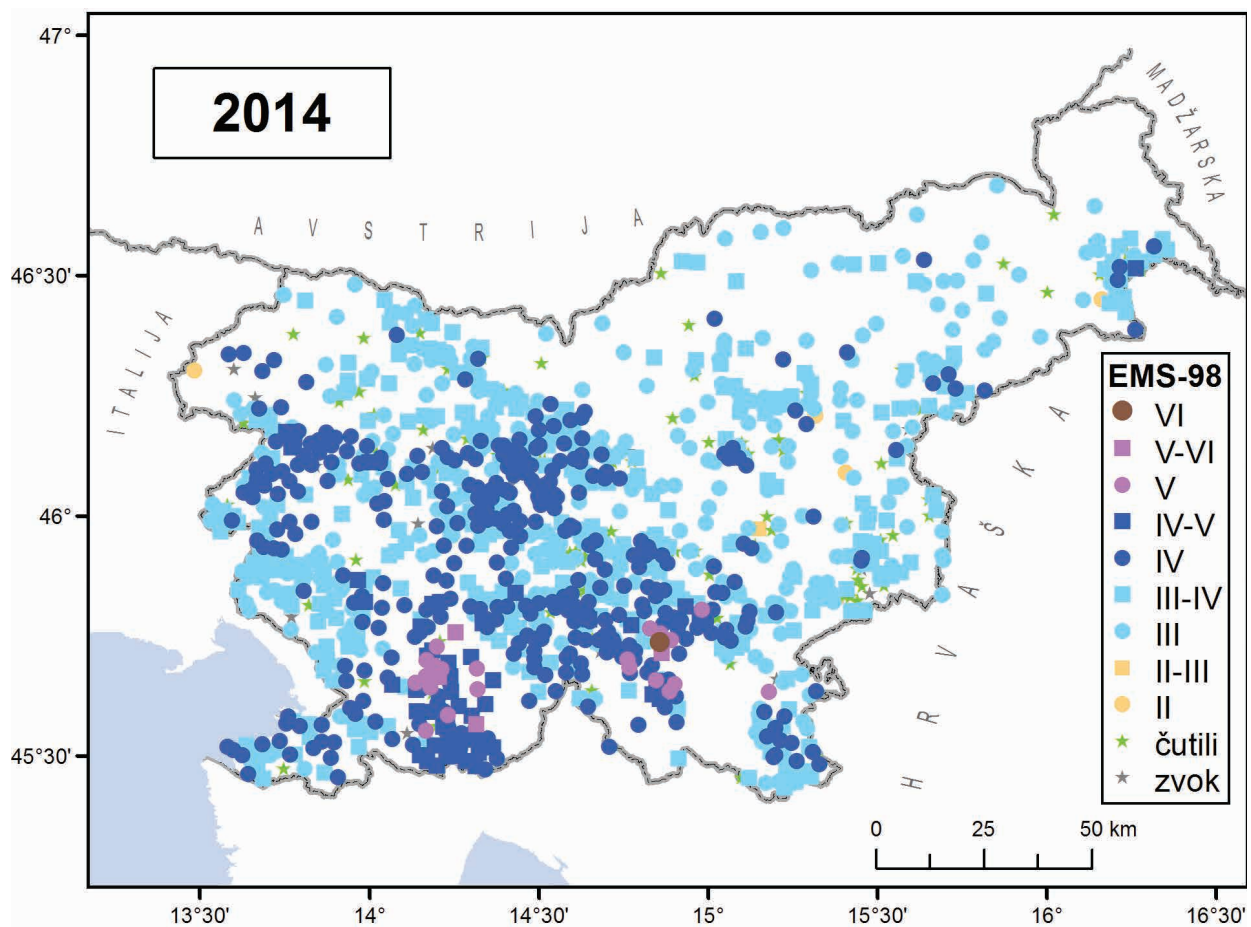
Slika 5: Intenziteta potresa 29. maja 2014 ob 7.24 po UTC v posameznih naseljih

Figure 5: Intensity of earthquake on 29 May 2014 at 7:24 UTC in individual settlements. Legend: nadžarišče = epicentre, čutili = felt, zvok = sound, niso čutili = not felt



Slika 6: Intenziteta potresa 13. avgusta 2014 ob 10.36 po UTC v posameznih naseljih

Figure 6: Intensity of earthquake on 13 August 2014 at 10:36 UTC in individual settlements. Legend: nadžarišče = epicentre, čutili = felt, zvok = sound, niso čutili = not felt

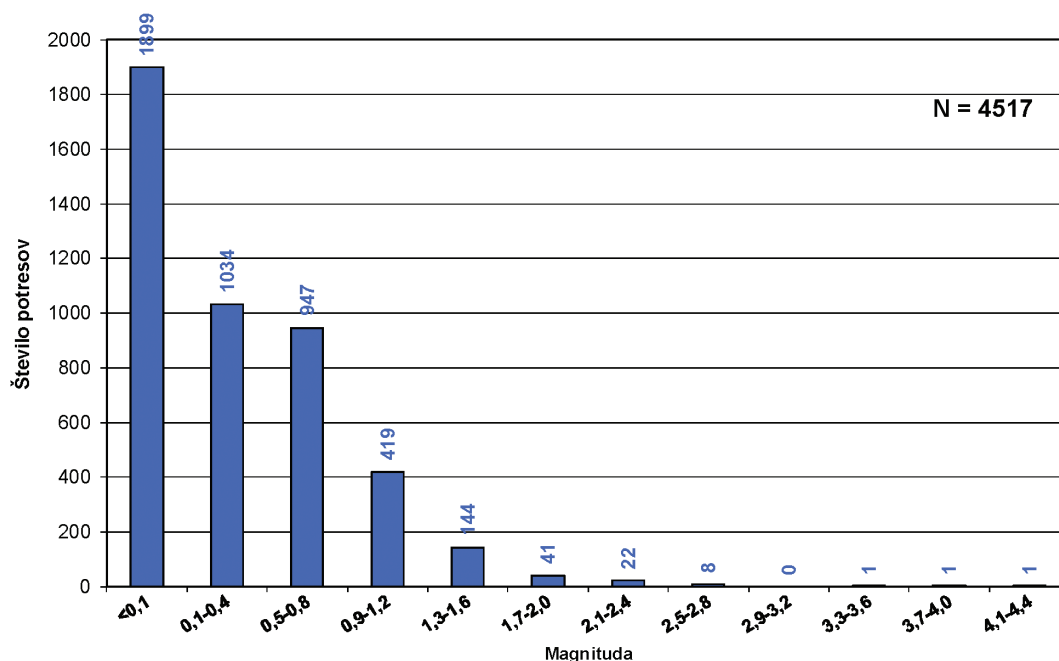


Slika 7: Največja intenziteta potresa izmed vseh, ki so se zgodili leta 2014, ocenjena v posameznih naseljih

Figure 7: Overall map of the maximum intensity of all earthquakes in 2014 felt by the inhabitants of Slovenia in individual settlements. Legend: nadžarišče = epicentre, čutili = felt, zvok = sound

Sklepne misli

Po številu potresov z lokalno magnitudo večjo ali enako 2,0 leto 2014 ne odstopa od dvajsetletnega povprečja. Histogram na sliki 8 kaže porazdelitev lokalne magnitude (MLV), ki smo jo določili 4517 potresom. 99 odstotkov teh potresov je imelo lokalno magnitudo manjšo od 1,7. Celotno število lokalnih potresov z opredeljenimi osnovnimi parametri in tudi število potresov, ki so jih ljudje čutili, pa v letu 2014 precej izstopa, predvsem zaradi potresov na območju Suhe krajine.



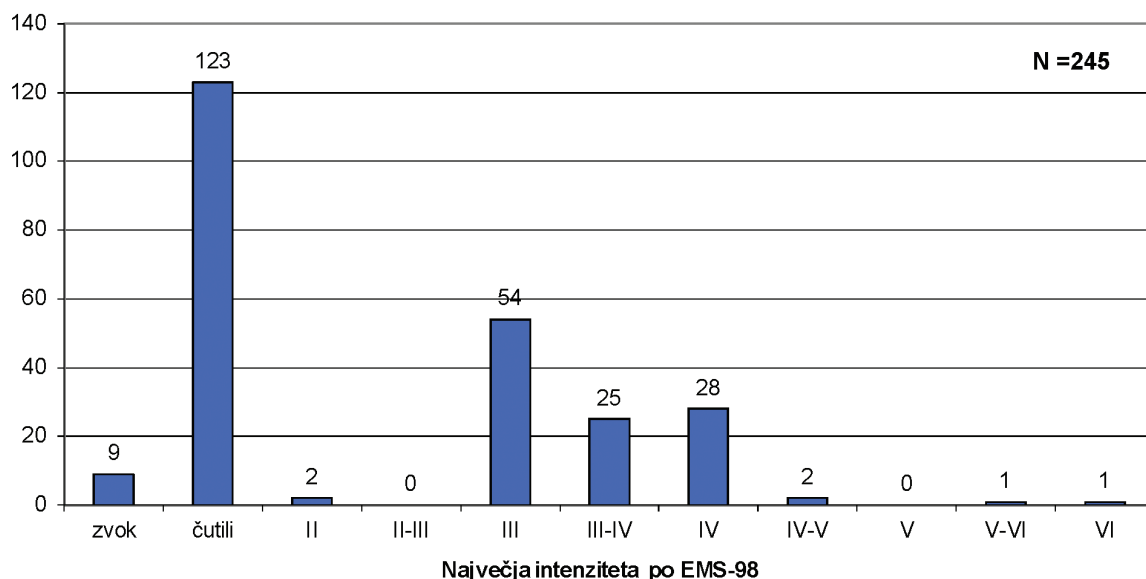
Slika 8: Porazdelitev potresov v Sloveniji leta 2014 glede na magnitudo MLV

Figure 8: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2014 with respect to MLV magnitude.

Makroseizmični podatki za potrese bi bili zelo pomanjkljivi ali celo nedostopni, če nam ne bi pomagali številni prostovoljni poročevalci (leta 2014 jih je bilo aktivnih več kot 4200), za kar se jim najlepše zahvaljujemo. Prostovoljnim poročevalcem smo leta 2014 poslali 6617 makroseizmičnih papirnih ali elektronskih vprašalnikov za 46 potresov. Poročevalci so izpolnili 62 % poslanih papirnih vprašalnikov. Deleža vrnjenih spletnih vprašalnikov ne poznamo, saj na spletnih vprašalnikih osebni podatki niso obvezni. Skupaj (zaprošenih ali poslanih na lastno pobudo) smo prejeli 5904 izpolnjene spletne vprašalnike, med katerimi je bilo:

- 4659 poročil, da so zaznali potres;
- 810 poročil, da niso zaznali potresa;
- 126 prebivalcev je čutilo nekaj drugega (rudniški dogodek, promet, veter itn.);
- 309 izpolnjenih vprašalnikov nima navedene lokacije oziroma naselja, zato jih pri ocenjevanju potresnih učinkov nismo mogli upoštevati.

V Sloveniji so leta 2014 prebivalci čutili vsaj 245 potresov (sliki 2 in 7). En potres je dosegel intenziteto VI EMS-98, eden V–VI EMS-98, dva intenziteto IV–V EMS-98, 28 potresov intenziteto IV EMS-98, 25 potresov III–IV EMS-98, 54 potresov III EMS-98, dva potresa pa intenziteto II EMS-98. Za preostale potrese (132) nam opazovalci niso posredovali dovolj informacij o učinkih, zato jim ni bilo mogoče določiti intenzitete. Intenziteta je v tem primeru opredeljena samo opisno in sicer z oznako čutili (123 potresov), oziroma zvok (9 potresov), če tresenja niso čutili, ampak so le slišali bobnenje (slika 9).

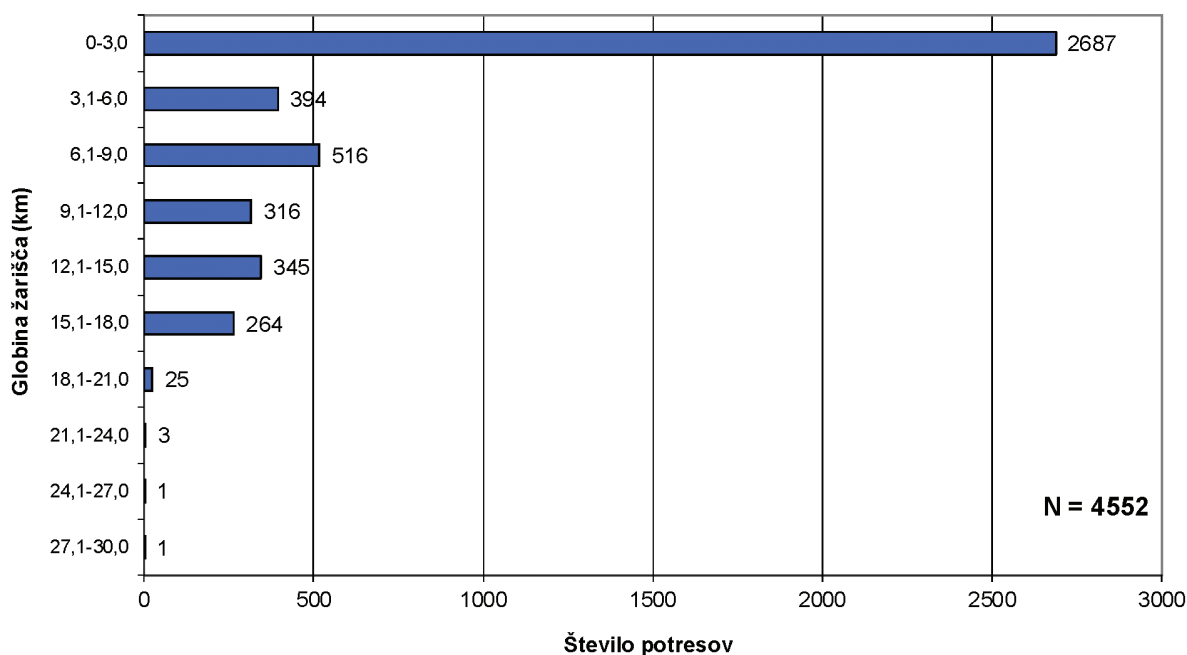


Slika 9: Porazdelitev potresov v Sloveniji leta 2014 glede na največjo intenziteto EMS-98

Figure 9: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2014 with respect to maximum EMS-98 intensity.

Porazdelitev potresov glede na globino žarišča (slika 10) kaže, da je imela večina od 4552 potresov na območju Slovenije in bližnje okolice žarišče do globine 24 km. 59 odstotkov potresov je imelo žariščno globino enako ali manjšo od 3 km, 34 odstotkov potresov se je zgodilo na globini med 3,1 in 15 km, 264 potresov je imelo žarišče v globini med 15,1 in 18 km, 30 potresov pa smo določili žariščno globino večjo od 18 km. Zaradi dolgega potresnega niza v Suhi krajini, kjer nastajajo potresi zelo plitvo, porazdelitev potresov glede na globino žarišča odstopa od običajne letne porazdelitve, za katero velja, da večina potresov v Sloveniji nastane na globini med 3,1 in 15 km.

Tudi leta 2014 smo pri zbiranju in izmenjavi podatkov sodelovali s seizmologi iz sosednjih držav. Zahvaljujemo se jim za poslane oziroma na spletu objavljene makroseizmične podatke.



Slika 10: Porazdelitev potresov leta 2014 glede na globino žarišča (v kilometrih)

Figure 10: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2014 with respect to focal depth (in kilometres).

Literatura

- ARSO, 2014–2015. Preliminarni tedenski seizmološki bilteni za 2014. Arhiv Agencije RS za okolje, Ljubljana.
- ARSO, 2015. Letni seizmološki bilteni, 1994–2013. Arhiv Agencije RS za okolje, Ljubljana.
- Grünthal, G. (ur.), 1998. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 15, Luxembourg, 99 p. Spletni naslov: http://media.gfz-potsdam.de/gfz/sec26/resources/documents/PDF/EMS-98_Original_english.pdf.
- GEOF-PMF, 2014–2015. Data reports (online). Geofizički odsjek Prirodoslovno-Matematičnog Fakulteta, Zagreb, Hrvaška. Spletni naslov: <http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/collect?Days=&yyyy=Year&mm=Mon&Reporter=ZAG> (uporabljeno 20. 3. 2015).
- Lienert, B. R., Berg, E., Frazer, L. N., 1988. HYPOCENTER: An earthquake location method using centered, scaled, and adaptively least squares. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 76, 771–783.
- Lienert, B. R., 1994. HYPOCENTER 3.2 – A Computer Program for Locating Earthquakes Locally, Regionally and Globally. Hawaii Institute of Geophysics & Planetology, Honolulu, 70 p.
- Michelini, A., Živčić, M., Suhadolc, P., 1998. Simultaneous inversion for velocity structure and hypocenters in Slovenia. *Journal of Seismology*, 2 (3), 257–265.
- OGS (Osservatorio Geofisico Sperimentale), 2014. Bolletino della Rete Sismometrica del Friuli Venezia Giulia. OGS, Centro ricerche sismologiche, Udine, computer file.
- Poljak, M., Živčić, M., Zupančič, P., 2000. The Seismotectonic Characteristics of Slovenia. *Pure appl. Geophys.*, vol. 57, 37–55.
- RGU (Republiška geodetska uprava), 1995. Centroidi naselij (geografske koordinate), računalniški seznam.
- Sinčič, P., Tasič, I., Živčić, M., Prosen, T., 2012. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2011. Potresi v letu 2011, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 9–16. Dostopno na naslovu: http://www.arso.gov.si/potresi/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/publikacija_2011_I.pdf.
- Šket Motnikar, B., Godec, M., Zupančič, P., 2016a. Učinki potresov v Suhi krajini leta 2013 in 2014. Potresi v letu 2014 (ur. dr. A. Gosar), Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 64–75.
- Šket Motnikar, B., Zupančič, P., Godec, M., 2016b. Učinki potresa 22. aprila 2014 pri Pivki. Potresi v letu 2014 (ur. dr. A. Gosar), Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 85–92.
- Tóth, L., Mónus, P., Zsíros, Kiszely, M., 2014. Hungarian Earthquake Bulletin 2014. *GeoRisk*, Budapest, 2015. Spletni naslov: http://www.georisk.hu/Bulletin/HEB_2014.pdf (uporabljeno 20. 3. 2015).
- ZAMG, 2014–2015. Preliminary bulletin of regional and teleseismic events recorded with ZAMG-stations in Austria. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- Živčić, M., Čarman, M., Ložar Stopar, M., 2016a. Potresi v Suhi krajini leta 2013 in 2014. Potresi v letu 2014 (ur. dr. A. Gosar), Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 55–63.
- Živčić, M., Čarman, M., Ložar Stopar, M., 2016b. Potres 22. aprila 2014 pri Pivki in popotresi. Potresi v letu 2014 (ur. dr. A. Gosar), Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
- Živčić, M., Bondár, I., Panza, G. F., 2000. Upper Crustal Velocity Structure in Slovenia from Rayleigh Wave Dispersion. *Pure Appl. Geophys.*, Vol. 157, 131–146.

**Izidor Tasič, Marko Mali, Luka Pančur, Peter Sinčič, Igor Pfundner,
Bojan Uran, Jože Prosen**

DELOVANJE DRŽAVNE MREŽE POTRESNIH OPAZOVALNIC V LETU 2014

OPERATION OF SEISMIC NETWORK OF SLOVENIA IN 2014

Povzetek

V prispevku je v strnjeni obliki podana analiza delovanja Državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO) v letu 2014. Povzeti so vsi pomembnejši dogodki in posodobitve, ki so tako ali drugače vplivali na delovanje DMPO, ter predstavljeni glavni parametri, ki opisujejo zanesljivost delovanja DMPO. Številsko so prikazane prekinitve s posamezno potresno opazovalnico (izpad) glede na časovno trajanje izpada. Za najdaljši izpad na posamezni potresni opazovalnici smo podali tudi njegov vzrok. Predstavljeni so časovni intervali, znotraj katerih istočasno več potresnih opazovalnic ni pošiljajo podatkov v središče za obdelavo. Na rezultatih analize temelji razvoj in izvedba posodobitev, ki prispevajo k boljšemu in zanesljivejšemu delovanju DMPO.

Abstract

The results of the analysis of the operation of Seismic Network of the Republic of Slovenia (SNRS) in 2014 are presented. The main upgrades and events, which have influenced the operating quality of SNRS, are described. We were interested in the number and the duration of out-of-operation periods (OOOP) for all seismic stations. The analysis of causes of the longest OOOP for particular seismic station was made. Some parameters, which illustrate the functioning of the whole seismic network, are presented. Time intervals in which more seismic stations were not functioning simultaneously are calculated and presented. Every year several improvements have been made based on the results of the analysis, contributing to better and more reliable operation of SNRS.

Uvod

Državno mrežo potresnih opazovalnic (DMPO) sestavlja 26 sodobno opremljenih digitalnih opazovalnic (slika 1). Posamezna potresna opazovalnica je opremljena z zajemalno enoto Quanterra 730 (Q730) in trikomponentnim dolgo-periodnim seizmometrom CMG različnih izvedb ali STS-2. Na petih potresnih opazovalnicah je poleg seizmometra nameščen še pospeškometer tipa EpiSensor, na treh pa pospeškometer tipa FBA-23. Z dodatnimi pospeškometri smo povečali dinamično območje potresnih opazovalnic, kar omogoča beleženje večjih amplitud nihanja tal. Poleg seizmološke merilne opreme se na opazovalnicah nahaja še podporna oprema, ki jo delimo v štiri sklope: komunikacijska oprema, oprema za zagotavljanje neprekinjene oskrbe z električno energijo, oprema za dodaten nadzor delovanja zajemalnih enot ter oprema za nadzor okoljskih parametrov in delovanja GSM modemov. Glavne naloge Sektorja za potresna opazovanja v Uradu za seizmologijo in geologijo so neprestano spremljanje delovanja opreme na DMPO, zagotavljanje optimalne kakovosti seizmoloških podatkov in v največjem možnem obsegu preprečevanje izgube teh podatkov. V ta namen izvajamo različne analize, na osnovi katerih izboljšujemo delovanje DMPO.

Vsi posegi na DMPO ter rezultati obsežne analize vseh pomembnih parametrov, ki vplivajo na kakovost delovanja DMPO, so podani v internem poročilu (SPO, 2014). V tem prispevku podajamo le pomembnejše. Analiza obravnava naslednje parametre, ki opisujejo kakovost delovanja DMPO:

- Število izpadov posamezne potresne opazovalnice glede na trajanje izpada. Za daljše izpade (več kot 2 uri), ki niso bili posledica napake na komunikacijah, podajamo tudi njihove vzroke.
- Skupno trajanje izpadov posamezne potresne opazovalnice glede na določen časovni interval ter skupno trajanje izpadov posamezne potresne opazovalnice v določenem mesecu. Rezultati za posamezno opazovalnico so podani v obliki tabel in grafov.

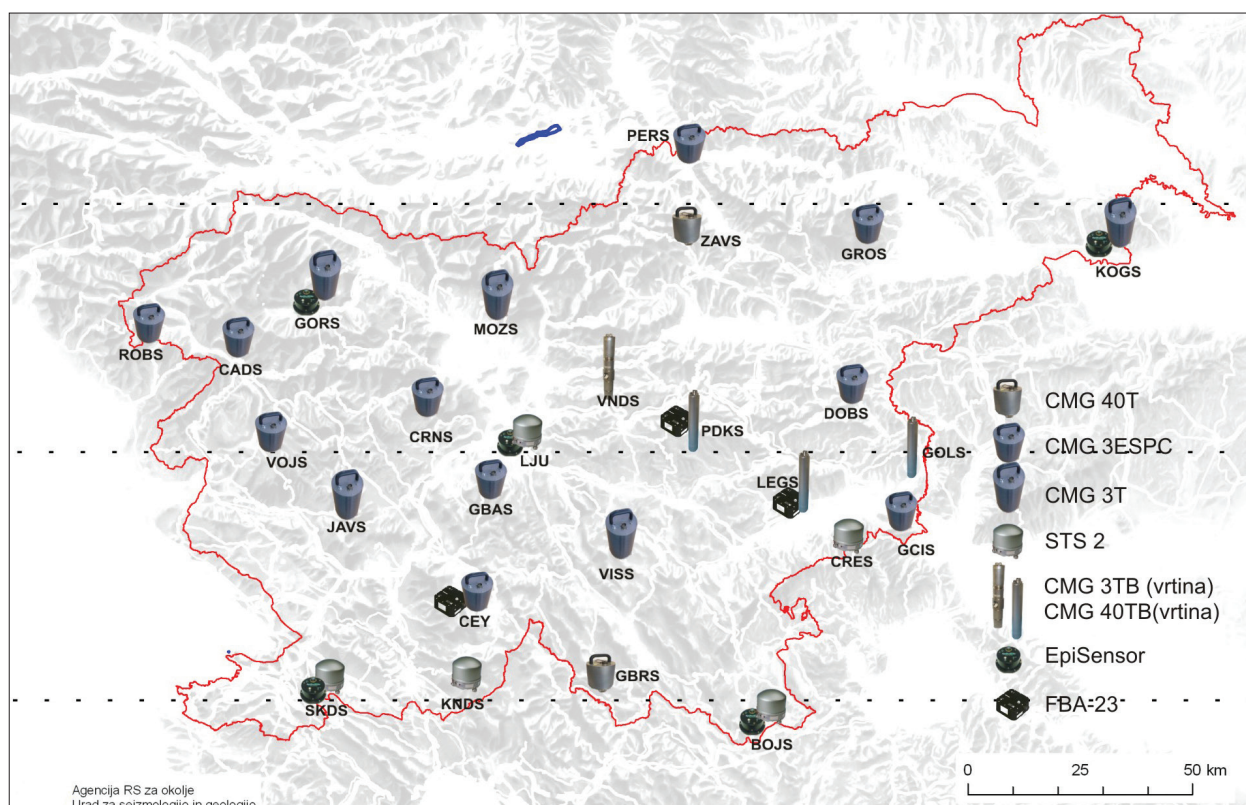
- Število in datum ponovnih zagonov (reboot) zajemalne enote Q730.
- Podroben opis izpadov, ki so povzročili izgubo podatkov.
- Število samodejnih nastavitvev mirovne lege seizmometra za opazovalnice opremljene s tipom seizmometra, ki to funkcijo omogoča.
- Število samodejnih ponovnih zagonov (reset) GSM modemov (opazovalnice: KNDS, JAVS, GCIS in ZAVS).
- Analiza nivoja celotnega seizmičnega nemira, ki predstavlja kombinacijo naravnih in umetnih seizmičnih izvorov, na posamezni potresni opazovalnici.
- Časovni potek mirovne lege in napajalne napetosti na posamezni potresni opazovalnici.
- Časovni potek vrednosti temperature ob seizmometru.
- Analiza vdorov vode v jaške potresnih opazovalnic. Podajamo število vdorov vode in datume omenjenih dogodkov.

Glavne posodobitve, ki smo jih leta 2014 izvedli na DMPO pa so naslednje:

- Posodobitev napajalnih sistemov (Mali in sod., 2008). Celotna DMPO je bila leta 2014 opremljena z napajalnim sistemom, ki nudi več kot 24 urno avtonomijo (24–48 ur). Leta 2014 smo omenjene sisteme predvsem vzdrževali in kontrolirali. Na nekaj potresnih opazovalnicah smo zamenjali akumulatorje, akumulatorske polnilce in akumulatorske zaščite.
- Namestitev mikrokontrolnih enot ArduinoUno za kontrolo delovanja GSM modema na vse potresne opazovalnice, ki so opremljene z GSM modemi (Mali in sod., 2013), ter namestitev enot ArduinoUno za detekcijo vdora vode in pravočasno ukrepanje ob tem na potresne opazovalnice, kjer v jaške zaradi različnih vzrokov vdira voda (Mali, 2014).
- Posodobitev zajemalnega sistema s senzorji tipa CMG-3T in CMG-3ESPC. S tem smo dosegli, da beležimo nihanje tal na širšem frekvenčnem območju. Izboljšali smo tudi kakovost zabeleženih seizmičnih signalov. Prav tako omogočajo seizmometri tipa CMG-3T oziroma CMG-3ESPC daljinsko kontrolo in nastavljanje mirovne lege seizmometra, kar nam v praksi prihrani marsikateri terenski poseg.
- Izvedba dodatne temperaturne izolacije seizmometrov. S tem smo izboljšali kakovost zajetih seizmičnih signalov. Izboljšava je vidna predvsem na dolgo-periodnem delu zapisa. Leta 2014 smo na vrsti potresnih opazovalnic obstoječo izolacijsko polnilo zamenjali s stiropornimi krogljicami, ki nudijo boljšo termično stabilnost in so neobčutljive na vlago.
- Namestitev nadzornih sistemov. Leta 2013 smo zaradi vdora vode v večje število potresnih opazovalnic razvili aplikacijo (Mali, 2014), ki omogoča detekcijo vdora vode v obeh jaških potresne opazovalnice ter sočasno spremlja temperaturo ob seizmometru (znotraj izolacijske posode). Aplikacija je sestavljena iz več sklopov strojne in programske opreme. Temperatura se beleži vsakih 10 min, medtem ko se morebitni vdor vode preverja vsako uro. V primeru, da nivo vode v enem od jaškov preseže kritično vrednost (10 cm), nas sistem o tem obvesti preko elektronske pošte. Vsi podatki se shranjujejo na enoti JetBox. Ob koncu leta 2014 je bilo s takšnim nadzornim sistemom opremljenih 20 potresnih opazovalnic.

Problemi, ki so leta 2014 povzročili tudi izgubo podatkov, so bili:

- daljši izpadi na komunikacijah in dobavi električne energije zaradi posledic žleda (februar 2014);
- napake na seizmometrih tipa CMG-3ESPC, razdelilnih enotah seizmometra (BreakOutBox Unit), povezovalnih kablil med zajemalno enoto Q730 in razdelilno enoto seizmometra CMG3ESPC (CEY, CADS, DOBS, GBAS, GCIS, GROS, KOGS);
- napaka na povezovalnem kablu med STS-2 in Q730 (GCIS);
- problemi z GSM modemi in menjava GSM operaterja (ponovna orientacija GSM anten ter ponovna konfiguracija GSM modemov);
- problemi z vdori vode v jaške potresnih opazovalnic (CRNS, DOBS, LEGS, MOZS, KOGS).



Slika 1: Razporeditev različnih tipov seizmometrov po posameznih potresnih opazovalnicah DMPO

Figure 1: Seismic network of the republic of Slovenia showing the seismometer types and their locations

Delovanje DMPO v letu 2014

Leta 2014 je bila celotna DMPO že opremljena z dodatnimi zunanjimi pomnilniškimi enotami JetBox. S tem smo se izognili izgubi podatkov ob izpadu komunikacij daljšem od dveh ur (Tasič in sod., 2010), saj so bile pred tem glavni razlog za izgubo podatkov ravno težave s komunikacijo. Do trajne izgube seizmičnih podatkov lahko še vedno pride ob prekinitvi oskrbe potresne opazovalnice z električno energijo daljšo od 24 ur ali zaradi okvare seizmološke merilne opreme. Leta 2014 so bile štiri potresne opazovalnice (JAVS, ZAVS, GCIS in KNDS), kjer komunikacija poteka preko GSM modema, opremljene s sistemom za samodejni ponovni zagon (Mali in sod., 2013). GSM modemi so bili v preteklosti nezanesljivi in so bili pogosto vzrok za prekinitve komunikacije. To smo lahko zopet vzpostavili le tako, da smo na sami lokaciji fizično ponovno zagnali GSM modem (izklop/vklop). Leta 2014 smo nadaljevali z nameščanjem nadzornega sistema (Mali, 2014) na DMPO, ki omogoča nadzor temperature ob seizmometru, preverja potencialni vdor vode v obeh jaških ter v primeru odstopanja parametrov od mejnih vrednosti o tem obvesti dežurnega tehnika.

Na sliki 2 je podan pregled delovanja DMPO v letu 2014. Črna barva predstavlja nedelovanje oziroma izpad potresne opazovalnice. Pregled vseh izpadov ter opis najdaljših izpadov za posamezno potresno opazovalnico so podani v preglednicah 1 in 2. Večina daljših izpadov, ki so posledica napak na komunikacijskih poteh, ne predstavlja več izgube podatkov, ampak le onemogoča analizo morebitnega dogodka v realnem času.

V februarju leta 2014 je bilo zaradi žledoloma kar nekaj daljših prekinitvev komunikacij s potresnimi opazovalnicami. Glavni vzrok so bile prekinjene komunikacijske povezave in motena dobava z električno energijo. Natančni podatki o dolžini posameznega izpada so podani v preglednici 2 in na sliki 2 (daljše nedelovanje potresnih opazovalnic v februarju – črna barva).

Preglednica 1: Skupni podatki o številu izpadov in njihovem trajanju ter številu samodejnih nastavitvev mirovne lege za DMPO v letu 2014.

Table 1: An overview of the out-of-operation periods (OOOP) for particular seismic station and the number of mass recentering events in 2014.

oznaka opazovalnice	število vseh izpadov	skupno trajanje vseh izpadov	število izpadov daljših od 2h	število avtomatskih nastavitvev mirovne lege
station code	number of OOOP	total duration of OOOP	number of OOOP > 2h	number of mass recentering events
BOJS	431	6d 20h 49m 16s	4	5
CADS	49	3d 8h 46m 34s	1	6
CEY	168	30d 1h 15m 0s	5	0
CRES	744	18d 12h 26m 24s	2	26
CRNS	72	155d 3h 58m 5s	2	30
DOBS	82	8d 6h 35m 40s	1	32
GBAS	236	36d 1h 56m 59s	24	0
GBRS	180	65d 22h 15m 3s	8	/
GCIS	2423	9d 3h 56m 46s	6	7
GOLS	396	2d 23h 33m 20s	1	/
GORS	114	3d 20h 24m 53s	6	2
GROS	1348	33d 18h 54m 28s	9	0
JAVS	5344	28d 11h 34m 8s	10	4
KNDS	1141	27d 11h 12m 19s	23	21
KOGS	56	11h 8m 47s	1	8
LEGS	968	4d 13h 31m 53s	5	/
LJU	1124	2d 4h 49m 54s	2	6
MOZS	186	16d 20h 44m 6s	5	16
PKDS	45	5h 13m 52s	0	/
PERS	1472	31d 21h 18m 6s	15	0
ROBS	508	20h 27m 4s	0	2
SKDS	70	4h 33m 25s	0	7
VISS	33	16h 24m 11s	1	4
VNDS	107	6h 6m 40s	0	3
VOJS	293	25d 1h 43m 30s	5	1
ZAVS	1269	7d 19h 5m 49s	2	/
skupaj	18859	521dni 1ura	138	180

Na sliki 3 je podano skupno trajanje izpadov glede na število sočasno nedelujočih opazovalnic. Posamezna vrednost predstavlja skupno trajanje vseh sočasnih izpadov natanko določenega števila opazovalnic. Stolpci se med seboj izključujejo. Skupno trajanje izpadov v posameznem stolpcu predstavlja vsoto vseh izpadov, v katere je vključeno pripadajoče število opazovalnic. Koliko izpadov vključenih v celoto posameznega stolpca predstavlja kritični izpad (izguba podatkov v realnem času več kot 70 % potresnih opazovalnic za več kot eno uro), iz stolpca ni razvidno. Podatki o kritičnih izpadih so v preglednici 4. Sam postopek samodejnega določanja mesta

Preglednica 2: Pregled najdaljšega izpada za posamezno potresno opazovalnico DMPO in razlogi zanj
Table 2: An overview and causes for the longest out-of-operation periods for particular seismic station.

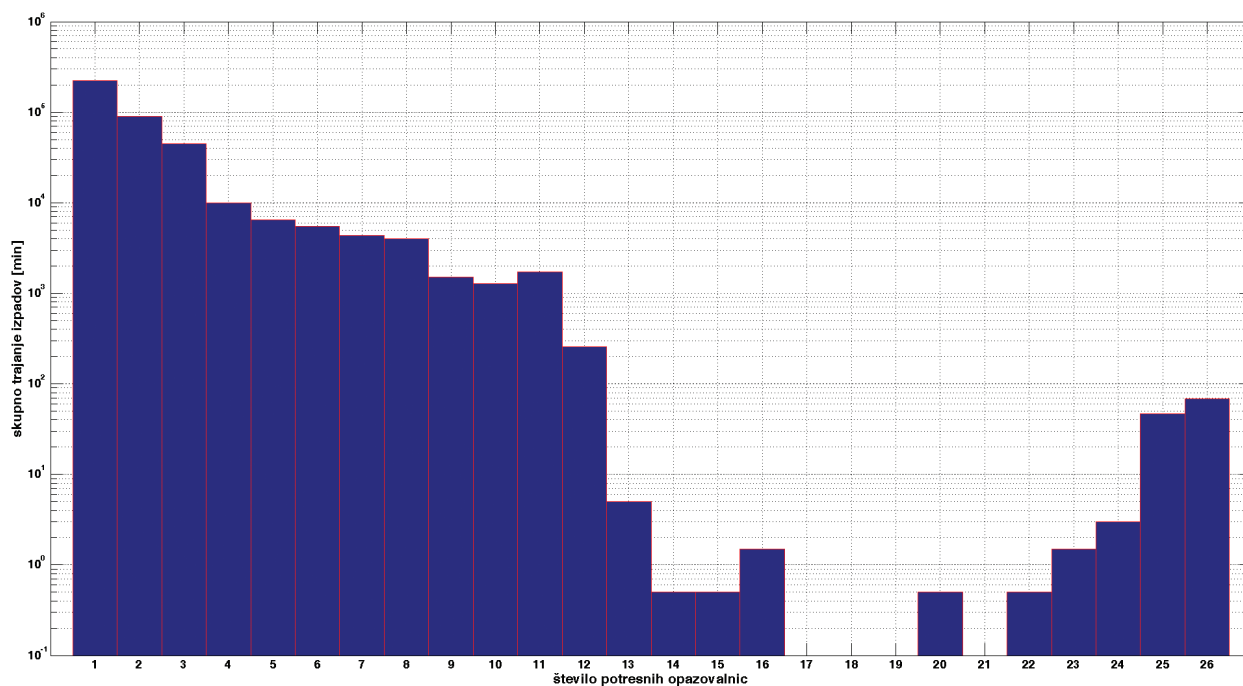
oznaka opazovalnice	nastop najdaljšega izpada	trajanje najdaljšega izpada	vzrok najdaljšega izpada
station code	date/time of the longest OOP	duration of the longest OOP	cause for the longest OOP
BOJS	8. 1./ 12:49	2d 17h 43m	daljša prekinitev komunikacij
CADS	2. 5./ 7:18	3d 3h 43m	posledice žleda
CEY	2. 1./ 20:33	20d 13h 30m	posledice žleda
CRES	10. 13./ 10:40	14d 22h 32m	demontaža seizmometra zaradi neustreznega delovanja – napaka na povezovalnem kablu
CRNS	8. 5./ 0:29	148d 23h 30m	pretrgani električni in tel. vodi zaradi plazu
DOBS	9. 17./ 9:35	7d 22h 40m	okvara seizmometra zaradi vdora vode – demontaža
GBAS	2. 2./ 2:39	16d 5h 57m	posledice žleda
GBRS	6. 30./ 2:55	25d 5h 15m	udar strele – poškodovanih več sklopov opreme
GCIS	11. 23./ 15:54	2d 17h 48m	okvara usmerjevalnika – menjava
GOLS	5. 4./ 10:22	2d 0h 54m	daljši izpad na komunikacijah
GORS	2. 1./ 19:17	1d 20h 41m	posledice žleda
GROS	2. 4./ 6:44	14d 4h 43m	posledice žleda
JAVS	12. 5./ 5:58	6d 4h 52m	izpad napajanja – pretrgani električni vodi
KNDS	6. 25./ 9:07	5d 22h 22m	težave z GSM komunikacijo – napaka na strani operaterja
KOGS	9. 18./ 23:17	2h 55m	krajša prekinitev komunikacij
LEGS	9. 16./ 12:16	1d 0h 29m	preventivni izklop seizmometra – vdor vode
LJU	9. 4./ 14:05	2h 50m	krajša prekinitev komunikacij
MOZS	2. 5./ 21:33	8d 10h 28m	posledice žleda
PKDS	9. 13./ 19:03	1h 56m	krajša prekinitev komunikacij
PERS	2. 5./ 12:13	7d 23h 59m	posledice žleda
ROBS	9. 20./ 19:02	0h 47m	krajša prekinitev komunikacij
SKDS	9. 1./ 09:01	0h 23m	krajša prekinitev komunikacij
VISS	7. 9./ 9:11	13h 27m	problemi z napajanjem in napaka v delovanju enote Q730
VNDS	9. 20./ 19:02	0h 47m	krajša prekinitev komunikacij
VOJS	2. 2./ 10:55	23d 2h 54m	posledice žleda
ZAVS	2. 3./ 1:38	4d 7h 15m	posledice žleda

žarišča potresa vsebuje številne neznanke. Zmanjšamo jih s čim večjim številom potresnih opazovalnic, ki sodelujejo pri samodejni analizi. Če v trenutku potresa izpade večje število potresnih opazovalnic, je določitev potresnih parametrov otežena oziroma manj točna. Pregled sočasnih izpadov je podan v preglednici 4.



Slika 2: Pregled delovanja DMPO v letu 2014. Izpadi so označeni s črno barvo. Ločljivost slike omogoča, da so vidni le izpadi daljši od treh ur.

Figure 2: An overview of out-of-operation periods for seismic network of Slovenia in 2014. The resolution of the picture makes possible to differentiate only out-of operation periods, which are longer than three hours.



Slika 3: Skupno trajanje izpadov več potresnih opazovalnic DMPO hkrati v letu 2014

Figure 3: The total duration of OOP's that occurred at several seismic stations simultaneously in 2014.

Preglednica 4: Število izpadov (interval v minutah) glede na število sočasno izpadlih potresnih opazovalnic DMPO v letu 2014

Table 4: A number of out-of-operation periods (intervals in minutes) in 2014 that occurred at several seismic stations simultaneously.

število opaz./ no. of stations	dolžina trajanja izpadov / length of downtime						
	0–5 min	5–15 min	15–30 min	30–45 min	45–60 min	60–120 min	> 120 min
2	6312	1554	440	209	113	190	105
3	3196	645	171	68	39	67	69
4	1244	229	35	13	7	9	12
5	294	82	28	16	10	14	11
6	294	102	50	23	15	9	2
7	299	100	36	8	7	7	4
8	194	68	30	11	11	12	3
9	151	57	10	6	3	1	0
10	78	22	12	3	4	3	1
11	54	15	3	2	0	2	5
12	16	5	2	1	0	1	0
13	2	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
16	3	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	3	0	0	0	0	0	0
24	1	0	0	0	0	0	0
25	11	1	1	0	0	0	0
26	8	1	2	0	0	0	0

Zaključek

V prispevku smo predstavili glavne posodobitve, ki smo jih v letu 2014 izvedli na DMPO, in glavne rezultate analize delovanja DMPO. Ugotovili smo, da se izpadi oz. prekinitve v komunikaciji s posamezno potresno opazovalnico nenehno pojavljajo. Medtem ko je vzrok krajših izpadov vedno neka manjša napaka na komunikacijah, pa so vzroki daljših izpadov raznovrstni. V grobem jih lahko delimo v tri skupine. V prvi skupini so problemi z dobavo električne energije. Za odpravo te težave smo že leta 2010 končali posodobitev stikal FID na celotni mreži potresnih opazovalnic. V drugo skupino spadajo komunikacijske težave. Že leta 2013 smo na potresne opazovalnice, ki so opremljene z GSM modemi (JAVS, ZAVS, GCIS in KNDS) namestili opremo, ki v primeru nedelovanja GSM modema le-tega samodejno ponovno zažene. Februarja leta 2014 je bilo zaradi žleda več izpadov posameznih potresnih opazovalnic tako zaradi problemov v doba-

vi električne energije, kakor tudi zaradi poškodovanih komunikacijskih poteh. Vendar je najdaljši izpad na posamezni opazovalnici povzročil udar strele (preglednica 2). V tretjo skupino pa uvrščamo okvare seizmološke opreme (okvare na seizmometrih in zajemalnih enotah).

Leta 2014 je bilo pet kritičnih izpadov, ko v realnem času več kot 70 % opazovalnic istočasno ni pošiljalo podatkov v središče za obdelavo podatkov.

Ugotovljeni rezultati podrobne analize delovanja DMPO so nam v veliko pomoč tudi pri nadaljnjem delu, saj z njimi opredelimo najpogostejše napake, ki povzročijo posamezen izpad oziroma so vzrok za slabšo kvaliteto zajetih seizmičnih signalov. Na podlagi teh spoznanj izboljšujemo opremo in postopke na mreži potresnih opazovalnic ter tako izboljšujemo njeno delovanje in preprečujemo morebitne okvare.

Literatura

- Mali, M., 2014, Nadzorni sistem za kontrolo nivoja vode in stabilnosti temperature, Potresi v letu 2013, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 48-52.
- Mali, M., Tasič, I., Pančur, L., 2013, Samodejni nadzor delovanja gsm modemov, Potresi v letu 2012, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 38-40.
- Mali, M., Tasič, I., 2011, Vpliv temperaturnih sprememb na delovanje dolgoperiodnih seizmometrov, Potresi v letu 2010, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 62-70.
- Mali, M., Tasič, I., Pančur, L., 2008, Vpliv brezprekinitvenega napajanja na delovanje potresne opazovalnice. Potresi v letu 2007, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 54-59.
- Tasič, I., Pančur, L., Pfundner, I., Mali, M., 2010, Povečanje lokalnega pomnilnika za zajemalne enote Q730, Potresi v letu 2009, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 36-39.
- Tasič, I., Mali, M., Pančur, L., 2011, Temperaturna stabilnost potresne opazovalnice, Potresi v letu 2010, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 57-61.
- SPO, 2014, Državna mreža potresnih opazovalnic, delovanje v letu 2014, interno poročilo, Ljubljana.

Jurij Pahor

UČINKOVITOST PRIDOBIVANJA PODATKOV IZ DRŽAVNE MREŽE POTRESNIH OPAZOVALNIC V LETU 2014

SEISMIC DATA ACQUISITION EFFICIENCY FOR SEISMIC NETWORK OF THE REPUBLIC OF SLOVENIA IN 2014

Povzetek

Izguba podatkov iz šestindvajsetih opazovalnic Državne mreže potresnih opazovalnic je leta 2014 znašala 2,8 % za podatkovne nize s frekvenco vzorčenja 200 vzorcev v sekundi (HH) ter 2,7 % za podatkovne nize s frekvenco vzorčenja 20 vzorcev v sekundi (BH). Delovanje večine opazovalnic je bilo stabilno, večje izpade podatkov smo zabeležili na opazovalnicah Cerknica (CEY), Gornja Briga (GBRS) in Vojsko (VOJS), opazovalnica na Črnem Vrhu (CRNS) pa ni delovala od avgusta naprej.

Abstract

The seismic network of the Republic of Slovenia includes twenty six seismic stations. The data loss in 2014 was 2.8 % for 200 sps data streams (HH) and 2.7 % for 20 sps data streams (BH). Larger data loss was accounted for stations CEY and VOJS due to a sleet storm, while station GBRS was struck by lightning. Station CRNS was not in function since August due to a landslide interrupting the power and communication cables.

Uvod

V poročilu o učinkovitosti pridobivanja podatkov so obravnavane opazovalnice Državne mreže potresnih opazovalnic (Sinčič P. in sod., 2016). Povzetek količine zbranih podatkov je narejen na osnovi wfdisc tabele arhivske podatkovne baze sistema Antelope (Boulder Real Time Technologies, 2016) za podatkovne nize s frekvenco vzorčenja 200 izmerkrov v sekundi (HH) in 20 izmerkrov v sekundi (BH). Izguba podatkov za posamezne opazovalnice in za celotno mrežo skupaj je podana kot odstotek in je definirana z razliko med pričakovano količino podatkov ter pridobljeno količino podatkov (Pahor J. in sod., 2007).

Izguba podatkov v letu 2014

V poročilu je zajetih šestindvajset potresnih opazovalnic Državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO). Večje izpade seizmičnih podatkov smo zabeležili na opazovalnicah Cerknica (CEY), Gornja Briga (GBRS), Vojsko (VOJS) ter Črni Vrh (CRNS) (preglednica 1, slika 1). Iz prispevka, ki natančneje opisuje delovanje DMPO opazovalnic leta 2014 (Tasič I. in sod., 2016) lahko povzamemo pomembnejše razloge za izgubo podatkov. Opazovalnica v Cerknici v začetku februarja zaradi posledic žledu 20 dni ni delovala, opazovalnica na Vojskem iz enakega razloga ni delovala 23 dni. Opazovalnica v Gornji Brigi v juliju ni delovala 25 dni, in sicer zaradi poškodb od udara strele. Opazovalnica na Črnem Vrhu je 8. maja zaradi plazu ostala brez električne in komunikacijske povezave, ponovni začasen priklop je bil izveden šele 27. januarja 2015.

Pri naštetih izpadih je bilo prekinjeno električno napajanje, zato tudi ni delovalo zajemanje podatkov v modulih JetBox na lokacijah opazovalnic. Skupna izguba podatkovnih nizov z vzorčenjem 200 vzorcev na sekundo tako znaša 2,8 %, pri nizih z vzorčenjem 20 vzorcev na sekundo pa 2,7 %.

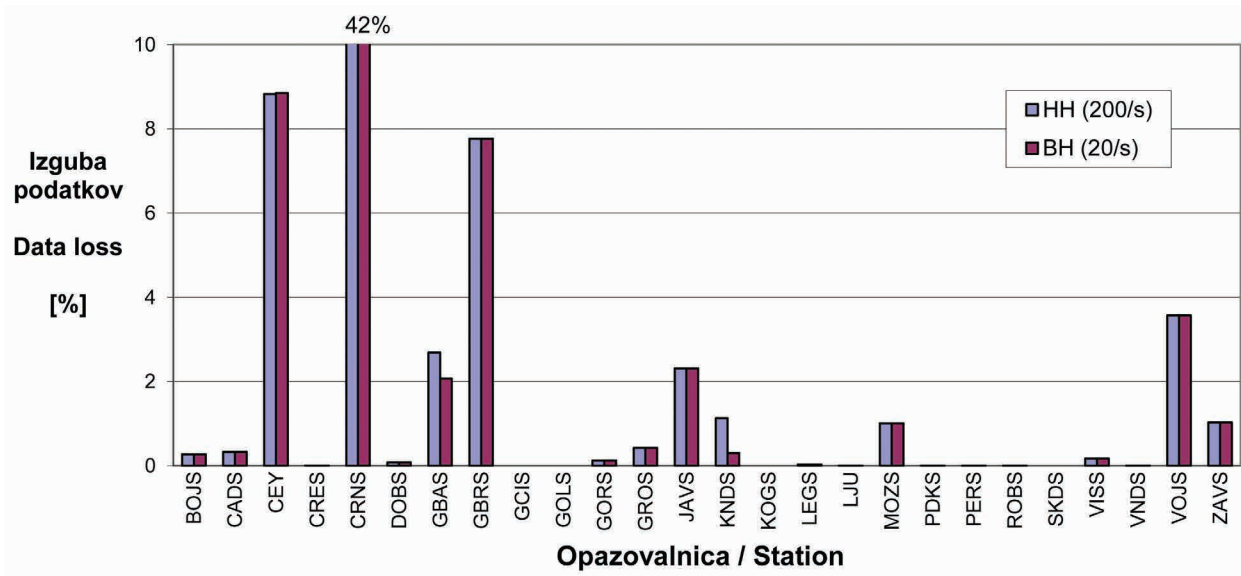
Preglednica 1: Izguba podatkov po opazovalnicah v letu 2014 za tri komponente HH in BH podatkovnih nizov, izražena kot razlika v odstotku med dejansko ter pričakovano količino podatkov. Pri senzorjih v vrčinah (GOLS, LEGS, PKDS, VNDS) so podatkovni nizi HH1 navedeni kot HHE, HH2 pa kot HHN.

Table 1: Data loss as percentage of difference between actual and expected amount of data for three-channel HH and BH data streams for each seismic station in 2014. Borehole sensors (GOLS, LEGS, PKDS, VNDS) are oriented randomly, thus the channels HH1 are accounted as HHE and HH2 as HHN.

%	HHE	HHN	HHZ	BHE	BHN	BHZ
BOJS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
CADS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
CEY	8,9	9,0	8,6	8,8	9,1	8,7
CRES	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CRNS	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0
DOBS	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
GBAS	2,7	2,7	2,6	2,1	2,1	2,1
GBRS	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
GCIS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
GOLS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
GORS	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
GROS	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
JAVS	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
KNDS	0,9	1,2	1,3	0,1	0,4	0,4
KOGS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LEGS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LJU	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MOZS	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
PKDS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PERS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ROBS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SKDS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VISS	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
VNDS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VOJS	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
ZALS	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
mreža / network	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7

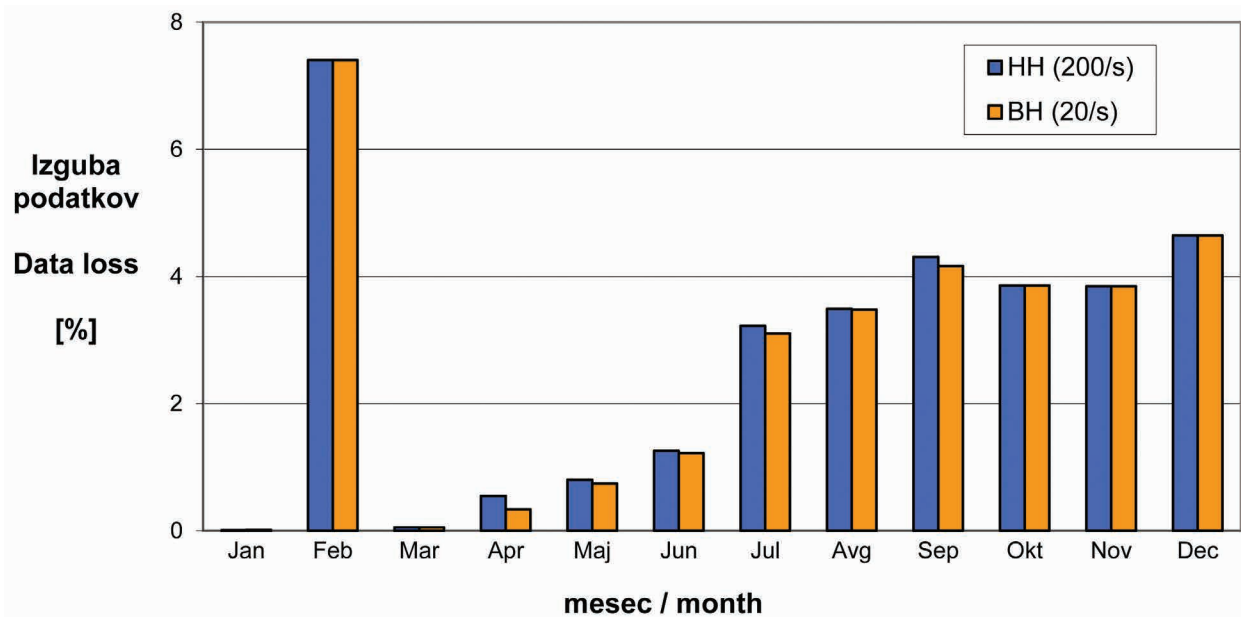
Zaključek

Leta 2014 smo zabeležili izpad 2,8 % podatkov z vzorčenjem 200 vzorcev na sekundo iz stalnih potresnih opazovalnic, kar je za dobra dva odstotka več kot preteklo leto (Pahor J., 2014). Glavni vzrok so bile naravne nesreče (žledolom in plaz), ki so prekinile dobavo električne energije. Največjo izgubo smo zabeležili na opazovalnicah Cerknica, Gornja Briga, Vojsko ter Črni Vrh.



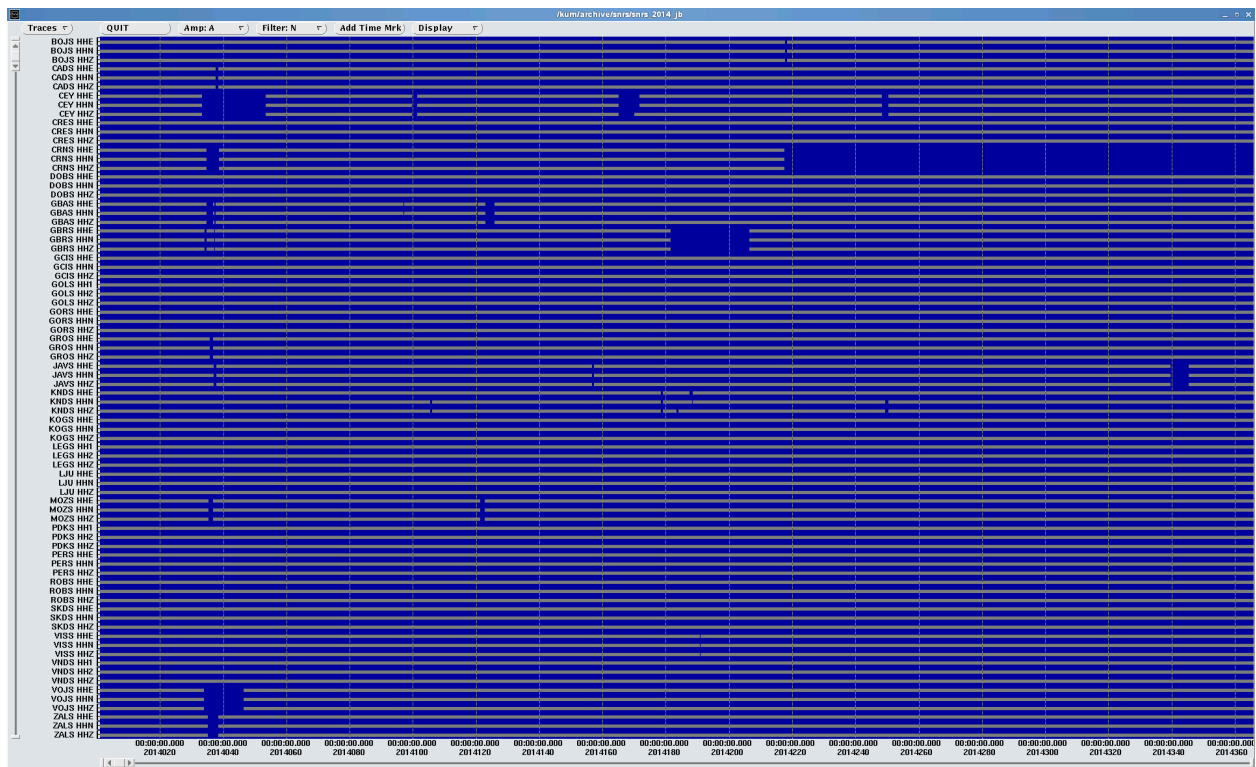
Slika 1: Izguba HH in BH podatkovnih nizov (povprečje treh komponent) po opazovalnicah leta 2014. Največjo izgubo smo zabeležili iz opazovalnice na Črnem Vrhu.

Figure 1: Data loss of HH and BH data streams (three components average) for each seismic station in 2014. The greatest data loss on station CRNS was caused by power and communications interruption due to a landslide.



Slika 2: Izguba HH in BH podatkovnih nizov po mesecih v letu 2014. Izguba v februarju je posledica težav z žledom, večje izgube v drugi polovici leta pa so posledica nedelovanja opazovalnice CRNS.

Figure 2: Monthly data loss of HH and BH data streams in 2014. Large data loss in February is mostly due to sleet storm problems while larger data losses in the second half of the year are due to station CRNS being non operational.



Slika 3: Razpoložljivost podatkov iz HH podatkovnih nizov za leto 2014. Časovna skala prikazuje dan v letu.

Figure 3: Data availability for HH data streams for permanent seismic stations in 2014. Time scale shows day of the year.

Literatura

- Boulder Real Time Technologies, inc. (online), 2016 (citirano 30.5.2016). Antelope Real Time System. Dostopno na naslovu: <http://www.brtt.com/>
- Pahor J., Živčič M., 2007. Učinkovitost zbiranja podatkov iz potresnih opazovalnic v letu 2005. Potresi v letu 2005, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 25-29.
- Pahor J., 2014. Učinkovitost pridobivanja podatkov iz državne mreže potresnih opazovalnic v letih 2012 in 2013. Potresi v letu 2013, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.
- Sinčič P., Tasič I., Živčič M., 2016. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2014. Potresi v letu 2014, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 7-14.
- Tasič I., Mali M., Pančur L., Sinčič P., Pfundner I., Uran B., Prosen J., 2016. Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2014. Potresi v letu 2014, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 34-41.

Marko Mali

NADZORNI SISTEM ZA KONTROLO TEMPERATURE IN NIVOJA VODE REZULTATI DELOVANJA V LETU 2014

WATER LEVEL AND TEMPERATURE STABILITY CONTROL SYSTEM WORKING RESULTS IN 2014

Povzetek

Na več potresnih opazovalnicah državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO) je ob močnejših nalivih večkrat prišlo do vdora vode v jaške potresnih opazovalnic. Da bi preprečili poškodbe na podporni in seizmološki opremi, smo razvili sistem za nadzor nivoja vode v obeh jaških in beleženje stabilnosti temperature na lokaciji seizmometra. V letu 2014 smo z omenjenim sistemom opremili 20 potresnih opazovalnic DMPO. Podajamo glavne rezultate delovanja nadzornega sistema.

Abstract

Several events, where water has broken into shafts of seismic network of Slovenia, have been recorded in past years. To prevent potential damage to seismic and other types of equipment, special control system was developed. System enables both control of water level in both shafts and recording of temperature in the near vicinity of seismometer. In the year 2014 twenty seismic stations were equipped with such control system. In this article the main results, achieved with the developed control system are presented.

Uvod

Posamezna potresna opazovalnica državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO) sestoji iz dveh jaškov, ki sta med seboj in z okolico podzemno povezana z več cevmi (Vidrih in sod., 2006). Le-te služijo dovodu električnih, telekomunikacijskih, podatkovnih in drugih kablov. Omenjene cevi s stališča vodotesnosti jaškov predstavljajo šibko točko. V nekatere jaške DMPO ob večjih količinah padavin vdira voda. V letu 2013 smo zato razvili sistem (Mali in sod., 2014), ki v obeh jaških potresne opazovalnice omogoča nadzor nad vdorom vode. Sistem smo nadgradili še s funkcijo beleženja temperature tik ob seizmometru. Na potresnih opazovalnicah, opremljenih z GSM modemom, pa smo istemu sistemu dodali še funkcijo ponovnega zagona GSM modema ob njegovem nedelovanju (Mali in sod., 2013). Sistem je prikazan na sliki 1. V nadaljevanju podajamo število vdorov vode na posamezni potresni opazovalnici, število avtomatskih ponovnih zagonov modemov GSM ter gibanje temperature tik ob seizmometru v letu 2014.

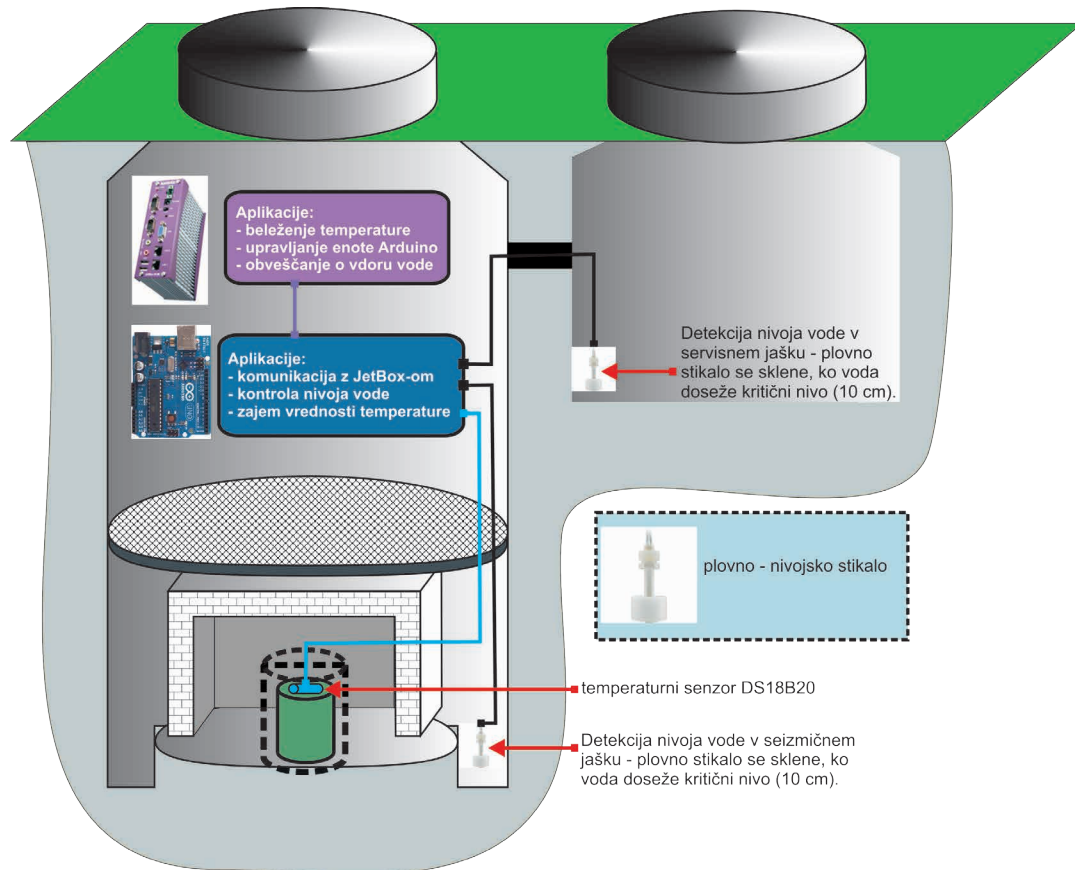
Rezultati delovanja nadzornega sistema

Podajamo glavne rezultate delovanja nadzornega sistema, ki vključujejo:

- podatke o vdorih vode v jaške DMPO (20 potresnih opazovalnic),
- podatke o številu ponovnih zagonov modemov GSM na potresnih opazovalnicah KNDS (Knežji Dol), JAVS (Javornik), GCIS (Gornji Cirknik) in ZAVS (Zavodnje) in
- gibanje temperature na potresnih opazovalnicah, ki so opremljene s temperaturno sondo v neposredni bližini seizmometra.

Iz izkušenj smo ugotovili, da zadošča dvakrat dnevno preverjanje morebitnega vdora vode ter beleženje temperature na 10 minut. Podatki se shranjujejo na enoti JetBox. V letu 2014 so bile z opisanim sistemom opremljene naslednje potresne opazovalnice: BOJS, CADS, CRES, CRNS, DOBS, GBAS, GBRS, GCIS, GORS, GROS, JAVS, KNDS, KOGS, LEGS, MOZS, PDKS, PERS, SKDS in ZAVS. V preglednici 1 podajamo število zabeleženih vdorov vode v jaške posamezne potresne

opazovalnice, opremljene z nadzornim sistemom ter število ponovnih zagonov GSM modemov na potresnih opazovalnicah KNDS, JAVS, GCIS in ZAVS. Na sliki 2 pa podajamo gibanje temperature ob seizmometru. Temperaturo podajamo za potresne opazovalnice, ki so opremljene s seizmometri tipa STS2 in Guralp CMG-3T, saj sta omenjena tipa najbolj občutljiva na temperaturno nihanja. Gibanje temperature na vseh potresnih opazovalnicah je natančneje predstavljeno v internem poročilu (SPO, 2014).



Slika 1: Shematski prikaz delovanja nadzornega sistema in prikaz lokacij namestitve posameznih komponent.

Figure 1: Control system formation and structure - Schematic view.

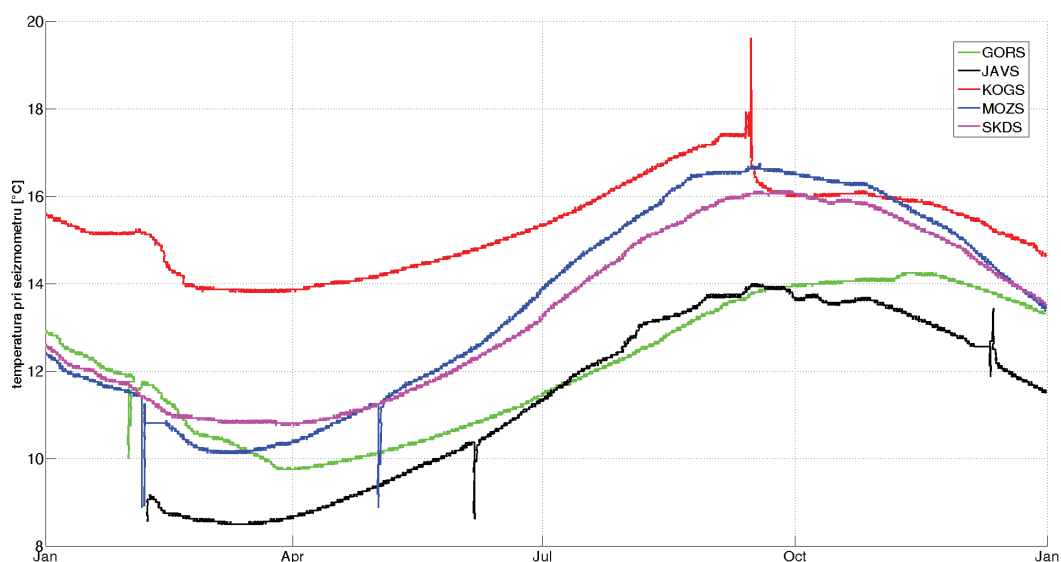
Na osnovi rezultatov smo prišli do naslednjih ugotovitev:

- Na potresnih opazovalnicah CRNS, DOBS, GBRs, KOGS, LEGS in MOZS prihaja do vdorov vode. Na omenjenih potresnih opazovalnicah bo potrebno na ustrezen način zaščititi opremo (predvidoma vzpostaviti avtomatsko črpanje vode).
- Temperatura ob seizmometrih na potresnih opazovalnicah, ki so opremljene s seizmometri tipa STS2 in CMG-3T, je znotraj s strani proizvajalcev predpisanih mej (Mali in Tasič, 2011). Z dodatno izolacijo smo dosegli dobro temperaturno stabilnost, kar seizmometrom omogoča zajemanje šibkih dolgo-periodnih signalov.
- Slaba kakovosti GSM signala na lokacijah potresnih opazovalnic pogostokrat povzroči izpad delovanja GSM modemov. Kritični sta predvsem potresni opazovalnici KNDS in JAVS. Z našim sistemom smo zagotovili, da zaradi samega GSM modema ne prihaja več do daljših izpadov na komunikacijah (Mali in sod., 2013). Zagotoviti pa bo potrebno bolj stabilno delovanje GSM modemov, kar pa je v pristojnosti HKOM-a.

Preglednica 1: Število zabeleženih vdorov vode v posamezni jašek potresne opazovalnice (podajamo le opazovalnice, kjer je prišlo do vdora vode) in število ponovnih zagonov GSM modemov v letu 2014.

Table 1: The number of water ingresses for particular shaft of seismic station (only seismic stations where water ingresses happened are listed) and the number of automatic restarts of GSM modems.

oznaka opazovalnice	število vdorov vode v servisni jašek	število vdorov vode v seizmični jašek	oznaka opazovalnice	št. ponovnih zagonov GSM modema
station code	number of water ingresses in aux shaft	number of water ingresses in seismic shaft	station code	number of automatic restarts of GSM modems
CRNS	2	0	KNDS	143
DOBS	/	4	JAVS	322
GBRS	4	0	GCIS	49
KOGS	2	1	ZAVS	33
LEGS	0	1		
MOZS	3	0		



Slika 2: Gibanje temperature v letu 2014 za potresne opazovalnice, opremljene s širokopasovnimi seizmometri tipa STS2 in CMG-3T.

Figure 2: Temperature values in the year 2014 at seismic stations equipped with broad-band seismometers STS2 or CMG-3T.

Zaključek

V prispevku smo na kratko predstavili rezultate delovanja sistema za kontrolo vdora vode v jaških DMPO in vrednosti temperature v okolici seizmometra. Sistem je zelo koristen, saj smo se v primeru vdora vode v jaške lahko pravočasno odzvali in preprečili večje okvare na opremi. Na potresnih opazovalnicah, ki so se s stališča vdorov vode izkazale za kritične, pa že načrtujemo ustrezne ukrepe. Prav tako je sistem preprečil daljše izpade komunikacije na potresnih opazovalnicah, opremljenih z GSM modemi in nam prihranil terensko posredovanje. Na osnovi beleženja temperature stabilnosti okolice seizmometra bomo v prihodnosti naredili obsežno analizo ter predlagali ukrepe za izboljšanje pogojev delovanja seizmometrov. V prihodnjih letih bomo sistem namestili na celotno DMPO.

Literatura

- Mali, M., Pančur, L., Tasič, I., 2014, Nadzorni sistem za kontrolo nivoja vode in stabilnosti temperature, Potresi v letu 2013, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 48-52.
- Mali, M., Pančur, L., Tasič, I., 2013, Samodejni nadzor delovanja GSM modemov, Potresi v letu 2012, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 38-40.
- Mali, M., Tasič, I., 2011, Vpliv temperaturnih sprememb na delovanje dolgoperiodnih seizmometrov, Potresi v letu 2010, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 62-70.
- SPO, 2014, Državna mreža potresnih opazovalnic, delovanje v letu 2014, interno poročilo, Ljubljana.
- Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., Gosar, A., Godec, M., Živčič, M., 2006, Državna mreža potresnih opazovalnic, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 287 str.

Izidor Tasič, Marko Mali, Igor Pfundner, Luka Pančur

**ZAJEMALNA ENOTA QUANTERRA Q330HRS
PRELIMINARNI TEST ŠESTIH ENOT
ACQUISITION UNIT QUANTERRA Q330HRS
PRELIMINARY TEST OF SIX UNITS**

Povzetek

V letu 2014 smo prejeli šest novih seizmoloških zajemalnih enot tipa Q330HRS. Pred instalacijo na terenu smo v Sektorju za potresna opazovanja enote testirali in preverili njihovo delovanje. Ovrednotili smo lastni šum posameznih vhodnih kanalov ter preverili občutljivost A/D pretvorbe ($\mu\text{V}/\text{korak}$). Dobljeni rezultati so bili skladni s specifikacijami proizvajalca.

Abstract

In 2014 ARSO had received six new Q330HRS seismic data loggers. Before the installation of the units in field, we had tested their functionality and estimated self noise and sensitivity (μV per count) of each channel. Obtained data are in accordance with manufacturer's specifications.

Uvod

V letu 2014 smo nabavili 6 novih seizmoloških zajemalnih enot tipa Quanterra-Q330HRS podjetja Kinometrics iz ZDA. Q330HRS (slika 1) pretvarja električni signal iz seizmometra oziroma pospeškometra v digitalno obliko. Enota ima šest kanalov, kar pomeni, da na posamezno enoto Q330HRS lahko istočasno priklopimo dva seizmometra oziroma seizmometer in pospeškometer. Razpon napetosti na obeh vseh vhodih se prilega razponu izhodne napetosti seizmometra STS-2 ($\pm 20\text{ V}$, Streckeisen, 1995). Na prvem vhodu so trije neodvisni 26-bitni A/D pretvorniki, na drugem vhodu pa so trije neodvisni 24-bitni A/D pretvorniki. Dinamično območje je pri vzorčenju 200 vzorcev na sekundo na prvih treh kanalih večje kot 137,7 dB (Kromer, 2006). Ker ima zajemalna enota vgrajeno natančno notranjo uro, ki je krmiljena s pomočjo sistema GPS, enota digitaliziranim seizmičnim podatkom doda še točen in natančen čas ($<1,2\text{ ms}$ natančno). Q330HRS digitalizirane podatke shranjuje v notranji pomnilnik ter jih pošilja v stvarnem času v središče za obdelavo podatkov.

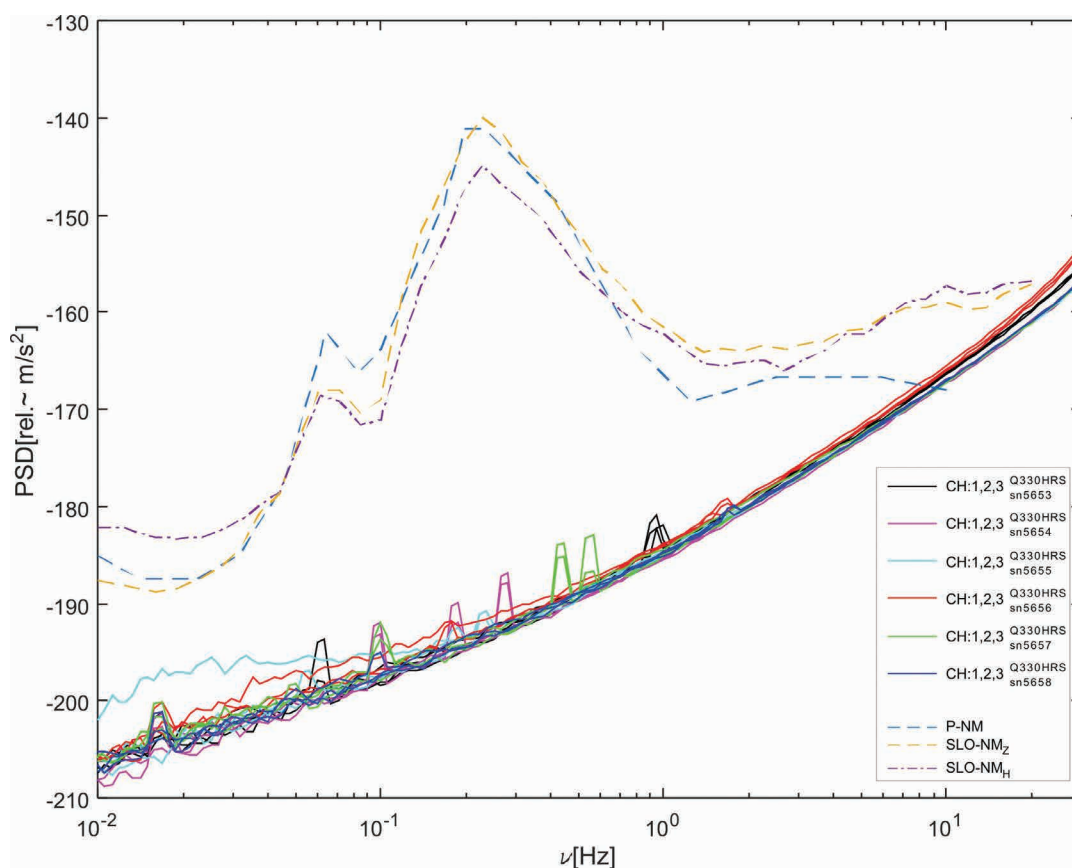
Vrednotenje lastnega šuma posameznih kanalov

Lastni šum zajemalne enote Quanterra Q330HRS podaja spodnjo mejo signalov, ki jih je še možno prepoznati. Za uporabnika je pomembno, da je lastni šum zajemalne enote (po pretvorbi) nižji od pričakovanega najmanjšega seizmičnega nemira na čim širšem opazovanem frekvenčnem območju (Mali in Tasič 2012 a,b). Da bi preverili ustreznost lastnega šuma, smo ga na obeh vseh vhodih posamezne zajemalne enote Q330HRS pred instalacijo analizirali. Lastni šum smo merili tako, da smo na vhod posameznega A/D pretvornika priključili $50\ \Omega$ upor z visoko temperaturno stabilnostjo (Havskov in Alguacil, 2004) in signal zajemali približno šest ur. Zajete podatke o napetosti smo pretvorili v hitrost nihanja podlage, pri čemer smo uporabili generično vrednost pretvorbene konstante $1500\text{ V} / (\text{m/s})$, ki je podana za seizmometre STS-2 in CMG-3T. Ta konstanta se pogosto uporablja v mednarodni strokovni literaturi, zato da se lahko zajemalne enote različnih proizvajalcev neodvisno primerja med seboj. Tako pridobljene podatke smo nato prikazali v obliki spektrov močnostne gostote (ang. Power Spectral Density – PSD) in sicer v enotah dB relativno na $[1\text{ m/s}^2]^{2/\text{Hz}}$ (slika2, slika 3). Lastni šum smo zaradi lažje ocene ustreznosti primerjali s splošno sprejetim Petersonovim globalnim modelom spodnjega nivoja šuma (oznaka P-NM; Peterson 1993). Istočasno je za primerjavo podan še lokalni (slovenski) model spodnjega nivoja



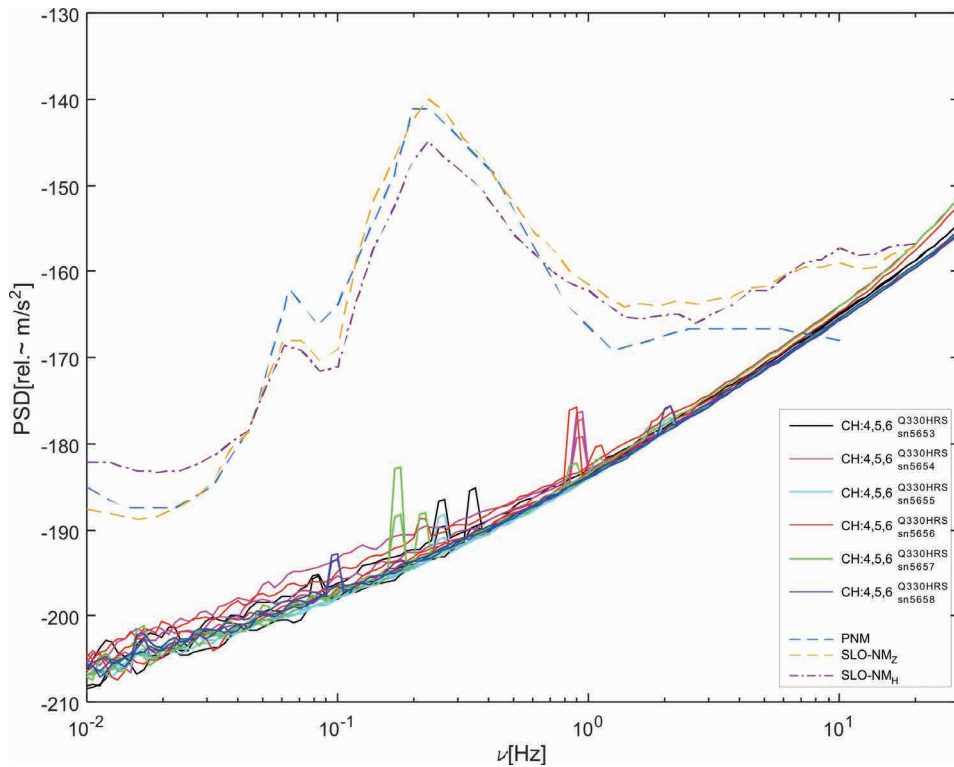
Slika 1: Zajemalne enote Quanterra-Q330HRS podjetja Kinemetrics Inc. iz ZDA pred testiranjem.

Figure 1: The Kinemetrics Quanterra-Q330HRS datalogger before testing.



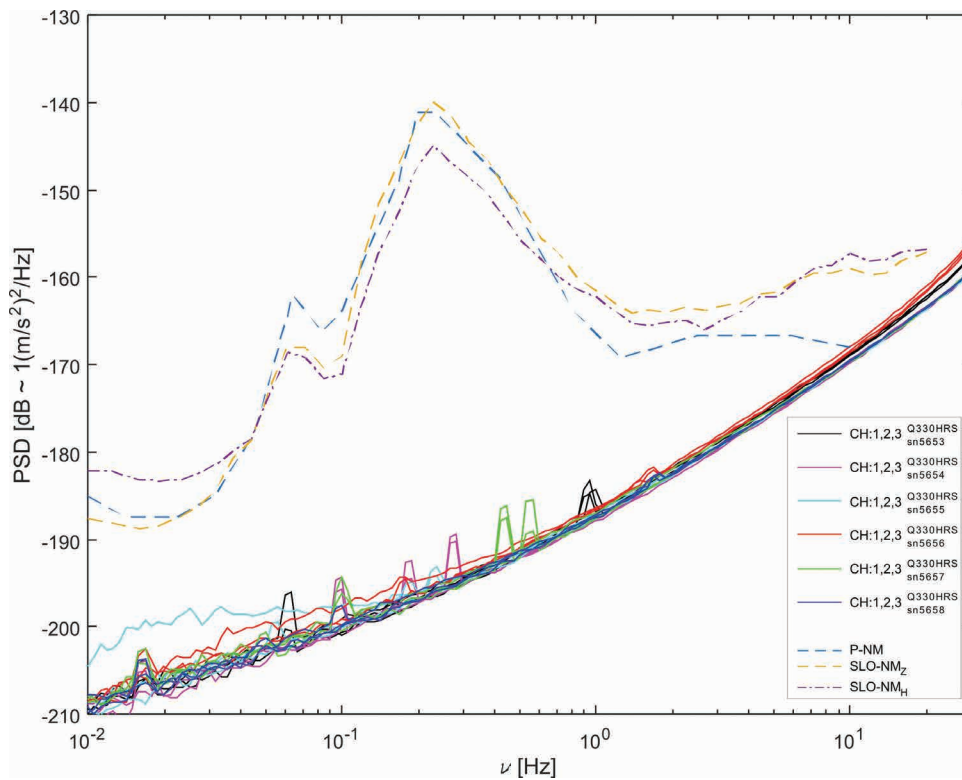
Slika 2: Spekter močnostne gostote lastnega šuma prvih treh kanalov šestih testiranih enot Q330HRS, pri čemer so podatki prilagojeni za seizmometer STS-2 oziroma CMG-3T

Figure 2: Power spectral density of self noise for Q330HRS first three channels, adjusted to STS-2 and CMG-3T values



Slika 3: Spekter močnostne gostote lastnega šuma drugih treh kanalov šestih testiranih enot Q330HRS; podatki so prilagojeni za seizmometer STS-2 (oziroma CMG-3T).

Figure 3: Power spectral density of self noise for Q330HRS second three channels, adjusted to STS-2 and CMG-3T values



Slika 4: Spekter močnostne gostote lastnega šuma prvih treh kanalov šestih testiranih enot Q330HRS, pri čemer so podatki prilagojeni za seizmometer tipa CMG-3ESPC.

Figure 4: Power spectral density of self noise, adjusted to CMG-3ESPC.

šuma, ki je narejen tako za navpično nihanje tal (SLO-NMZ) kot tudi za vodoravno nihanje tal (SLO-NMH) (Tasič, 2015). Lastni šumi za vhode s kanali 1, 2 in 3 so prikazni na sliki 2, lastni šumi za vhode s kanali 4, 5 in 6 pa na sliki 3. Lastni šumi iz iste zajemalne enote so na obeh slikah prikazani z isto barvo. Na sliki 4 so vrednosti lastnega šuma kanalov 1, 2 in 3 prikazani še prilagojeno na seizmometer tipa CMG-3ESPC (generična vrednost pretvorbene konstante 2000V/(m/s)).

Vrednotenje 'koraka'

Velikost enega koraka (ang. count) A/D pretvorbe je po navedbah proizvajalca generična za vse enote Q330HRS in znaša 0,5960 μV za prve tri kanale in 2,3840 μV za druge tri kanale. Velikost koraka in odstopanje od generičnih vrednosti smo izračunali s pomočjo signalnega generatorja Rigol DG1012, pri čemer smo za vhod v A/D pretvornik uporabili pravokotni signal amplitude 10 V (preglednica 1). Ker enota Q330HRS v fazi svojega zagona vedno opravi interno kalibracijo, so podatki v preglednici 1 samo kontrolni.

Preglednica 1: Rezultati testiranja občutljivosti A/D pretvornika: velikost enega koraka A/D pretvorbe na posameznem vhodnem kanalu.

Table 1: The sensitivity test results of A/D converter: the voltage value of one count for each channel

Ser. št.	Vhod	Občutljivost ($\mu\text{V}/\text{korak}$)	Odstopanje (%)	Vhod	Občutljivost ($\mu\text{V}/\text{korak}$)	Odstopanje (%)
SN	Input	Sensitivity (μV per count)	Discrepancy (%)	Input	Sensitivity (μV per count)	Discrepancy (%)
5654	1-E	0,5974	0,2	2-E	2,3864	0,1
5654	1-N	0,5972	0,2	2-N	2,3862	0,1
5654	1-Z	0,5977	0,3	2-Z	2,3871	0,1
5655	1-E	0,5971	0,2	2-E	2,3856	0,1
5655	1-N	0,5972	0,2	2-N	2,3867	0,1
5655	1-Z	0,5975	0,2	2-Z	2,3868	0,1
5656	1-E	0,5975	0,3	2-E	2,3873	0,1
5656	1-N	0,5975	0,2	2-N	2,3872	0,1
5656	1-Z	0,5975	0,2	2-Z	2,3878	0,2
5657	1-E	0,5972	0,2	2-E	0,5971	0,2
5657	1-N	0,5973	0,2	2-N	0,5972	0,2
5657	1-Z	0,5974	0,2	2-Z	0,5973	0,2
5658	1-E	0,5974	0,2	2-E	2,3853	0,1
5658	1-N	0,5978	0,3	2-N	2,3867	0,1
5658	1-Z	0,5975	0,2	2-Z	2,3871	0,1

Zaključek

Podali smo rezultate testiranja in analize lastnega šuma zajemalnih enot Quanterra Q330 HRS in občutljivost enega koraka za posamezen vhodni kanal. Test smo opravili v Sektorju za potrebna opazovanja. Ugotovili smo, da zajemalne enote ustrezajo svojemu namenu. Dobljeni podatki so skladni s specifikacijami proizvajalca. Rezultati analize se prav tako skladajo z rezultati obšir-

nejšega testa, ki so ga opravili na zajemalni enoti tipa Q330HR v Sandia National Laboratories (Kromer, 2006) v ZDA.

Literatura

- Havskov, J., Alguacil, G., 2004. Instrumentation in Earthquake Seismology, Modern Approaches in Geophysics 22, 358pp., Springer, The Netherlands.
- Kromer P. R., 2006, Evaluation of the Kinematics/Quanterra Q330HR Remote Seismic System For IRIS/GSN, Progress report, Sandia National Laboratories , June 2006
- Mali, M., Tasič, I., 2012 a. Primerjalni test seizmoloških zajemalnih enot. Potresi v letu 2011 Mali, M., Tasič, I., 2012 b. Analiza lastnega šuma zajemalnih enot Quanterra Q730. Potresi v letu 2011,
- Peterson, J., 1993. Observations and modeling of seismic background noise. USGS, Open-File report 93-322. U.S. Geological Survey
- Streckeisen, G., 1995, Portable Very-Broad-Band Tri-Axial Seismometer, STS-2 Manual, G. Streckeisen AG-
- Tasič, I., 2015, Spodnja raven seizmičnega šuma v Sloveniji, Ujma, 29, 343-349

Martina Čarman, Mladen Živčić, Milka Ložar Stopar

POTRESNI NIZ V SUHI KRAJINI V LETIH 2013 IN 2014 EARTHQUAKES IN THE SUHA KRAJINA REGION IN YEARS 2013 AND 2014

Povzetek

V Suhi krajini se je v letih 2013 in 2014 zvrstil niz šibkih do zmernih potresov z dvema močnejšima sunkoma. Postavitve začasnih opazovalnic na nadžariščnem območju nam je omogočila raziskati časovno, prostorsko in magnitudno porazdelitev niza potresov ter določiti žariščna mehanizma dveh najmočnejših potresov.

Abstract

A number of weak to moderate earthquakes occurred in the region of Suha krajina, central Slovenia, in years 2013 and 2014, with two shocks having magnitudes 3.6 and 3.7. The records of temporary seismic stations installed in the epicentral area soon after the beginning of the swarm allowed us to explore the temporal, spatial and magnitude distribution of earthquakes and evaluate focal mechanisms of two strongest earthquakes.

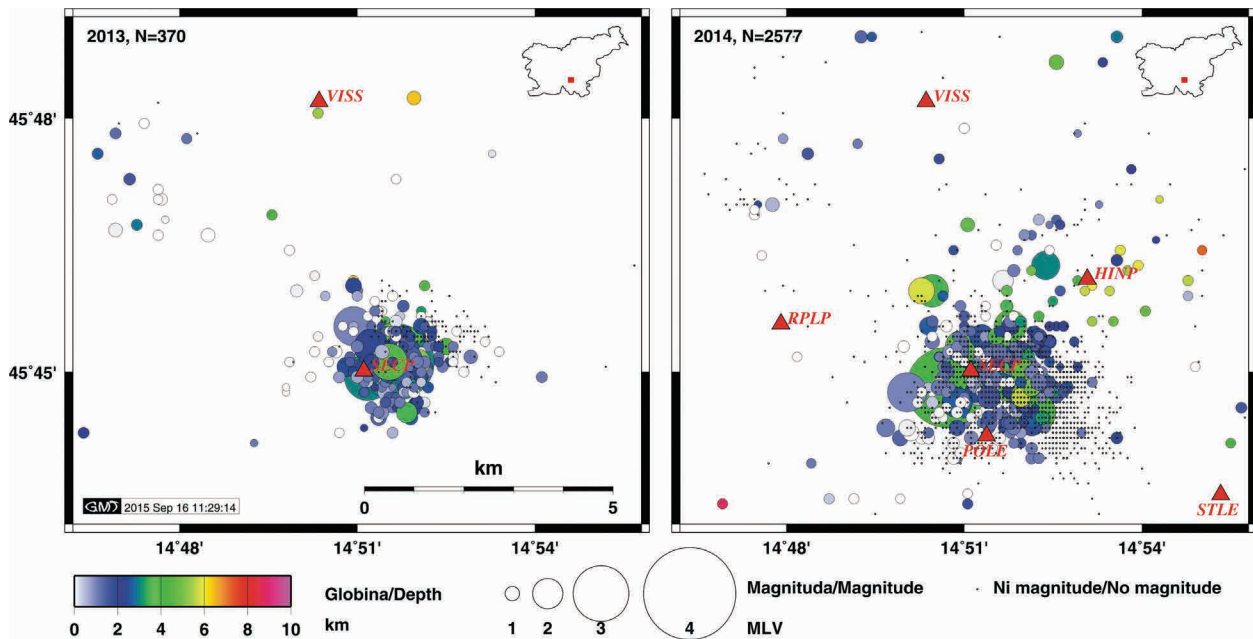
Prostorska in časovna porazdelitev potresov

V letih 2013 in 2014 se je v Suhi krajini zgodilo veliko šibkih do zmernih potresnih sunkov. Najmočnejša med njimi smo zabeležili 16. junija 2013 ob 20.04 UTC z lokalno magnitudo 3,6 in 13. marca 2014 ob 17.31 UTC z lokalno magnitudo 3,7. Za boljšo opredelitev potresnih parametrov smo na širše nadžariščno območje 20. junija 2013 postavili eno začasno potresno opazovalnico. Ker se potresna aktivnost ni umirjala, smo tako februarja kot marca 2014 postavili še po eno opazovalnico. Tako so v času drugega najmočnejšega sunka, 13. marca 2014 ob 17.31 UTC, v ožjem nadžariščnem območju delovale tri prenosne opazovalnice. Takoj po tem dogodku smo mrežo začasnih opazovalnic dopolnili še z dvema, tako je bil potresni niz zabeležen kar s petimi opazovalnicami postavljenimi na oddaljenost manj kot 5 km od nadžarišč. Obdobje delovanja začasnih potresnih opazovalnic in število zabeleženih potresov na posamezni potresni opazovalnici podaja preglednica 1, lokacije opazovalnic pa so prikazane na sliki 1.

Preglednica 1: Začasne potresne opazovalnice postavljene leta 2013 in 2014 v Suhi krajini ter število zabeleženih potresov na posamezni potresni opazovalnici

Table 1: Temporary seismic stations installed in years 2013 and 2014 in Suha krajina and the number of recorded earthquakes on each seismic station.

opazovalnica	oznaka	čas delovanja	število zabeleženih in lociranih potresov
seismic station	code	operational time	number of recorded and located events
Seč	SECP	20. 6. 2013 – 9. 4. 2014	2511
Hinje	HINP	19. 2. 2014 – 22. 4. 2014	2346
Rapljevo	RPLP	5. 3. 2014 – 22. 4. 2014	1174
Polom – etna	POLE	13. 3. 2014 – 9. 4. 2014	144
Stari Log	STLE	14. 3. 2014 – 11. 6. 2014	42
Polom	PLMP	9. 4. 2014 – 11. 6. 2014	168



Slika 1: Nadžarišča potresov v Suhi krajini leta 2013 (levo) in leta 2014 (desno) (ARSO, 2013, 2014) terčasne potresne opazovalnice. Barva kroga ponazarja žariščno globino, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude MLV. Rdeči trikotniki označujejo potresne opazovalnice.

Figure 1: Temporary seismic stations and earthquake epicentres recorded in Suha krajina region in 2013 (left) and 2014 (right) (ARSO, 2013, 2014). Coloured circles of varying sizes indicate the focal depth and local magnitude MLV. Seismic stations are marked with red triangles.

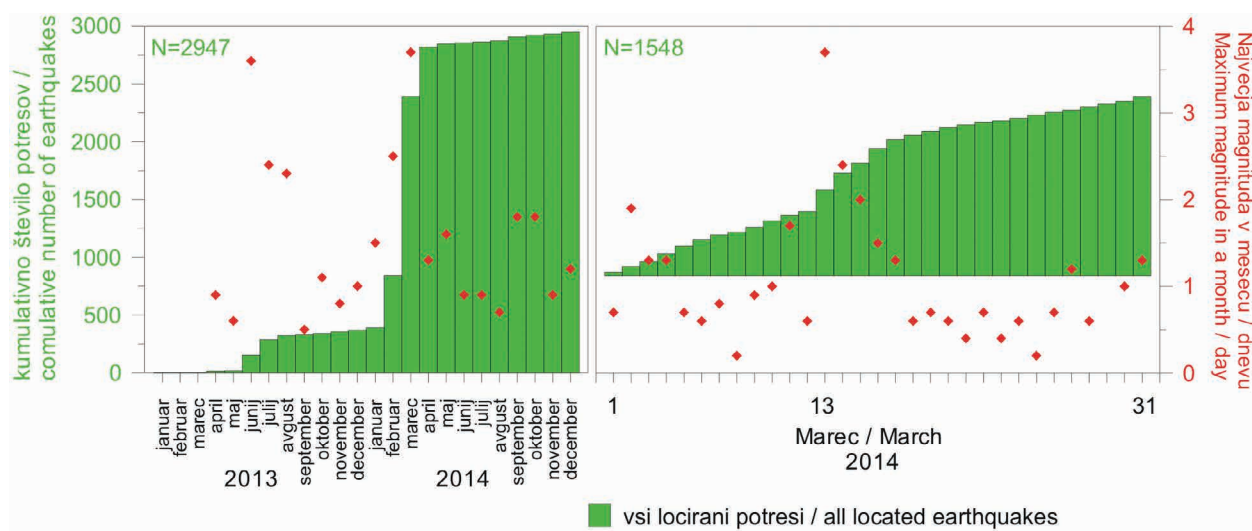
Po rutinski obdelavi zapisov na opazovalnicah Državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO) in zapisov začasno postavljenih opazovalnic smo leta 2013 in 2014 na območju 45,72–45,82° SZŠ in 14,77–14,93° VZD locirali 2947 potresov (ARSO, 2013, 2014). Nadžarišča potresov na območju Suhe krajine v letih 2013 in 2014 ter lokacije opazovalnic so prikazane na sliki 1.

Slika 2 prikazuje prirast števila potresov po mesecih v letih 2013 in 2014 (levo) in po dnevih marca 2014 (desno). V dveletnem obdobju smo največ potresov zabeležili marca 2014, kar 1548 potresov, 452 potresov smo zabeležili februarja 2014, 428 aprila 2014, 135 junija 2013 in 133 potresov julija 2013. V drugih mesecih smo zabeležili še preostalih 251 potresov.

Na sliki 2 je označena tudi največja lokalna magnituda potresa v posameznem časovnem intervalu.

Večina potresov je bila šibkih. Zabeležili ter locirali smo jih z zapisi začasno postavljenih potresnih opazovalnic na nadžariščnem območju. Opazovalnice DMPO so predaleč od nadžarišč, da bi šibke potrese sploh lahko beležile, oziroma jih zazna le ena ali dve bližnji opazovalnici, kar običajno ne zadošča za določitev žarišča potresa. Brez postavitve lokalne mreže opazovalnic bi izračunali lokacijo le 557 potresom (19%), zato veliko zabeleženih potresov ni le odraz povečane seizmičnosti oziroma nekega izjemnega dogajanja, temveč tudi zmožnost lokalne mreže, da zabeleži zelo šibke potrese.

Pogled v zgodovino nam razkrije, da se je podoben niz potresov v Suhi krajini dogajal leta 1990, in sicer je bilo med 15. januarjem in 23. avgustom 1990 na območju Dobropoljske doline 57 šibkih do močnih potresov (Vidrih in sod., 1991). Pet jih je imelo lokalno magnitudo večjo od 3,0, med njimi je najmočnejši, 30. maja 1990, imel magnitudo 3,9. V tem času so državno mrežo potresnih opazovalnic v Sloveniji sestavljale le štiri analogne opazovalnice, najbližja je bila v Ljubljani na observatoriju na Golovcu. Kmalu po prvem potresu smo v Vidmu postavili takrat edino razpoložljivo prenosno potresno opazovalnico. V Vidmu in Ponikvah so potresi poleg preplaha povzročili tudi majhno gmotno škodo in dosegli intenziteto VI EMS-98. Od takrat pa vse do aprila 2013 je bilo območje Suhe krajine potresno zelo mirno.

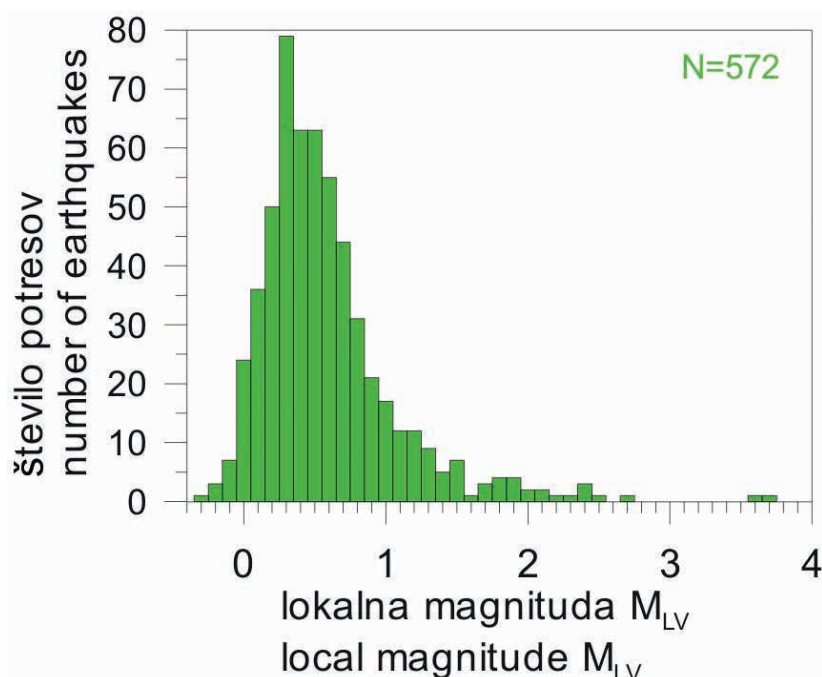


Slika 2: Kumulativno število zaznanih potresov po mesecih za obdobje 2013–2014 (levo) in po dnevih za marec 2014. Leva os: Kumulativno število 2939 lociranih potresov. Desna os: Največja lokalna magnituda v mesecu oz. dnevu (rdeče pike).

Figure 2: Cumulative number of detected earthquakes by months for 2013–2014 (left) and by days for March 2014. Left axis: Time distribution of 2939 located earthquakes. Right axis: Maximum magnitude of an earthquake in a month / day (red dots).

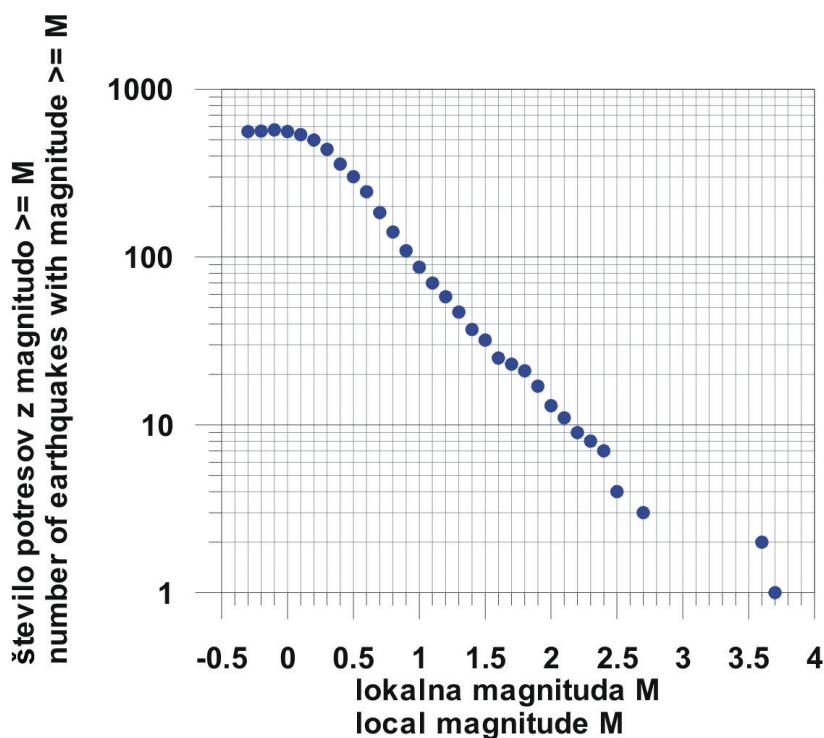
Lokalne magnitude

Lokalno magnitudo smo določili 572 potresom. Njihovo porazdelitev prikazuje histogram na sliki 3. Pri izračunu nismo uporabili zapisov začasno postavljenih potresnih opazovalnic in najbližje opazovalnice DMPO VISS, saj magnitudna formula, ki jo uporabljamo pri vsakodnevni analizi, ni bila izpeljana za tako majhne oddaljenosti opazovalnic od žarišč potresov. Tako so šibki potresi, zabeleženi le na bližnjih opazovalnicah, ostali brez magnitude, medtem ko imajo močnejši potresi, zabeleženi tudi na bolj oddaljenih opazovalnicah, magnitudo izračunano. Iz histograma lahko razberemo, da ima magnitudo večjo ali enako 1,0 le 87 potresov, magnitudo večjo ali enako 2,0 pa le 13 od skupno 2947 zabeleženih potresov.



Slika 3: Porazdelitev 572 potresov v Subi krajini glede na lokalno magnitudo za obdobje 2013–2014

Figure 3: Distribution of local magnitude for 572 earthquakes in Suba krajina for 2013–2014.



Slika 4: Kumulativno število potresov v Suhi krajini za obdobje 2013–2014

Figure 4: Cumulative number of earthquakes in Suha krajina for 2013–2014.

Na sliki 4 vidimo, da kumulativno število lociranih popotresov na logaritemski skali enakomerno narašča z manjšanjem magnitude vse do magnitude okoli 0,5. Sklepamo lahko, da so opazovalnice DMPO (razen VISS) v Suhi krajini bile zmožne zabeležiti vse oziroma skoraj vse popotrese z lokalno magnitudo 0,3 in več.

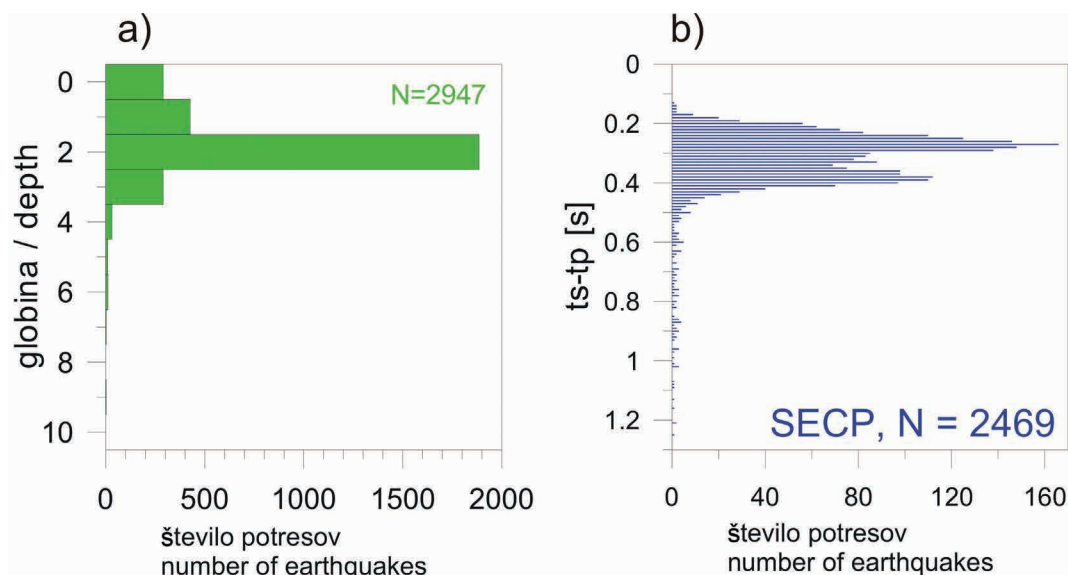
Žariščne globine potresov

Po rutinski obdelavi potresov so bila žarišča potresov umeščena plitvo, večina jih je nastala v globini do štirih kilometrov (slika 5a). Globine so zapisane na 1 km natančno, tako globina 0 kilometrov pomeni globine od 0 do 0,5 kilometra, globina 1 kilometer predstavlja globine od 0,5 do 1,5 kilometra itd. Postavitev lokalne mreže potresnih opazovalnic nam omogoča boljše opredelitev globine potresnega niza. Zapisi žarišču najbližjih opazovalnic so odločilni za določanje globine žarišča. V primeru, da se opazovalnica nahaja praktično nad žariščem, lahko celotno oddaljenost žarišča od opazovalnice pripišemo žariščni globini. Za tako opredeljevanje globine smo uporabili zapise opazovalnice SECP in hitrosti potovanja potresnega valovanja, ocenjene iz tridimenzionalnega tomografskega modela hitrosti vzdolžnega valovanja v Sloveniji (Michellini in drugi, 1998).

Časovne razlike ($t_s - t_p$) med prihodom vzdolžnega (P) in prečnega (S) valovanja na opazovalnico SECP so v zelo ozkem razponu (slika 5b). Če upoštevamo le časovne razlike med 10. in 90. percentilom, so te na opazovalnici SECP med 0,22 in 0,41 sekund. Ob upoštevanju hitrostnega modela ter predpostavki, da sta vzdolžno in prečno valovanje potovala po isti poti ter skoraj navpično do opazovalnice SECP, lahko potrese umestimo med 1,9 in 3,5 kilometrov globine. Te globine so primerljive z globinami določenimi z rutinsko obdelavo parametrov potresov na sliki 6a.

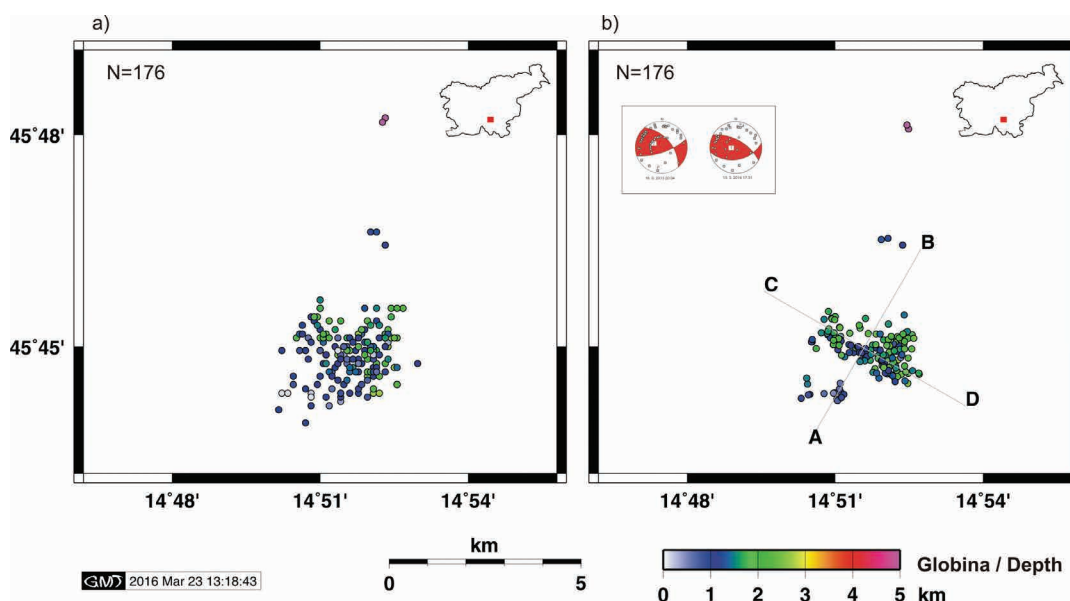
Relokacija potresov

Z relativno metodo časovnih prehitkov oz. zaostankov pri določanju žarišč (Double-Difference Hypocenter determination – HypoDD, Waldhauser in Ellsworth, 2000; Waldhauser, 2001) smo poskusili izboljšati lokacije potresov v Suhi krajini, izračunane z rutinskim postopkom. Metoda je uporabna za gručo potresov na prostorsko omejenem območju, ki je majhno v primerjavi z



Slika 5: a) Porazdelitev 2947 potresov glede na globino žarišča. b) Porazdelitev časovnih razlik (t_s-t_p) med prihodom prečnega (S) in vzdolžnega (P) valovanja za 2469 potresov odčitanih na opazovalnici SECP.

Figure 5: a) Distribution of focal depth for 2947 earthquakes. b) Distribution of time differences (t_s-t_p) between the arrivals of transversal (S) and longitudinal (P) seismic waves for 2469 earthquakes read on seismic station SECP.



Slika 6: 176 potresov (a) po lociranju vsakega posameznega dogodka s programom Hypocenter (Lienert, 1994) in (b) po sočasnem relociranju dogodkov z uporabo relativne metode časovnih prehitkov oz. zaostankov pri določanju žarišč (Double-Difference Hypocenter determination – HypoDD, Waldhauser in Ellsworth, 2000; Waldhauser, 2001) za niz potresov v Suhi krajini v letih 2013 in 2014. Na sliki (b) sta prikazana tudi žariščna mehanizma dveh najmočnejših potresov ter smeri globinskih prerezov s slike 7. Barva krogca ponazarja žariščno globino.

Figure 6: Distribution of 176 (a) routinely located earthquakes (circles) using Hypocenter (Lienert, 1994), and (b) relocated earthquakes using Double-Difference Hypocenter determination algorithm (Waldhauser in Ellsworth, 2000; Waldhauser, 2001) for earthquakes in Suha krajina in 2013 and 2014. Panel (b) shows also focal mechanisms of two strongest earthquakes. The directions of the cross sections on Figure 7 are marked. The colour of the symbols corresponds to the focal depth.

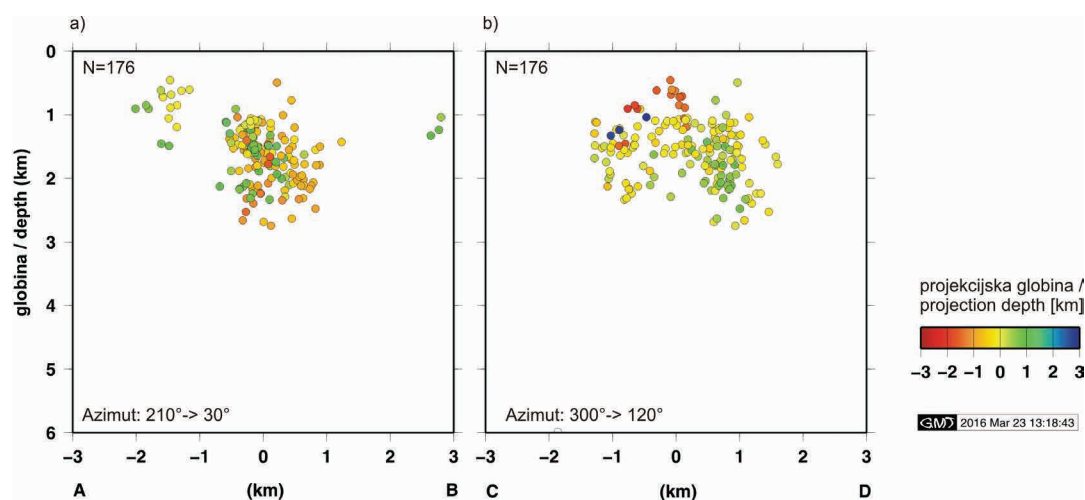
oddaljenostjo opazovalnic od potresov in na katerem so spremembe hitrosti majhne v primerjavi s spremembami hitrosti na poti potresnih valov. Osnovna ideja te metode je, da potresni valovi potresov, ki so nastali na relativno majhnem območju, potujejo do izbrane oddaljene opazovalnice po poteh zelo blizu skupaj, razen v neposredni bližini žarišč, in tako prepotujejo iste geološke strukture. Tako na večjem delu poti, razen v neposredni bližini žarišč, rutinski izračun z uporabo poenostavljenega modela Zemljine notranjosti k času potovanja potresnih valov prinese isto absolutno napako. Zaradi tega lahko časovno razliko (prehitke ali zaostanke) v času potovanja P oz. S potresnih valov dveh bližnjih potresov na izbrano opazovalnico z veliko gotovostjo pripišemo krajevnemu razmiku žarišč. Z zaporednim spreminjanjem lege žarišč minimiziramo vse prehitke oz. zaostanke med pari bližnjih potresov na vsaki opazovalnici posebej. S takšnim sočasnim relociranjem gruče potresov posredno upoštevamo hitrostne razlike v Zemljini notranjosti in lahko točneje določimo koordinate žarišč.

Pri relocaciji smo upoštevali le odčitane vstopne čase opazovalnic, oddaljenih od središča skupine potresov največ 50 km. V nadaljevanju smo parom bližnjih potresov poiskali vsaj 10 časovnih prehitkov oz. zaostankov ustreznih vstopnih časov. Tako je pri relocaciji sodelovalo 20 bližnjih opazovalnic. Prehitke oz. zaostanke vstopnih časov smo s programom HypoDD minimizirali in tako dobili izboljšane medsebojne lege 176 potresov (slika 6).

Globinske prereze smo izrisali na navpično ravnino (slika 7a), ki je od severa zasukana 30° v smeri urnega kazalca (daljica AB na sliki 6b) in na navpično ravnino (slika 7b), ki je od severa zasukana 120° v smeri urnega kazalca (daljica CD na sliki 6b).

Potresi so se po relocaciji prostorsko strnili. Iz lege potresnih žarišč lahko ocenimo, da se je večina potresov zgodila na območju velikem približno 3 km x 1,5 km ter v razponu 2 km globine.

Metoda HypoDD je relativna metoda, kar pomeni, da lahko z njo določamo relativen položaj potresnih žarišč znotraj obravnavane gruče, ne pa točne umeščenosti gruče v prostor. Večina relociranih potresov se je zgodila na globini med 1 in 3 kilometri. Žarišča relociranih potresov so vsaj 1 km plitveje kot smo jih ocenili s pomočjo vstopnih časov prihoda potresnega valovanja na opazovalnico SECP v prejšnjem poglavju, zato je potrebno relocirano gručo potresov poglobiti za to vrednost.



Slika 7: 176 relociranih potresov, zabeleženih v Suhi krajini v letih 2013 in 2014, izrisanih na globinskih prerezih vzdolž daljic AB (a) in CD (b), ki sta označeni na sliki 6b. Barva krogcev ponazarja oddaljenost potresa od projekcijske ravnine.

Figure 7: 176 relocated earthquakes recorded in Suha krajina in years 2013 and 2014 and drawn on depth's cross sections along segments AB (a) and CD (b) marked on Figure 6b. Colour of circle depicts the distance of the earthquake from the projection plane.

Žariščna mehanizma dveh najmočnejših potresov

Žariščna mehanizma smo določili dvema najmočnejšima potresoma, in sicer 16. junija 2013 ob 20.04 UTC z lokalno magnitudo 3,6 (Ložar in Živčič, 2014) in 13. marca 2014 ob 17.31 UTC z lokalno magnitudo 3,7 (Ložar in Živčič, 2016). Vsakemu potresu posebej smo iz odčitanih smeri prvih premikov ob vstopu vzdolžnega valovanja na potresno opazovalnico s programom Focmec (Snoke in sod., 1984) določili položaj dveh možnih prelomnih ploskev. Poleg seizmičnih zapisov opazovalnic DMPO smo imeli na voljo tudi zapise bližnjih hrvaških, italijanskih in avstrijskih opazovalnic. Tako smo smer vstopa valovanja lahko odčitali na zapisih 58 opazovalnic za prvi in 36 opazovalnic za drugi potres, medtem ko ostalim šibkejšim potresom nismo uspeli nedvoumno opredeliti smer prvega vstopa valovanja na zadostnem številu opazovalnic. Parametri žariščnih mehanizmov dveh najmočnejših potresov so zbrani v preglednici 2. Rešitve prelomnih ravnin z relativno lego opazovalnic in odčitanimi smermi vstopov vzdolžnega valovanja so v stereografski projekciji predstavljene na sliki 8.

Žariščna mehanizma obeh potresov, določena iz smeri prvih premikov ob prihodu vzdolžnega valovanja na potresno opazovalnico, sta si podobna in kažeta na narivanje bodisi proti jugu z usmerjenostjo preloma severozahod-jugovzhod bodisi na narivanje proti severovzhodu s smerjo preloma zahod-vzhod.

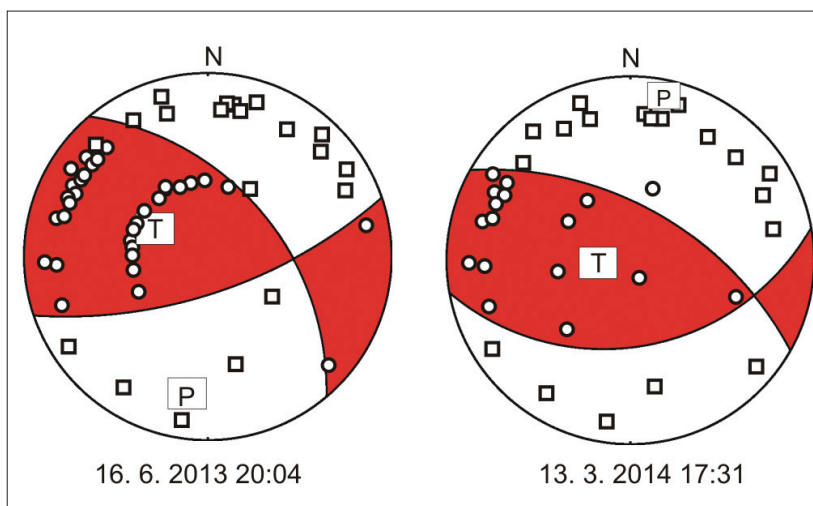
Preglednica 2: Parametri žariščnih mehanizmov dveh močnejših potresov iz leta 2013 in 2014 v Suhi krajini. Smer je merjena od severa proti vzhodu, tako da je prelomna ploskev nagnjena v desno, naklon je merjen od vodoravne ravnine, premik je merjen v prelomni ploskvi od smeri preloma (Aki in Richards, 2002). P je os največje in T os najmanjše napetosti. Np je število uporabljenih podatkov o smeri prvih premikov. Nnp je število odčitkov neskladnih z rešitvijo.

Table 2: Focal mechanism solutions of the selected earthquakes with epicentres in Suha krajina in 2013 and 2014. Strike is the azimuth of the horizontal direction taken so that the plane dips to the right, measured from the North through East (Aki's convention), dip of the fault is measured from the horizontal and rake is the angle of slip, measured in the plane of the fault from the strike direction to the slip vector. P is maximum and T minimum pressure axis. Np is number of P-wave first motion polarities used. Nnp is number of wrong P-wave first motion polarities.

datum	čas (UTC)	zem. širina	zem. dolž.	glob.	M _{Lv}	ravnina 1			ravnina 2			P		T		Np	Nnp
	hh:mm					°N	°E	km	smer	nakl.	prem.	smer	nakl.	prem.	smer	nakl.	smer
date	time (UTC)	lat.	long.	depth	M _{Lv}	nodal 1			nodal 2			P		T		Np	Nnp
	hh:mm	°N	°E	km		strike	dip	rake	strike	dip	rake	azim.	plun.	azim.	plun.	polarities	wrong polarities
16. 6. 2013	20:04	45,75	14,86	3	3,6	71	67	46	319	49	149	191	11	294	48	58	1
13. 3. 2014	17:31	45,75	14,85	4	3,7	80	40	58	299	57	114	12	9	259	68	36	1

Slika 8: Žariščna mehanizma dveh najmočnejših potresov. Kvadrтки predstavljajo opazovalnice, ki so kot prvi premik tal zaradi potresa zabeležile dilatracijo, krogi opazovalnice, ki so zabeležile kompresijo. Označeni sta smeri največje (P) in najmanjše (T) napetosti. Podana je projekcija na spodnjo poloblo.

Figure 8: Fault plane solutions of two strongest earthquakes. Squares denote stations with dilatation as the first onset and circles stations with compression, P and T are maximum and minimum stress axes. Lower hemisphere projection.



Z metodo inverzije tenzorja potresnega navora so potresoma 16. junija 2013 in 13. marca 2014 določili parametre žariščnega mehanizma tudi na ameriški univerzi Saint Louis v ZDA (EAS SLU, 2013, 2014), v Trstu pri Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (INGO, 2013) in v Bologni pri Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, 2013) ter pri Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ (GFZ, 2014). Rešitve tujih institucij so zbrane v preglednici 3.

Vse rešitve tujih organizacij v preglednici 3 niso skladne z našima rešitvama. Predvsem se razlikujeta prva in zadnja rešitev žariščnega mehanizma v preglednici 3. V obeh primerih gre za normalni prelom.

Preglednica 3: Primerjava parametrov žariščnih mehanizmov za potresa 16. 6. 2013 ob 20.04 UTC in 13.3.2014 ob 17.31 UTC določenih z inverzijo tenzorja potresnega navora na EAS SLU v ZDA (EAS SLU, 2013, 2014), na INGV (INGV, 2013), na OGS v Trstu (OGS, 2013), in GFZ v Potsdamu (GFZ, 2014).

Table 3: Comparison of focal mechanism parameters for earthquakes on 16 June 2013 at 20:04 UTC and 13 March at 17:31 UTC, determined by inversion of seismic moment tensor at EAS SLU (EAS SLU, 2013, 2014), at INGV (INGV, 2013), at OGS, Trieste (OGS, 2013), and at GFZ (GFZ, 2014).

datum	čas (UTC)	avtor	zem. širina	zem. dolž.	globina	M_w	ravnina 1			ravnina 2			N
dd.mm.yyyy	hh:mm		°N	°E	km		smer	naklon	premik	smer	naklon	premik	število opazov.
date	time (UTC)	author	lat.	long.	depth		nodal plane 1			nodal plane 2			N
dd.mm.yyyy	hh:mm		°N	°E	km		strike	dip	rake	strike	dip	rake	Number of stations
16. 6. 2013	20:04	EAS SLU	45,79	14,87	15	3,76	40	60	-25	143	69	-148	51
16. 6. 2013	20:04	INGV	45,78	14,83	17,1	4,06	246	64	51	128	46	143	7
16. 6. 2013	20:04	OGS	45,77	14,844	2	3,7	253	53	59	117	47	124	16
13.3.2014	17:31	EAS SLU	45,77	14,79	2	4,08	265	50	80	100	41	102	25
13.3.2014	17:32	GFZ	45,76	14,83	10	5,0	220	48	-81	29	42	-98	23

Zaključek

Potresni niz v Suhi krajini leta 2013 in 2014 smo beležili z opazovalnicami DMPO in šestimi začasno postavljenimi instrumenti. Tako smo zabeležili in locirali izjemno veliko, kar 2947 potresov, med njimi tudi zelo šibke. Zanimivo je, da bi brez postavitve začasnih opazovalnic, locirali le 19 % celotnega niza potresov. Gručo potresov smo umestili na globino med 1,0 in 4,5 kilometra, od katerih je večina med 1,9 in 3,5 kilometra. Žarišča potresov so nastajala na ploskvi severozahod-jugovzhod (približen azimut N300°E). Tej smeri ustrezna rešitev žariščnega mehanizma pa opisuje nariv prelomne ploskve s smerjo severozahod-jugovzhod v smeri proti jugu.

Slike 1, 6, 7 in 8 so bile narejene s programom GMT (Wessel in Smith, 1991; 1998).

Literatura

Agencija RS za okolje, 2013. Baza podatkov za potrese na ozemlju Slovenije leta 2013. Arhiv ARSO, Ljubljana.

Agencija RS za okolje, 2014. Baza podatkov za potrese na ozemlju Slovenije leta 2014. Arhiv ARSO, Ljubljana.

EAS SLU, Saint Louis University, USA, 2013.

http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc_mt/MECH.EU/20130616200500/index.html. (uporabljeno 20. 5. 2014).

EAS SLU, Saint Louis University, USA, 2014.

- http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc_mt/MECH.EU/20140313173159/index.html (uporabljeno 15. 9. 2015).
- GFZ, Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam, 2014.
- <http://geofon.gfz-potsdam.de/data/alerts/2014/gfz2014fbbk/mt.txt>
(uporabljeno 15. 9. 2015).
- Gutenberg, B. in C. F. Richter, 1944. Frequency of earthquakes in California. *Bull. Seism. Soc. Am.* 34, 185–188.
- INGV, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Bologna, 2013. <http://autorcmt.bo.ingv.it/QR-CMT-on-line/QRCMT13-on-line/E1306162005A.html>
(uporabljeno 20. 5. 2014).
- INOGS, Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, Trieste, 2013.
- http://rts.crs.inogs.it/it/project/3_tensore-momento.html?year=2013&page=1
(uporabljeno 20. 5. 2014).
- Lienert, B. R., 1994. HYPOCENTER 3.2 – A Computer program for locating Earthquakes Locally, Regionally and Globally. Hawaii Institute of the Geophysics and Planetology, Honolulu, 70 str.
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2014. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letu 2013. V A. Gosar, ur.: *Potresi v letu 2013*. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 63–66.
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2016. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letu 2014. V A. Gosar, ur.: *Potresi v letu 2014*. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 93–97.
- Michelini, A., Živčič, M., and Suhadolc, P., 1998. Simultaneous inversion for velocity structure and hypocenters in Slovenia, *Journal of Seismology*, 2(3), 257–265.
- Snoke, J.A., Munsey, J.W., Teague, A.G., Bollinger, G. A., 1984. A Program for Focal Mechanism Determination by the Combined Use of Polarity and SV-P Amplitude Ratio Data. *Earthquake Notes*, 55, No. 3, 15 str.
- Vidrih, R., Godec, M., Ceci, I., 1991. Niz potresov v Dobropoljski dolini. *Ujma* št. 5.
- Waldhauser, F., 2001. HypoDD – A Programme to Compute Double-Difference Hypocenter Locations. U. S. Geol. Surv. Open File Rep. 01-113, 25 str.
- Waldhauser, F., Ellsworth, W. L., 2000. A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward fault. *Bull. Seism. Soc. Am.* 90, 1353–1368.
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1991. Free software helps map and display data, *Eos, Trans. Amer. Un.*, Vol.72(441), str. 445–446.
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1998. New, improved version of the Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. AGU*, Vol. 79, str. 579

Barbara Šket Motnikar, Matjaž Godec, Polona Zupančič

UČINKI POTRESOV V SUHI KRAJINI LETA 2013 IN 2014

EFFECTS OF THE EARTHQUAKES IN SUHA KRAJINA IN 2013 AND 2014

Povzetek

V dveletnem nizu šibkih potresov v Suhi krajini sta se 16. junija 2013 ob 22.04 in 13. marca 2014 ob 18.31 zgodila dva močnejša potresa, ki sta poleg preplaha povzročila tudi nekaj gmotne škode. Podatke o učinkih potresov smo zbrali z ogledom poškodb v nadžariščnem območju ter z makroseizmičnimi vprašalniki in jih podrobno analizirali. Po potresu leta 2013 smo vpeljali spletni vprašalnik in na območju Suhe krajine pridobili veliko novih registriranih poročevalcev o učinkih potresov, zato smo ob potresu leta 2014 prejeli trikrat večje število izpolnjenih vprašalnikov. Učinki obeh potresov so primerljivi in med seboj ne odstopajo značilno (2014 so bili največji učinki za pol intenzitetne stopnje večji). V času potresov so se na širšem nadžariščnem območju odprle udorne jame, kar pa ni posledica potresov, temveč predvsem dolgotrajnih procesov zakrasevanja s pomočjo delovanja vode.

Abstract

In the region of Suha krajina a number of weak to moderate earthquakes occurred in years 2013 and 2014, with two stronger shocks, on 16 June 2013 at 22:04 Central European Time (CET) and on 13 March 2014 at 18:31 CET. The local magnitude of the first event was 3.6, and the highest intensity V-VI EMS-98. The second event had local magnitude 3.7, and the highest intensity VI EMS-98. Both earthquakes caused fear and some material damage. Data on earthquake effects were collected using macroseismic questionnaires and with field investigation. After the 2013 earthquake, a macroseismic web questionnaire has been introduced, and many new earthquake observers in the Suha krajina area were registered. Therefore for the 2014 earthquake the number of received questionnaires tripled. The effects of both earthquakes are comparable, yet the damage in 2014 was somewhat larger. Some sinkholes opened in a wider epicentral area, not as a consequence of earthquakes but rather due to the longlasting karst processes and water activity.

Potresni niz v letih 2013 in 2014

V Suhi krajini se je v letih 2013 in 2014 zvrstil niz šibkih do zmernih potresov z dvema močnejšima sunkoma (Čarman in sod., 2016; Jesenko in sod., 2014; Jesenko in sod., 2016). Prvi močnejši potres se je zgodil 16. junija 2013 ob 22.04 oziroma ob 20.04 po univerzalnem koordiniranem času (UTC). Imel je lokalno magnitudo 3,6, največji učinki pa so bili ocenjeni z intenziteto V–VI po Evropski potresni lestvici EMS-98 (Grünthal, 1998). Drugi močnejši potres je tla zatresel 13. marca 2014 ob 18.31 oziroma ob 17.31 UTC. Lokalna magnituda potresa je bila 3,7, največja intenziteta pa VI EMS-98 (preglednica 1). Oba potresa sta se zgodila pri naselju Seč, 10 kilometrov vzhodno od Ribnice, in sta poleg preplaha povzročila tudi nekaj gmotne škode. Prebivalci so po obeh potresih čutili tudi veliko popotresov, saj so bila žarišča zelo plitva. Večina potresov je nastala v globini do štirih kilometrov.

Učinki potresa 16. junija 2013

Za ta potres smo razposlali 354 papirnih vprašalnikov o učinkih potresa in prejeli 291 izpolnjenih vprašalnikov (82 %). Skupaj s 83 elektronskimi vprašalniki smo dobili 189 poročil, da so potres čutili, ter 185 odgovorov, da ga niso čutili (preglednica 1). Le dan pred potresom smo vprašalnik o učinkih potresa prenovili in testno verzijo postavili na spletno stran (ARSO, 2014). Takoj po potresu smo prejeli prvi izpolnjen spletni vprašalnik poročevalke iz Seča, ki je v naslednjih dveh letih poročala o številnih šibkejših potresih, ki jih je zaznala.

Na podlagi vseh zbranih podatkov smo ocenili učinke potresa. Potres 16. junija 2013 so čutili prebivalci celotne Dolenjske, zahodnega dela Štajerske in širše okolice Ljubljane

Preglednica 1: Primerjava obeh potresov**Table 1:** Comparison of both earthquakes.

Lokalni čas potresa	16. junij 2013 22.04	13. marec 2014 18.31
Lokalna magnituda	3,6	3,7
Globina žarišča (km)	3	4
Največja intenziteta	V–VI EMS-98	VI EMS-98
Št. prejetih (od poslanih) papirnih vprašalnikov	291 od 354 (82 %)	441 od 553 (80 %)
Št. prejetih elektronskih vprašalnikov	82 (e-pošta) +1 (splet)	489 (splet) + 11 (EMSC)
Št. pozitivnih (od vseh prejetih) vprašalnikov	189 od 374	591 od 941
Št. naselij z vsaj V EMS-98	9	10
Št. naselij z vsaj IV EMS-98	44	72
Št. popotresov, ki so jih čutili	24	20

(Jesenko in sod., 2014, slika 5). O poškodbah stavb so poročali v naseljih Hinje (intenziteta V–VI EMS-98), Hrib pri Hinjah, Sela pri Hinjah, Žvirče, Prapreče (vse intenziteta V EMS-98), Kočevje in Prigorica (intenziteta IV–V EMS-98). Poleg omenjenih naselij, v katerih so nastale poškodbe, smo intenziteto V EMS-98 ocenili še v Seču, Slovenski vasi, Mlaki pri Kočevju in v Cvišlerjih.

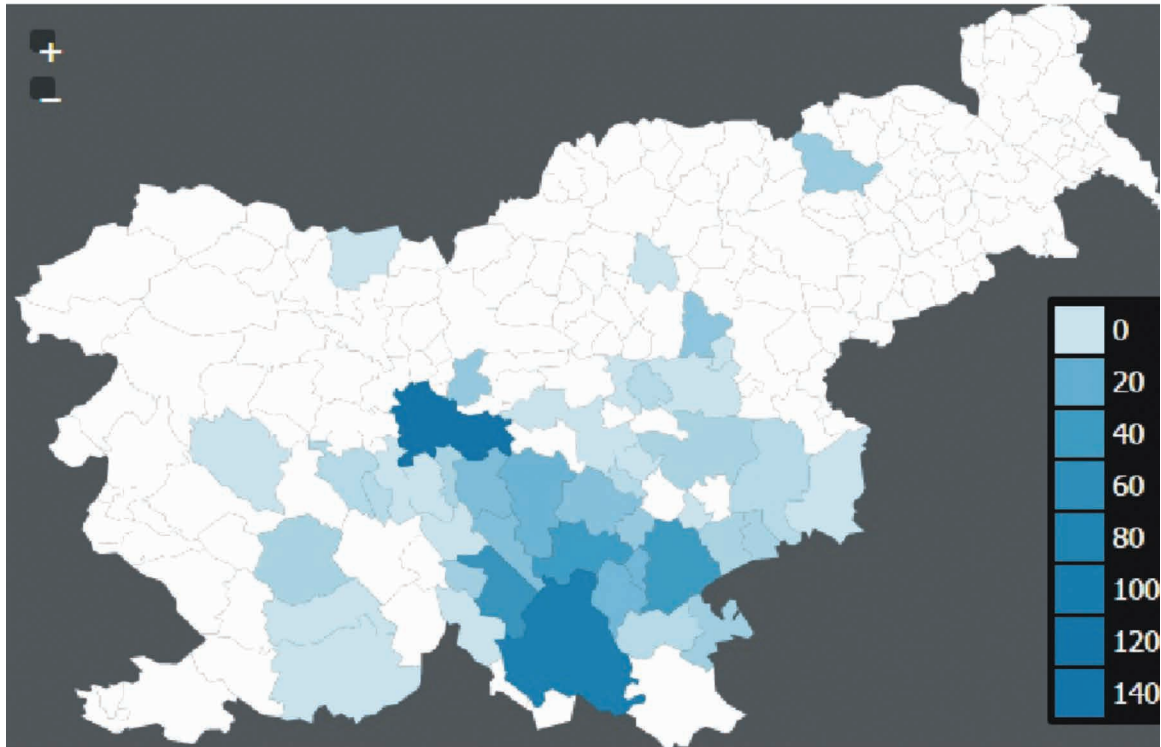
Učinki potresa 13. marca 2014

Podatke o učinkih tega potresa so nam posredovali številni prostovoljni poročevalci, ki smo jim poslali 666 vprašalnikov (113 po elektronski pošti ter 553 po navadni pošti). Prejeli smo 441 (80 %) izpolnjenih papirnih vprašalnikov. Deleža vrnjenih spletnih vprašalnikov ne poznamo, saj na spletnih vprašalnikih osebni podatki niso obvezni. Skupaj (zaprošenih ali poslanih na lastno pobudo) smo prejeli 489 elektronskih vprašalnikov z naše spletne strani, poleg tega pa še enajst vprašalnikov s spletne strani evropske seizmološke organizacije EMSC ter zelo veliko telefonskih klicev. Po zbranih podatkih je 591 oseb navedlo, da je potres čutilo, 418 vprašanih pa ga ni zaznalo (preglednica 1). Na sliki 1 je prikazan spletni odziv prebivalcev po občinah, in sicer število prebivalcev, ki so navedli, da so potres čutili.

Tudi ta potres je poleg preplaha povzročil nekaj gmotne škode. Največ poškodb je bilo v naselju Seč, kjer je ocenjena največja intenziteta potresa VI EMS-98. Več poškodovanih zgradb, od tega ena huje, je bilo tudi v Polomu (V–VI EMS-98). Intenziteto V EMS-98 smo ocenili na nadžariščnem območju polmera približno 12 km, in sicer v naseljih Hinje, Žvirče, Prevole, Željne, Šalka vas, Dolenja vas, Stara Cerkev in Mačkovec pri Dvoru. Za te kraje imamo večinoma poročila o manjših poškodbah (slika 2). O precejšnjih učinkih potresa so poročali tudi iz bolj oddaljenega Semiča. Prebivalci omenjenih naselij so navajali močno tresenje, prestrašenost, znatno nihanje višjih predmetov, žvenket steklenine in porcelana, premikanje nestabilnih predmetov ter majhne ali zanemarljive poškodbe na posameznih stavbah. Prebivalci naselij, ki so od nadžarišča oddaljena več kot 12 km, niso poročali o poškodbah.

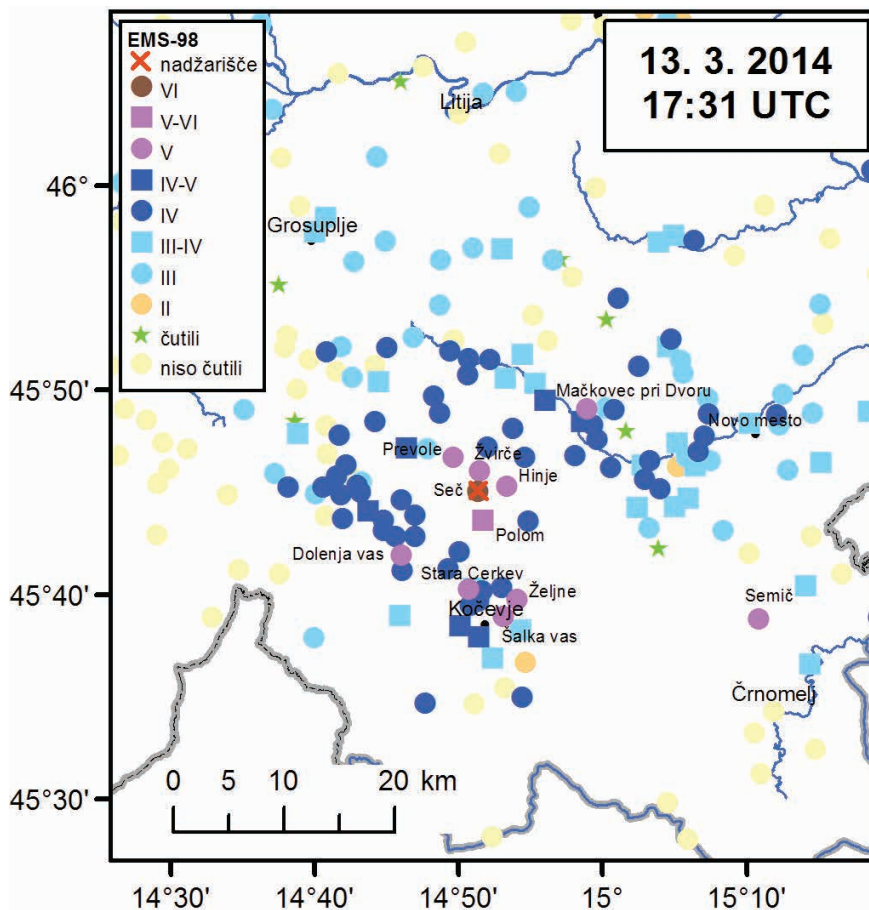
Učinke IV EMS-98 smo ocenili v krogu polmera približno 25 km od nadžarišča. Potres so zaznali v jugovzhodni in osrednji Sloveniji, posamezna poročila pa so prišla tudi iz 108 kilometrov oddaljenega Maribora. Po podatkih seizmologov iz Italije (INGV) so ljudje potres čutili do oddaljenosti okrog 150 km od nadžarišča. Intenziteta za posamezna naselja Slovenije in sosednjih držav je prikazana na sliki 3.

Čutili (skupaj 489)



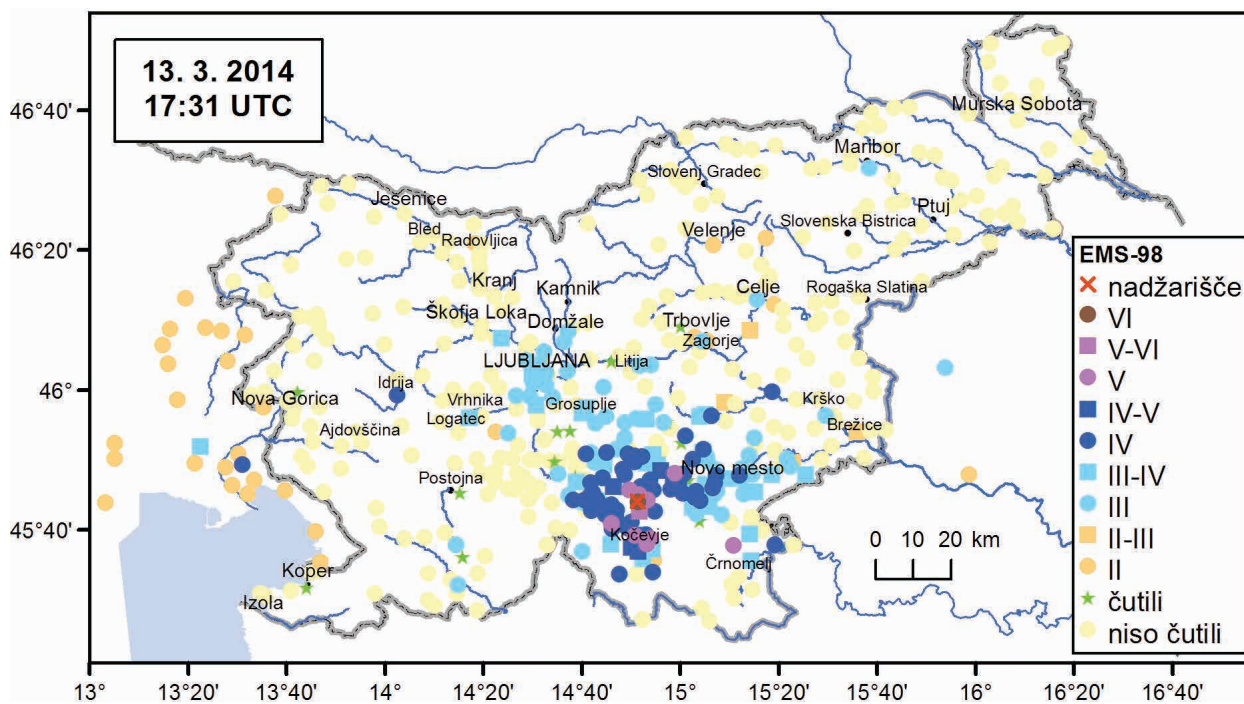
Slika 1: Število pozitivnih (čutili potres 13. 3. 2014) spletnih vprašalnikov po občinah

Figure 1: Number of positive web questionnaires by municipalities (felt earthquake 13 March 2014).



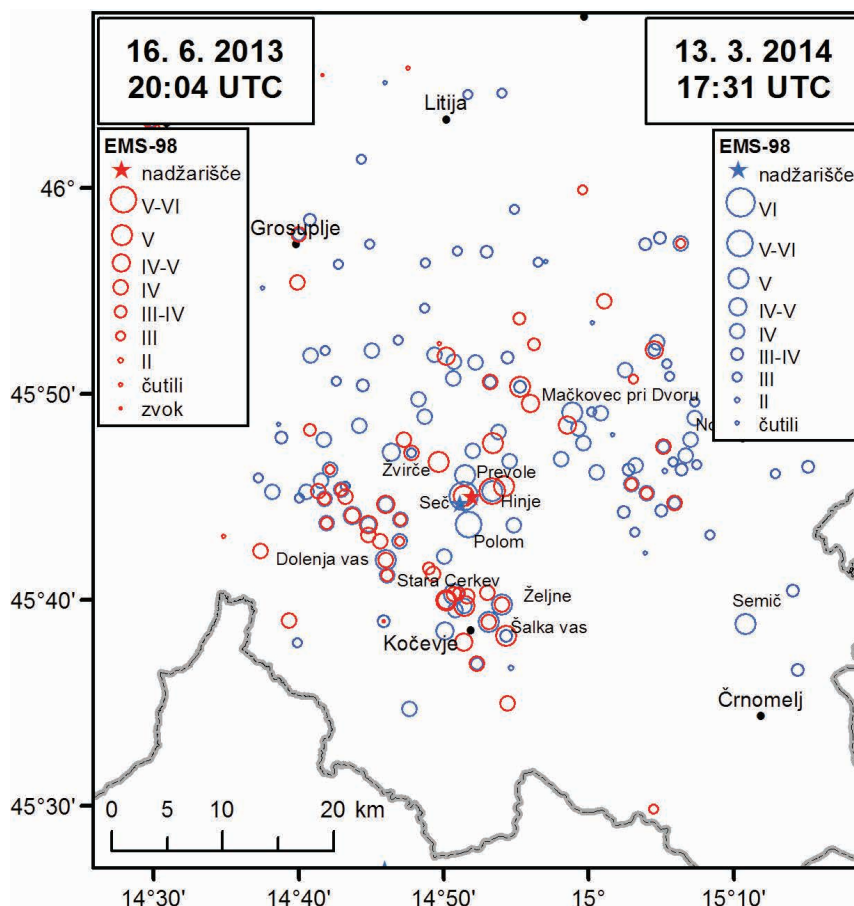
Slika 2: Intenziteta potresa 13. marca 2014 v naseljih jugo-vzhodne in osrednje Slovenije. Označena so večja naselja in tista, v katerih je bila intenziteta potresa V EMS-98 ali več.

Figure 2: EMS-98 intensity in south-eastern and central Slovenia. Large settlements and settlements with V EMS-98 intensity or more are marked. Legend: nadžarišče = epicentre, čutili = felt, zvok = sound, niso čutili = not felt



Slika 3: Intenziteta potresa 13. marca 2014 po naseljih.

Figure 3: Intensity map of 13 March 2014 earthquake. Legend: nadžarišče = epicentre, čutili = felt, zvok = sound, niso čutili = not felt



Slika 4: Primerjava intenzitete obeh potresov v nadžariščnem območju

Figure 4: Comparison of intensity of both earthquakes in the epicentral area. Legend: nadžarišče = epicentre, čutili = felt, zvok = sound

Parametri obeh potresov in njihovi učinki so zelo podobni (preglednica 1), a vendarle je bilo področje poškodb leta 2014 malo večje in tudi največji učinki so bili nekoliko večji. Lokacija nadžarišča je skoraj identična, približno enako obsežno je območje z učinki IV in V EMS-98 (slika 4). Velika razlika pri makroseizmični analizi obeh potresov je v številu prejetih spletnih vprašalnikov in v številu naselij, od koder smo jih prejeli. Leta 2014 smo imeli v Suhi krajini bistveno več stalnih poročevalcev o učinkih potresov, pa tudi spletni vprašalnik je bil med prebivalci že dobro poznan. Zato je bilo tudi število pozitivnih vprašalnikov več kot trikrat tolikšno kot leto prej, s tem pa tudi veliko več ocenjenih naselij. Med 62 naselji, za katera smo pri obeh potresih prejeli pozitivne vprašalnike, ima 22 naselij enako ocenjeno intenziteto. V 18 naseljih so bili učinki večji leta 2013, v 22 naseljih pa leta 2014; v povprečju so torej učinki obeh potresov zelo podobni.

Poškodbe objektov

Ob potresih so objekti v Suhi krajini utrpeli predvsem lažje poškodbe, kot so razpoke v ometu, odpadanje posameznih strešnikov, odpadanje koščkov beleža in ometa, razpoke na stikih stropa in stene, počena stenska keramika, razširjanje obstoječih razpok in podobno. Po potresih smo si nekatere poškodovane objekte ogledali predstavniki Urada za seizmologijo in geologijo.

Potres leta 2013 je povzročil poškodbe na nekoliko manjšem območju kot potres leta 2014. Tako smo pri potresu leta 2013 zabeležili poškodbe v vaseh Hinje, Hrib pri Hinjah in Selo pri Hinjah, pri potresu leta 2014 pa v vaseh Prevole, Seč in Polom. Ocenjujemo, da potres leta 2014 predstavlja akumulacijo poškodb iz obeh potresov. Včasih so namreč zelo majhne poškodbe skorajda nevidne, potres naslednjega leta, ki je le malce močnejši, pa te minimalne poškodbe spremeni v očem vidne lasaste ali tudi globlje razpoke.

Po potresu leta 2013 smo največje poškodbe zabeležili v vaseh Hinje, Hrib pri Hinju in Selo pri Hinjah. V starem delu vasi Hinje so stanovanjske hiše stare več kot 100 let. Temeljenje je večinoma slabo, stropi so leseni. Zidovi so iz kamna, debeli od 40 do 70 centimetrov, malta pa je slaba. Vogali so iz obdelanega kamna, vmes so za gradivo uporabili delno obdelan ali le nabran kamen. Poleg tega je bil stari del vasi med vojno popolnoma požgan, prav tako je bilo nekaj eksplozij. Po vojni so požgane hiše obnovili. Že po potresu junija 2013 smo si ogledali hiše, ki so po EMS-98 uvrščene v ranljivostni razred A. Ugotovili smo veliko obsežnih in globokih razpok na stiku sten in stropov ter odpadanje strešnikov. Glede na obsežnost so bile poškodbe pri nekaterih objektih po EMS-98 uvrščene med poškodbe 2. kategorije. Na slikah 5–8 je prikazan objekt ranljivostnega razreda A s poškodbami 2. kategorije.

Vaščani Hinj, ki so bili 13. marca 2014 v času potresa pri maši, so pripovedovali, da jih je močno streslo, vendar so vsi ostali v cerkvi. Župnik je prebledel, toda nadaljeval mašo, s stropa cerkve ni odpadlo nič beleža. Vsi so si sicer želeli iti čim prej domov pogledat, ali hiše, glede na poškodbe iz leta 2013, še stojijo. Hiše, ki so bile poškodovane junija 2013, niso utrpeli bistvenih dodatnih poškodb.

Večje in obsežnejše poškodbe med potresom leta 2014, so nastale v naseljih Prevole, Seč in Polom.

V Prevolah so poškodbe nastale le na tamkajšnji osnovni šoli. Objekt je bil zgrajen leta 1955, okoli leta 1970 je bil zgrajen prvi prizidek, leta 2001 pa še drugi. Stropi so armirano betonski, in stene opečnate. V prizidkih nismo opazili poškodb, so pa nastale razpoke v predelnih stenah in drugih delih glavne stavbe, ki so jih prezidali ob gradnji prizidka. Po Evropski potresni lestvici EMS-98 (Grunthal, 1998) je osnovna šola objekt ranljivostnega razreda B s poškodbami 1. kategorije. Prizidka, ki ju lahko uvrstimo v ranljivostni razred C, sta potres prestala brez poškodb.

V vasi Seč je bila poškodovana večina objektov. Gre predvsem za poškodbe 1. kategorije, kot so lasaste razpoke v ometu, na objektih ranljivostnega razreda B in C po EMS-98. Obsežne poškodbe so nastale na več kot 100 let starem, sicer obnovljenem, stanovanjskem objektu. Gre za

lovsko hišo (slike 9–11), pri kateri niso med njeno obnovo namenili sanaciji nobene pozornosti, kaj šele potresni utrditvi objekta. Že pred leti so nastale poškodbe na objektu kot posledica posedanja temeljnih tal. Te poškodbe so se ob potresu še povečale. Tako je imela stavba ob ogledu veliko globokih razpok na stiku sten in stropov in globokih razpok v stenah. Na slikah 12 in 13 je gospodarsko poslopje lovske hiše, kjer so nastale globoke razpoke in so odpadli večji kosi ometa. Obe stavbi uvrščamo v ranljivostni razred A s poškodbami 2. kategorije.

V Polomu so poškodbe nastale predvsem na več kot 100 let starih objektih. Tudi tu gre za stavbe, ki so bile zgrajene v času, ko je na tem območju še živel nemško govoreča skupnost Kočvarjev. Gre za objekte s praviloma slabim temeljenjem, stropi so leseni in nepovezani. Nekateri objekti so podkleteni, kleti imajo obokane opečne strope. Zidovi so iz mešanega materiala, tako so vogali iz obdelanega kamna, stene so iz opeke ter delno obdelanega in nabranega kamna, vezivo pa je slaba malta. Poškodbe so predvsem lasaste razpoke, odpadanje koščkov ometa, obnovitev starih razpok, razpoke na stikih prizidkov in starejših delov stavbe. Večinoma so starejše stanovanjske hiše po EMS-98 uvrščene v ranljivostni razred B, poškodbe pa uvrščamo v 1. kategorijo. Po poročanju prebivalke je imela ena hiša večje poškodbe, in sicer odpadanje strešnikov ter globoke razpoke v zidovih.



Slika 5: Stanovanjska hiša v Hinjah po potresu 16. junija 2013; poškodbe te hiše so prikazane na slikah 6–9 (foto: M. Godec)

Figure 5: A residential house in Hinje after 16 June 2013 earthquake; damage of this house is shown in Figures 6–9 (photo: M. Godec)

Geološka in tektonska zgradba Suhe krajine ter vpliv tal na intenziteto

Območje Suhe krajine strukturno-tektonsko spada v Zunanje Dinaride. Večina prelomov poteka v smeri SZ–JV in so desnozmični. Na severovzhodu omejuje Suho krajino Žužemberški prelom, čez njo pa poteka Dobropoljski prelom (Poljak, 2007, Atanackov in sod., 2014). Dobropoljski je desnozmični prelom segmentiran v 3 segmente v skupni dolžini 65 km z vpadom od 70° do 85° proti severovzhodu. Na podlagi geodetskih podatkov je prelom aktiven in se premika v horizontalni smeri s



Slika 6: Odpadanje koščkov ometa (foto: M. Godec)

Figure 6: Fall of small pieces of plasters (photo: M. Godec)



Slika 7: Globoke razpoke v vogalu hiše (foto: M. Godec)

Figure 7: Deep cracks in the corner of a house (photo: M. Godec)



Slika 8: Globoke razpoke na stiku stene in stropa – posledica nepovezanega zidovja (foto: M. Godec)

Figure 8: Deep cracks at the junction of ceiling and wall, as a result of unconfined walls of the house (photo: M. Godec)



Slika 9: Louska koč v Seču po potresu 13. 3. 2014 (foto: P. Zupančič)

Figure 9: A hunting lodge in Seč after 13 March 2014 earthquake (photo: P. Zupančič)



Slika 10: Globoka razpoka v steni
(foto: P. Zupančič)

Figure 10: A deep crack in the wall
(photo: P. Zupančič)



Slika 11: Razpoka in odpadanje ometa na stiku stropa in stene (foto: P. Zupančič)

Figure 11: A crack and falling of plaster at the junction of ceiling and wall (photo: P. Zupančič)



Slika 12: Globoke razpoke na gospodarskem poslopiju pri lovski hiši v Seču (foto: P. Zupančič)

Figure 12: Deep cracks on the outbuilding near the hunting lodge in Seč (photo: P. Zupančič)



Slika 13: Odpadanje ometa s stropa na gospodarskem poslopiju pri lovski hiši v Seču (foto: P. Zupančič)

Figure 13: Falling of plaster from ceiling on the outbuilding near the hunting lodge (photo: P. Zupančič)

povprečno hitrostjo 0,5 do 0,8 mm/leto (Atanackov in sod, 2014). Vendar pa se potresa nista zgodila na enem izmed do sedaj znanih prelomov. Žariščna mehanizma obeh potresov sta si podobna in kažeta na narivanje bodisi proti jugovzhodu z usmerjenostjo preloma ZJZ-VSV bodisi narivanje proti jugozahodu s smerjo preloma severozahod-jugovzhod (Čarman in sod., 2016).

Učinki potresa na ljudi, predmete, stavbe in naravo so odvisni od številnih dejavnikov, zelo pomembna je tudi lokalna geološka zgradba. Najpogostejša dejavnika, ki poleg litološke zgradbe oziroma mehanskih lastnosti kamnin vplivata na intenziteto, sta podpovršinska oblika struktur, na primer oblika sedimentacijskega bazena, ter topografija površja. Pri potovanju potresnega valovanja skozi plastovite kamnine se spreminjajo frekvenčna sestava in amplitude potresnih valov. Gostota, togost, debelina in druge fizikalne lastnosti plasti kot tudi jakost potresnega valovanja najbolj vplivajo na lastnosti potresnih valov. Amplitude nihanja tal so zaradi vpliva lokalnih tal lahko tudi do petkrat večje v primerjavi z nihanjem na trdni kamnini (Tezcan, 2002). Posledice potresa na objektu pa so seveda odvisne tudi od potresne odpornosti oziroma ranljivosti objekta.

Širše območje nadžarišča leži na pretežno mezozojskih apnencih, v katerih so razviti številni kraški pojavi, na primer kraške jame, suhe doline in vrtače. Zahodna Suha krajina je območje z zelo veliko gostoto vrtač (Gams, 2004). Pod drobnozrnatimi površinskimi sedimenti, torej prstjo, so skrite številne podtalne kraške oblike. Prst na taki podlagi je lahko zelo različno debela. Slabo temeljenje stavb na takih tleh lahko povzroči diferenčno posedanje konstrukcije. Apnenec je glede na svoje mehanske lastnosti klasificiran kot trdna tla brez pričakovanih ojačitev nihanja tal, vendar lahko zaradi močne zakrasedlosti pričakujemo tudi večje učinke. V času potresov so se na širšem nadžariščnem območju odprle številne udorne jame (Delo, 12. 3. 2014), kar pa ni posledica potresov, temveč predvsem dolgotrajnih procesov zakrasedanja s pomočjo delovanja vode (slika 14).



Slika 14: Udorna jama (premera več kot 1 m) v bližini vasi Polom, ki se je odprla v času potresov (foto: P. Zupančič)

Figure 14: A sinkhole (with diameter of more than 1 m) near Polom opened up during 2014 earthquake swarm (photo: P. Zupančič)

Sklepne misli

Najmočnejša potresa v Suhi krajini sta poleg preplaha povzročila manjše nekonstrukcijske poškodbe predvsem na starejših zgradbah na nadžariščnem območju. Sodelavci Urada za seizmologijo in geologijo smo si prijavljene poškodbe ogledali. Ugotovili smo, da so potresi na nekaterih starih objektih razkrili neustrezno potresno odpornost, zato je treba starejše objekte ne le popraviti, temveč potresno utrditi. Prepogosto se dogaja, da so stavbe popravljane le kozmetično z zapiranjem razpok z mavcem in beležem ter opravičilom, da stavbe v preostali življenjski dobi ne bodo doživele še enega potresa. Žal je pogosta potresna dejavnost najboljši dokaz, da tako ne smemo razmišljati. Pri potresnem utrjevanju objektov je treba zagotoviti celovitost delovanja konstrukcije, izboljšati zasnovno konstrukcije, izboljšati odpornost konstrukcije in utrditi nosilne zidove ter preveriti in, če je treba, izboljšati nosilnost temeljev (Tomažević, 2009).

Zahvala

Zahvaljujemo se številnim prebivalcem, ki so izpolnili vprašalnik o učinkih potresa. Še posebej zavzeti sta bili poročevalki iz Seč in Žvirč.

Literatura

- Agencija RS za okolje, 2013. Baza podatkov za potrese na ozemlju Slovenije leta 2013. Arhiv ARSO, Ljubljana.
- Agencija RS za okolje, 2014. Baza podatkov za potrese na ozemlju Slovenije leta 2014. Arhiv ARSO, Ljubljana.
- Agencija Republike Slovenije za okolje, 2014. Vprašalnik o učinkih potresa (online). Dostopno na naslovu: <http://www.arso.gov.si/potresi/vprašalnik/> (12. 5. 2014).
- Atanackov, J., Bavec, M., Celarc, B., Jamšek Rupnik, P., Jež, J., Novak, M., Milanič, B., 2014. Seizmotektonska parametrizacija aktivnih prelomov Slovenije. 1. del, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- Čarman M., Živčič M., Ložar Stopar M., 2016. Potresni niz v Suhi Krajini v letih 2013 in 2014. Potresi v letu 2014 (ur. A. Gosar), ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo.
- Čarman, M., Živčič, M., Ložar-Stopar, M., 2016. Potresni niz v Suhi krajini v letih 2013 in 2014. Potresi v letu 2014 (ur. A. Gosar), ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo.
- Delo, 12. 3. 2014. <http://www.delo.si/novice/slovenija/zemlja-se-v-kocevju-ne-odpira-zaradi-potresov.html> (30. 3. 2015).
- European-Mediterranean Seismological Centre - EMSC/CSEM (online). <http://www.emsc-csem.org> (uporabljeno 9. 10. 2014).
- Gams, I., 2004. Kras v Sloveniji v prostoru in času. 2. pregledana izd. Založba ZRC, ZRC SAZU, Ljubljana, 515 str.
- Grünthal, G. (ur.), 1998. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 15, Luxembourg, 99 str.
- Istituto Nazionale di Geofisica e vulcanologia - INGV, Dati EMS in formati ASCII (online). <http://www.haisentitoilterremoto.it/> (uporabljeno 9. 10. 2014).
- Jesenko, T., Šket Motnikar, B., Cecić, I., Godec, M., Jerše, A., Prosen, T., Živčič, M., 2014. Potresi v Sloveniji leta 2013. Potresi v letu 2013 (ur. A. Gosar), ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 16–34.
- Jesenko, T., Šket Motnikar, B., Cecić, I., Godec, M., Prosen, T., Živčič, M., 2016. Potresi v Sloveniji leta 2014. Potresi v letu 2014 (ur. A. Gosar), ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo.
- Poljak, M., 2007. Strukturno-tektonska karta Slovenije 1:250 000. Tolmač. Geološki zavod Slovenije. 64 str.
- Tomažević, M., 2009. Potresno odporne zidane stavbe. Tehnis, Ljubljana.
- Tezcan, S. S., Kaya, E., Bal, I. E., Ozdemir, Z., 2002. Seismic amplification at Avcilar, Istanbul. Engineering Structures 24, Elsevier, str. 661–667.

Mladen Živčić, Martina Čarman, Milka Ložar Stopar

POTRES 22. APRILA 2014 PRI PIVKI IN POPOTRESI EARTHQUAKE ON APRIL 22, 2014 NEAR PIVKA AND AFTERSHOCKS

Povzetek

22. aprila 2014 ob 8.58 UTC se je pri Pivki zgodil potres z lokalno magnitudo 4,3. Sledili so mu številni popotresi. Za boljše opredelitev potresnih parametrov smo na nadžariščem območju postavili tričasne potresne opazovalnice in analizirali 401 popotres. Prostorska porazdelitev popotresov in žariščni mehanizem glavnega potresa kažejo, da se je potres zgodil ob skoraj navpičnem levozmičnem prelomu, ki poteka v prečnodinarski smeri jugozahod-severovzhod.

Abstract

On 22 April 2014 at 8:58 UTC an earthquake with local magnitude 4.3 happened near Pivka, followed by a number of aftershocks. Data from the instruments installed in the epicentral area have allowed better evaluation of earthquake parameters. Spatial distribution of aftershocks as well as focal mechanism of the main shock describe almost vertical fault striking cross-dinaric SW-NE direction with left strike slip mechanism.

Prostorska in časovna porazdelitev potresov

Tla v okolici Pivke so se 22. aprila 2014 ob 8. uri 58 minut in 27 sekund po univerzalnem koordiniranem času (UTC) močno zatresla. Potresu z magnitudo MLV = 4,3 smo opredelili koordinate nadžarišča, in sicer 45,66° N in 14,25° E, kar je 4 kilometre jugovzhodno od Pivke. Žarišče potresa je bilo 17 kilometrov globoko. Učinki potresa so opisani v posebnem članku (Šket Motnikar in sod., 2015).

Takoj po glavnem potresu so opazovalnice državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO) zaznale številne popotrese, ki so se vrstili tudi po večkrat v minuti. Žariščnemu območju najbližja opazovalnica državne mreže je Cerknica (CEY), oddaljena približno 16 kilometrov. V polmeru 20 kilometrov od žarišča je le še opazovalnica Knežji Dol (KNDS). Takšna oddaljenost ne zagotavlja zadostne točnosti v opredelitvi lokacij popotresov, še posebno pa ne zanesljive opredelitve žariščne globine. Zato smo takoj po glavnem potresu začeli postavljatičasne potresne opazovalnice na nadžariščnem območju. Čeprav je bil del seizmološke opreme takrat nameščen v Suhi krajini za opazovanje popotresnega niza po potresu 13. marca 2014 in ga je bilo treba premestiti, je opazovalnica v Trnju (TRNP) začela delovati že istega dne pred 15. uro. Do 17. ure sta v polmeru pet kilometrov okoli nadžarišča glavnega potresa delovali še potresna opazovalnica v Juršču (JURE) in Zagorju (ZAGP). Njihove lokacije so

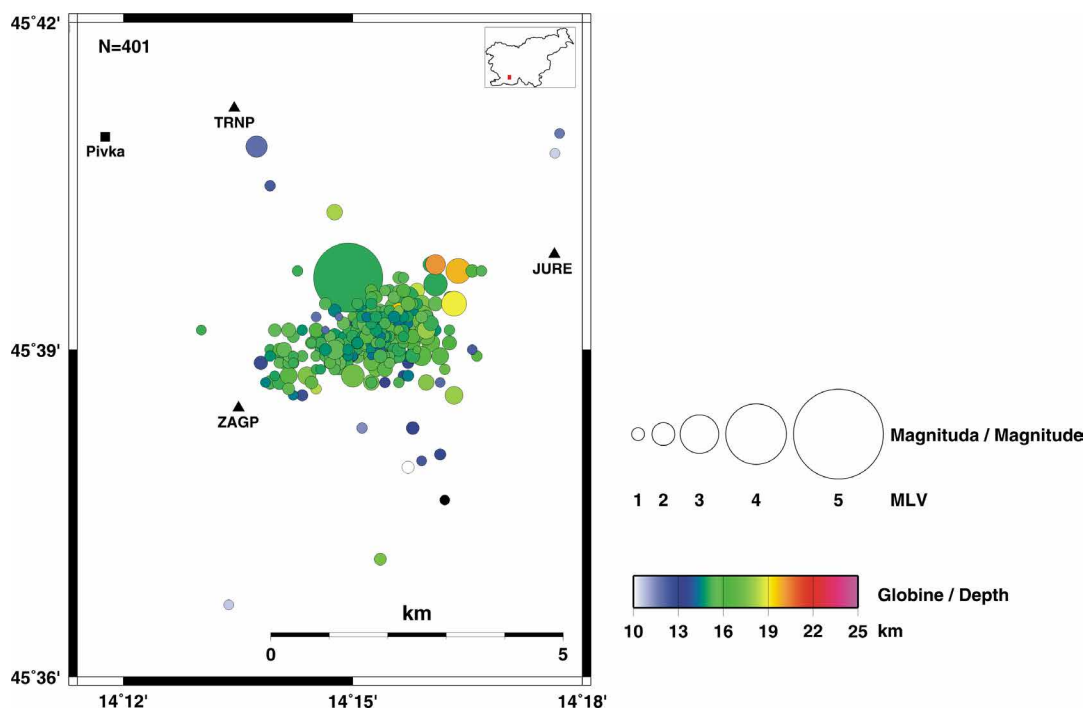
Preglednica 1: Začasne potresne opazovalnice, postavljene 22. aprila 2014 na nadžariščnem območju potresov pri Pivki ter število zabeleženih potresov na potresni opazovalnici.

Table 1: Temporary seismic stations installed on 22 April 2014 in epicentral area near Pivka and the number of recorded earthquakes on each seismic station.

opazovalnica	oznaka	čas delovanja	število zabeleženih in lociranih potresov
seismic station	code	operational time	number of recorded and located events
Trnje pri Pivki	TRNP	22. 4. 2014–28. 5. 2014	215
Juršče	JURE	22. 4. 2014–4. 6. 2014	50
Zagorje	ZAGP	22. 4. 2014–19. 5. 2014	183

prikazane na sliki 1. Podatki o obdobju delovanja začasnih potresnih opazovalnic in številu zabeleženih potresov na posamezni potresni opazovalnici so zbrani v preglednici 1. Opazovalnica ZAGP je delovala do 19. maja 2014 in v tem času zabeležila 183 potresov z žariščem pri Pivki. Opazovalnica v Trnju (TRNP) je do 28. maja 2014, ko smo jo odstranili, zabeležila 215 popotresov. Opazovalnica JURE pa je delovala do 4. junija 2014 in v tem času zabeležila 50 potresov.

Pri rutinski analizi seizmoloških podatkov smo na območju $45,60\text{--}45,70^\circ\text{ N}$ in $14,20\text{--}14,30^\circ\text{ E}$ od 22. aprila 2014 do konca istega leta iz zapisov na opazovalnicah DMPO in začasnih opazovalnicah uspeli locirati 401 potres (ARSO, 2014). Nadžarišča potresov in najbližje potresne opazovalnice so prikazani na sliki 1. Površina nadžarišnega območja meri približno $4\text{ km} \times 2\text{ km}$. Večina žarišč je v globini med 14 in 19 kilometrov.



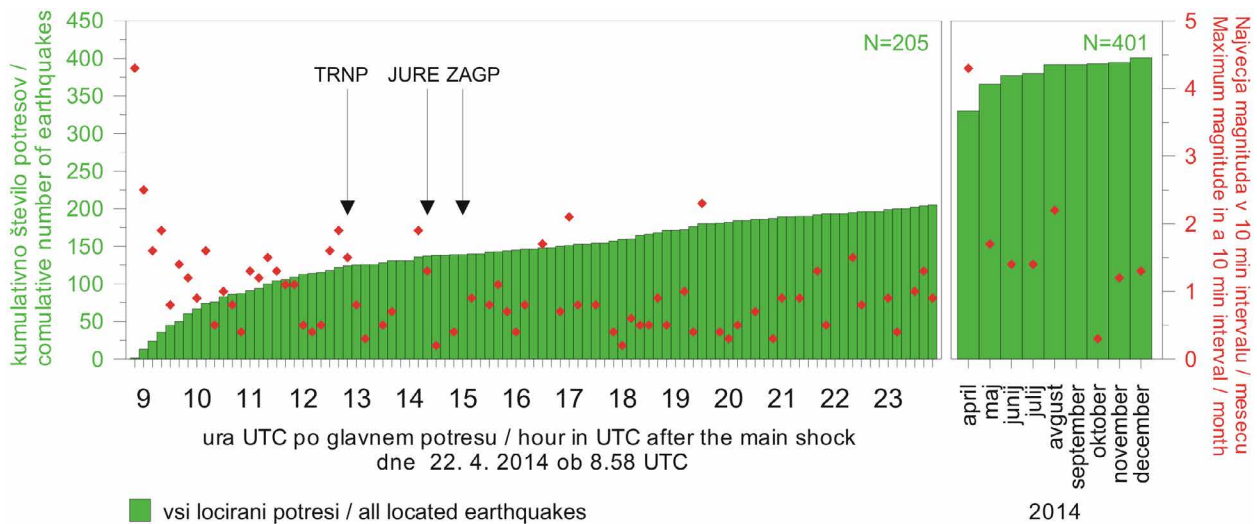
Slika 1: Nadžarišča potresov pri Pivki leta 2014 (ARSO, 2014) in začasne potresne opazovalnice. Barva kroga podaja žariščno globino, njegova velikost pa lokalno magnitudo MLV. Trikotniki označujejo potresne opazovalnice.

Figure 1: Temporary seismic stations and earthquake epicentres recorded in Pivka region in 2014 (ARSO, 2014). Coloured circles of varying size indicate the focal depth and local magnitude MLV. Seismic stations are marked with triangles.

Slika 2 prikazuje rast števila potresov od 22. 4. 2014 do konca leta 2014. V tem času smo locirali 401 potres. Kar 51 odstotkov se jih je zgodilo že prvi dan, to je v obdobju 16 ur po glavnem potresu. Ker je potresna dejavnost hitro pojemala, je bila po glavnem potresu izjemno pomembna hitra postavitve začasnih potresnih opazovalnic. Na sliki 2 so s puščicami označeni časi postavitve seizmografov v Trnju (TRNP), Juršču (JURE) in Zagorju (ZAGP). Kljub hitremu odzivu se je v šestih urah, do postavitve vseh treh opazovalnic, zgodila že tretjina potresov popotresnega niza. Na sliki 2 je označena tudi največja lokalna magnituda posameznega časovnega intervala – desetminutnega prvi dan in potem mesečnega do konca leta.

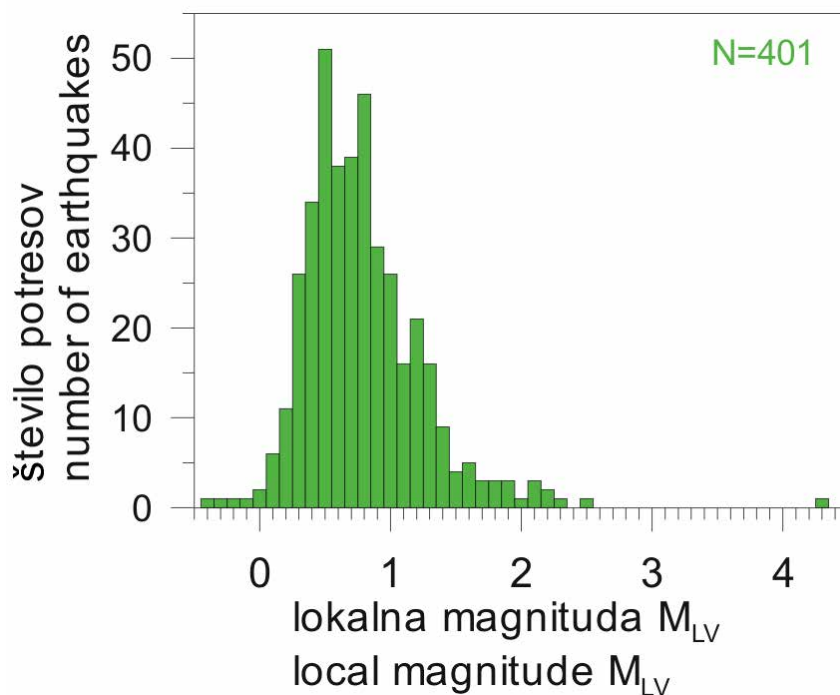
Lokalne magnitude popotresov

Histogram na sliki 3 prikazuje porazdelitev lokalne magnitude (MLV) popotresov. Pri izračunu nismo uporabili zapisov začasno postavljenih potresnih opazovalnic, saj magnitudna enačba, ki jo



Slika 2: Kumulativno število potresov v desetminutnih intervalih prvi dan (levo) in po mesecih od aprila do decembra 2014 (desno). Leva os: Kumulativno število lociranih potresov. Desna os: Največja lokalna magnituda v desetminutnih intervalih oziroma v mesecu (rdeče pike). S puščicami je označen začetek delovanja začasnih potresnih opazovalnic.

Figure 2: Cumulative number of detected earthquakes in 10-minute intervals (right) and by months from April to December 2014 (left). Left axis: Cumulative number of located earthquakes. Right axis: Maximum magnitude of an earthquake in 10-minute interval and in a month (red dots). Time of installation of temporary seismic stations are marked with arrows.

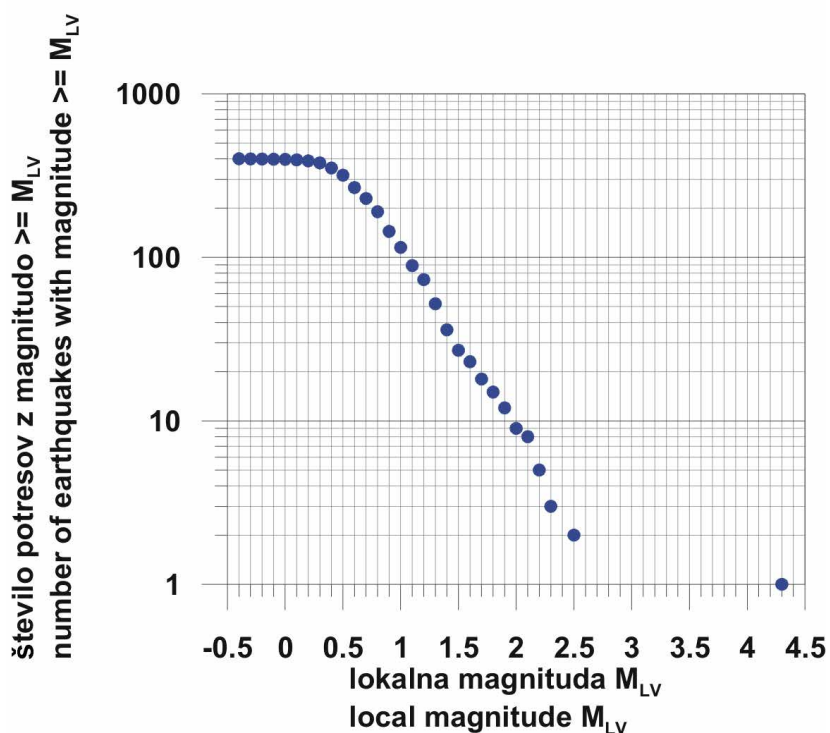


Slika 3: Porazdelitev lokalne magnitude 401 potresa pri Pivki od aprila do decembra 2014.

Figure 3: Distribution of local magnitude for 401 earthquakes near Pivka from April to December 2014.

uporabljamo pri vsakodnevni analizi, ne velja za tako majhno oddaljenost opazovalnice od žarišča potresa. Zato šibki potresi, zabeleženi le na bližnjih opazovalnicah, magnitude nimajo določene, medtem ko imajo magnitudo izračunano močnejši potresi, zabeleženi tudi na bolj oddaljenih opazovalnicah. Glavnemu potresu z magnitudo 4,3 je že ob 9.00 UTC sledil najmočnejši popotres z magnitudo 2,5. Drugi popotresi so bili šibkejši. Večina lociranih, kar 74 odstotkov, ima magnitudo med 0,4 in 1,4. Le deset od skupno 401 lociranih potresov ima magnitudo večjo ali enako 2,0.

Na sliki 4 vidimo, da kumulativno število lociranih popotresov na logaritemski skali enakomerno narašča z manjšanjem magnitude vse do magnitude okoli 0,7. Sklepamo lahko, da je občutljivost opazovalnic DMPO zadoščala za lociranje vseh potresov magnitude večje ali enake 0,7.



Slika 4: Kumulativno število potresov pri Pivki od aprila do decembra 2014.

Figure 4: Cumulative number of earthquakes near Pivka from April to December 2014.

Žariščne globine potresov

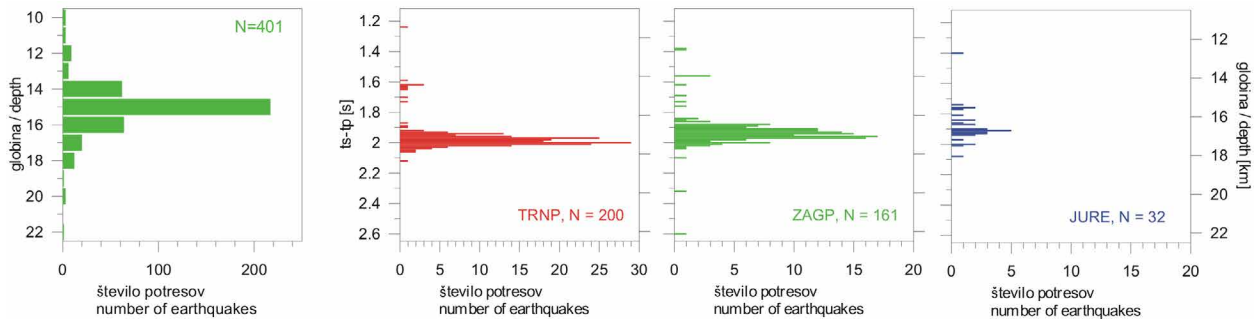
Pri rutinski analizi potresov je bila globina žarišča večine potresov ocenjena med 13,5 in 17,5 kilometrov (slika 5a).

Postavitev lokalne mreže začasnih potresnih opazovalnic nam omogoča boljšo opredelitev globine potresnega niza. Zapisi žarišču najbližjih opazovalnic so namreč odločilni za določanje globine žarišča. V primeru, da se opazovalnica nahaja skoraj nad žariščem, lahko celotno oddaljenost žarišča od opazovalnice pripišemo žariščni globini. Za tako opredeljevanje globine smo uporabili zapise treh najbližjih opazovalnic (TRNP, ZAGP in JURE) in hitrosti potovanja potresnega valovanja, ocenjene iz tridimenzionalnega tomografskega modela hitrosti vzdolžnega valovanja v Sloveniji (Michelini in drugi, 1998).

Časovne razlike (ts-tp) med prihodom vzdolžnega (P) in prečnega (S) valovanja so v zelo ozkem razponu (slike 5b, 5c, 5d). Če upoštevamo le časovne razlike med 10. in 90. percentilom, so te na opazovalnici TRNP med 1,93 in 2,01 s, na opazovalnici ZAGP med 1,88 in 2,00 s in na opazovalnici JURE med 1,76 in 2,00 s. Ob upoštevanju hitrostnega modela in predpostavki, da sta vzdolžno in prečno valovanje potovala po isti poti, lahko iz odčitanih razlik vstopnih časov potrese umestimo na globino med 15 in 17 kilometrov. Primerjava teh globin z globinami, določenimi z rutinsko obdelavo parametrov potresov na sliki 5a kaže, da smo žarišča potresov pri rutinski obdelavi umestili 1-2 kilometra preplitvo.

Relokacija potresov

Z relativno metodo časovnih prehitkov oz. zaostankov pri določanju žarišč (Double-Difference Hypocenter determination – HypoDD, Waldhauser in Ellsworth, 2000; Waldhauser, 2001) smo izboljšali lokacije potresov, izračunane z rutinskim postopkom. Metoda je uporabna za gručo potresov na prostorsko omejenem območju, ki je majhno v primerjavi z oddaljenostjo potresnih opazovalnic od

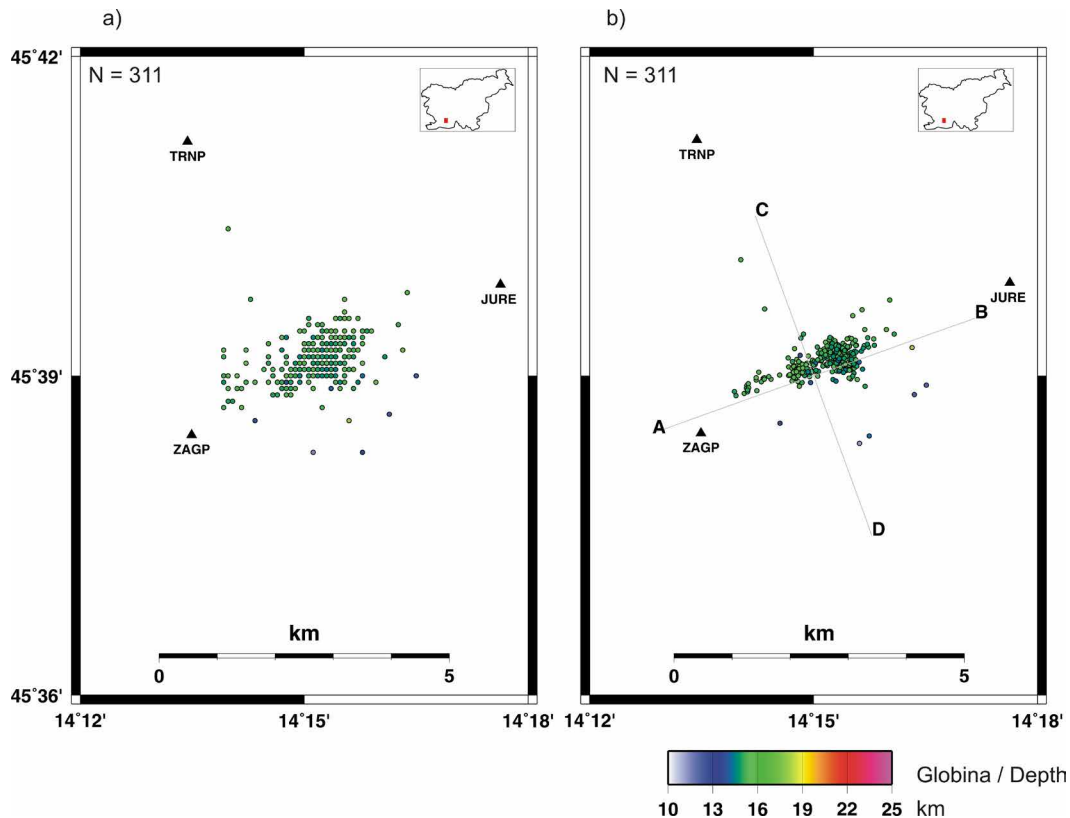


Slika 5: a) Porazdelitev 401 potresa glede na globino žarišča.

Porazdelitev časovne razlike (t_s-t_p) med prihodom prečnega (S) in vzdolžnega (P) valovanja (leva os) in porazdelitev žariščne globine (desna os) za 200 potresov, zabeleženih na opazovalnici TRNP (b), 161 potresov, odčitanih na ZAGP (c) in 32 potresov, odčitanih na JURE (d).

Figure 5: a) Distribution of focal depth for 401 earthquakes.

Distribution of time difference (t_s-t_p) between the arrival of transversal (S) and longitudinal (P) seismic waves (left axis) and focal depth distribution (right axis) for 200 earthquakes read on seismic station TRNP (a), 161 earthquakes on ZAGP (b) and 32 earthquakes on JURE (c).



Slika 6: Nadžarišča 311 potresov (a) po rutinskem lociranju vsakega posameznega dogodka s programom Hypocenter (Lienert, 1994), in (b) po sočasnem relociranju dogodkov z uporabo relativne metode časovnih prehitkov oz. zaostankov pri določanju žarišča potresom pri Pivki leta 2014. Na sliki (b) sta prikazani smeri globinskih prerezov na sliki 7. Barva kroga ponazarja žariščno globino.

Figure 6: Distribution of 311 (a) routinely located earthquakes using Hypocenter (Lienert, 1994), and (b) relocated earthquakes using Double-Difference Hypocenter determination algorithm for earthquakes near Pivka in 2014. Panel (b) shows the directions of the cross sections on Figure 7. The colour of the symbols corresponds to the focal depth.

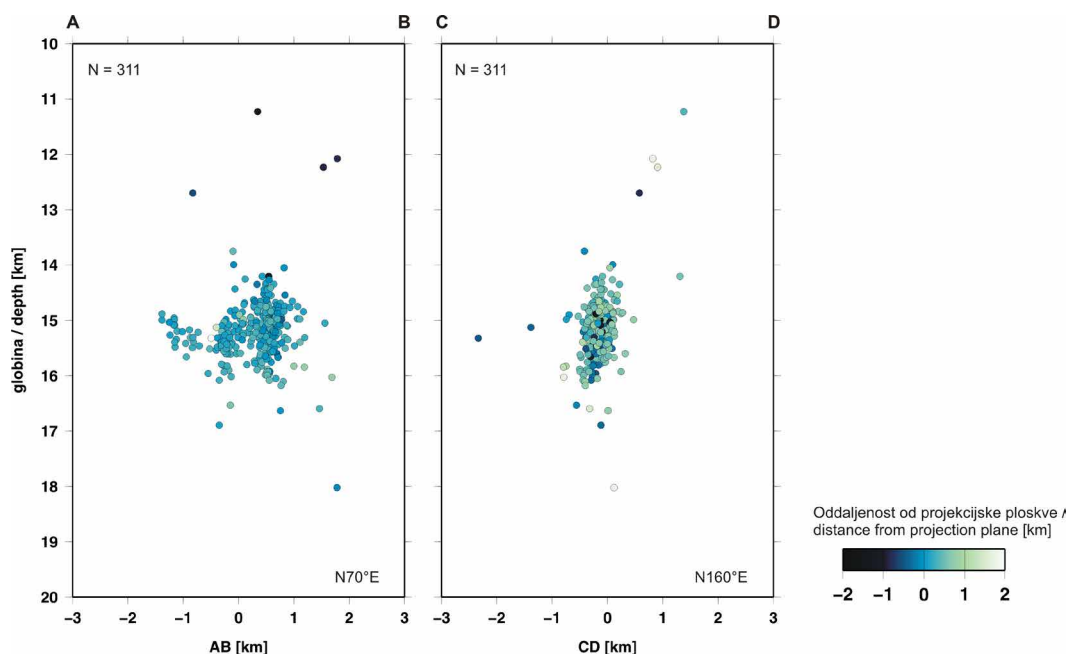
žarišč potresov in na katerem so spremembe hitrosti majhne v primerjavi s spremembami hitrosti na poti potresnih valov. Osnovna ideja te metode je, da potresni valovi potresov, ki so nastali na relativno majhnem območju, potujejo do izbrane oddaljene opazovalnice po poteh zelo blizu skupaj, razen v neposredni bližini žarišč, in tako prepotujejo iste geološke strukture. Tako na večjem delu poti, razen v neposredni bližini žarišč, rutinski izračun z uporabo poenostavljenega hitrostnega modela Zemljine notranjosti prinese enako absolutno napako k času potovanja potresnih valov. Zaradi tega lahko časovno razliko (prehitke ali zaostanek) med potovanjem potresnih valov P in S dveh bližnjih potresov na izbrano opazovalnico z veliko gotovostjo pripišemo krajevemu razmiku žarišč. Z zaporednim spreminjanjem lege žarišč minimiziramo vse prehitke oz. zaostanke med pari bližnjih potresov na vsaki opazovalnici posebej. S takšnim sočasnim relociranjem gruče potresov posredno upoštevamo hitrostne razlike v Zemljini notranjosti in posledično točneje določimo koordinate žarišč.

Pri relocaciji smo upoštevali le odčitane vstopne čase potresov, ki so jih zapisale opazovalnice, oddaljene od središča skupine potresov največ 50 km. V nadaljevanju smo parom bližnjih potresov poiskali vsaj 8 časovnih prehitkov oz. zaostankov ustreznih vstopnih časov. Tako je pri relocaciji sodelovalo 18 bližnjih opazovalnic. Prehitke oz. zaostanke vstopnih časov smo s programom HypoDD minimizirali in tako dobili izboljšane medsebojne lege 311 potresov (slika 6).

Globinske prereze smo na podlagi žariščnega mehanizma izrisali na navpično ravnino (slika 7 levo), ki je od severa zasukana 70° v smeri urnega kazalca (daljica AB na sliki 6) in tej ravnini pravokotno (slika 7 desno), ki je od severa zasukana 160° v smeri urnega kazalca (daljica CD na sliki 6).

Potresi so se po relocaciji prostorsko strnili. Iz lege potresnih žarišč lahko ocenimo, da se je večina potresov zgodila na območju, velikem približno $2,5 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ ter v razponu $2,5 \text{ km}$ globine.

Metoda HypoDD je relativna metoda, kar pomeni, da lahko z njo določamo relativen položaj potresnih žarišč znotraj obravnavane gruče, ne pa točne umeščenosti gruče v prostor. Po relocaciji je večina potresov nastala na globini med 14 in $16,5 \text{ kilometri}$, kar je en kilometer plitveje kot



Slika 7: Nadžarišča 311 relociranih potresov, izrisanih na globinskih prerezih vzdolž daljice AB oziroma azimuta $N70^\circ E$ (levo) in daljice CD oziroma azimuta $N160^\circ E$ (desno). Daljici sta označeni tudi na sliki 6. Barva krogcev ponazarja oddaljenost potresa od projekcijske ravnine.

Figure 7: 311 relocated earthquakes drawn on depth's cross sections along segments $N70^\circ E$ (left) and $N160^\circ E$ (right), marked on Figure 6 as AB and CD. Colour of circle depicts the distance of the earthquake from the projection plane.

globine, določene z najbližjimi opazovalnicami v prejšnjem poglavju. Tako moramo vse s postopkom relokacije izračunane globine povečati za en kilometer.

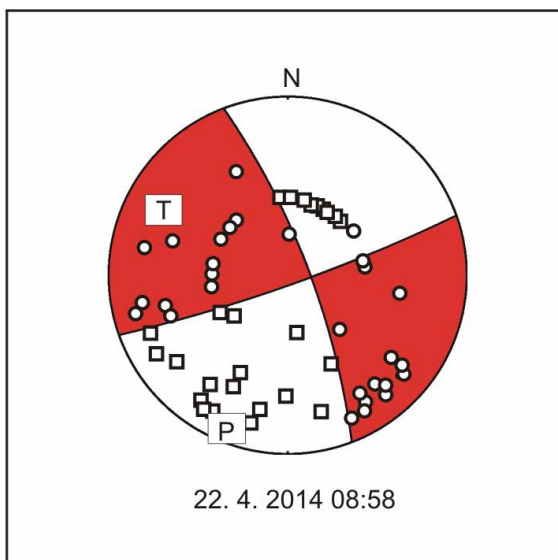
Žariščni mehanizem najmočnejšega potresa

Žariščni mehanizem smo določili le glavnemu, najmočnejšemu potresu z lokalno magnitudo 4,3 (Ložar in Živčić, 2016). Potresu smo iz odčitanih smeri prvih premikov ob vstopu vzdolžnega valovanja na potresno opazovalnico s programom Focmec (Snook in drugi, 1984) določili položaj dveh možnih prelomnih ploskev. Poleg seizmičnih zapisov opazovalnic DMPO smo imeli na voljo tudi zapise bližnjih hrvaških, italijanskih in avstrijskih opazovalnic. Tako smo smer vstopa valovanja lahko odčitali na zapisih 60 opazovalnic, medtem ko popotresom nismo uspeli nedvoumno opredeliti smeri prvega vstopa valovanja na zadostnem številu opazovalnic. Parametri žariščnega mehanizma potresa so zbrani v preglednici 2. Rešitve prelomnih ravnin z relativno lego opazovalnic in odčitanimi smermi vstopov vzdolžnega valovanja so v stereografski projekciji na spodnjo poloblo predstavljene na sliki 8. Žariščni mehanizem potresa kaže na bodisi levozmični prelom s smerjo JZ-SV bodisi na desnozmični prelom v smeri SZ-JV. Ker pa so se žarišča relokiranih potresov strnila na ploskev v smeri JZ-SV ($N70^{\circ}E$, slika 6), je precej verjetno, da je tudi prelomna ploskev tako usmerjena in da je ob njej prišlo do levega znika.

Preglednica 2: Parametri žariščnega mehanizma za potres 22. aprila 2014 ob 8.58 UTC. Smer je merjena od severa proti vzhodu, tako da je prelomna ploskev nagnjena v desno, naklon je merjen od vodoravne ravnine, premik je merjen v prelomni ploskvi od smeri preloma (Aki in Richards, 2002). *P* je os največje in *T* os najmanjše napetosti. *N* je število uporabljenih podatkov o smeri prvih premikov.

Table 2: Focal mechanism solution for earthquake on 22 April 2014 at 8:58 UTC. Strike is the azimuth of the horizontal direction taken so that the plane dips to the right, measured from the North through East (Aki's convention), dip of the fault is measured from the horizontal and rake is the angle of slip, measured in the plane of the fault from the strike direction to the slip vector. *P* is maximum and *T* minimum pressure axis. *N* is number of *P*-wave first motion polarities used.

datum	čas (UTC)	zem. širina	zem. dolž.	glob.	M_{LV}	ravnina 1			ravnina 2			P		T		N
	hh:mm	$^{\circ}N$	$^{\circ}E$	km		smer	nakl.	prem.	smer	nakl.	prem.	smer	nakl.	smer	nakl.	
date	time (UTC)	lat.	long.	depth	M_{LV}	nodal plane 1			nodal plane 2			P		T		N
	hh:mm	$^{\circ}N$	$^{\circ}E$	km		strike	dip	rake	strike	dip	rake	strike	dip	strike	dip	
22. 4. 2014	08.58	45,66	14,25	23	4,3	70	84	14	339	76	174	204	5	295	14	60



Slika 8: Žariščni mehanizem potresa 22. aprila 2014 ob 8.58 UTC, določen iz smeri vstopa vzdolžnega valovanja na potresne opazovalnice. Kvadrati predstavljajo opazovalnice, ki so kot prvi premik tal zaradi potresa zabeležile dilatacijo, krogi pa opazovalnice, ki so zabeležile kompresijo. Označeni sta smeri največje (*P*) in najmanjše (*T*) napetosti. Podana je projekcija na spodnjo poloblo.

Figure 8: Focal mechanism for the earthquake on 22 April 2014 at 8:58 UTC from the polarity of the first arrivals of *P* waves. Squares denote stations with dilatation as the first onset and circles stations with compression, *P* and *T* are maximum and minimum stress axes. Lower hemisphere projection.

Z metodo inverzije tenzorja potresnega navora so potresu 22. aprila 2014 določili parametre žariščnega mehanizma tudi na ameriški univerzi Saint Louis University v ZDA (EAS SLU, 2014), v Trstu pri Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (INOGS, 2014) in v Bologni pri Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, 2014a, 2014b) ter na Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ (GFZ, 2014). Rešitve tujih institucij so zbrane v preglednici 3 in tudi ustrezajo zmičnemu prelomu.

Preglednica 3: Primerjava parametrov žariščnih mehanizmov za potres 22. aprila 2014 ob 8.58 UTC, določenih z inverzijo tenzorja potresnega navora na EAS SLU v ZDA (EAS SLU, 2014), na INGV (INGV, 2014a, 2014b), na INOGS v Trstu (INOGS, 2014), in na GFZ v Potsdamu (GFZ, 2014).

Table 3: Comparison of focal mechanism parameters for earthquake on 22 April 2014 at 8:58 UTC, determined by inversion of seismic moment tensor at EAS SLU (EAS SLU, 2014), at INGV (INGV, 2014a, 2014b), at INOGS, Trieste (INOGS, 2014), and at GFZ (GFZ, 2014).

datum	čas (UTC)	avtor	zem. širina	zem. dolž.	globina	M_w	ravnina 1			ravnina 2			Np
dd.mm.yyyy	hh:mm		°N	°E	km		smer	naklon	premik	smer	naklon	premik	
date	time (UTC)	author	lat.	long.	depth	M_w	nodal plane 1			nodal plane 2			Np
dd.mm.yyyy	hh:mm		°N	°E	km		strike	dip	rake	strike	dip	rake	
22. 4. 2014	8:58	INGV	45,64	14,28	27	4,62	247	81	4	156	86	171	
22. 4. 2014	8:58	INGV tdm	45,6342	14,2557	12	4,27	249	86	-1	339	89	-176	16
22. 4. 2014	8:58	EAS SLU	45,65	14,26	17	4,39	245	85	0	335	90	-175	58
22. 4. 2014	8:58	OGS	45,651	14,244	12	4,4	249	87	7	340	83	-177	13
22. 4. 2014	8:58	GFZ	45,8	14,24	29	4,5	66	82	0	336	90	172	94

Zaključek

Potresu 22. aprila 2014 z lokalno magnitudo 4,3 v bližini Pivke so sledili številni popotresi. Prostorska porazdelitev žarišč popotresnega niza 401 potresa kaže na skoraj navpičen potresno dejaven del preloma na globini med 15 in 17,5 kilometra. Prelomna ploskev ima prečno-dinarsko smer JZ-SV (približno N70°E), ob glavnem potresu pa je prišlo ob njej do levega znika.

Zahvale

Zapise opazovalnic seizmoloških mrež Hrvaške, Avstrije in Italije smo dobili v okviru sodelovanja Centralno in vzhodno-Evropske seizmološke raziskovalne mreže (CE3RN, 2016). Slike 1, 6, 7 in 8 so bile narejene s programom GMT (Wessel in Smith, 1991; 1998).

Literatura

- Agencija RS za okolje, 2014. Baza podatkov za potrese na ozemlju Slovenije leta 2014. Arhiv ARSO, Ljubljana.
- Aki, K. in Richards, P. G., 2002. Quantitative Seismology. University Sausalito Books, Sausalito CA, 700 str.
- The Central and Eastern European Earthquake Research Network - CE³RN, 2016. <http://www.ce3rn.eu/> (uporabljeno 10. 5. 2016)
- EAS SLU, Saint Louis University, USA, 2014. http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc_mt/MECH.EU/20140422085827/index.html. (uporabljeno 10. 5. 2016).

- GFZ, Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam, 2014.
<http://geofon.gfz-potsdam.de/data/alerts/2014/gfz2014hvmn/mt.txt>
(uporabljeno 10. 5. 2016).
- INGV, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Bologna, 2014a.
<http://autorcmt.bo.ingv.it/QRCMT-on-line/QRCMT14-on-line/E1404220858A.html>
(uporabljeno 10. 5. 2016).
- INGV, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Bologna, 2014b. <http://cnt.rm.ingv.it/event/3440571/?tab=MeccanismoFocale#TDMTinfo>
(uporabljeno 10. 5. 2016).
- INOGS, Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, Trieste, 2014.
<http://rts.crs.inogs.it/event/28250/detail.html>
(uporabljeno 10. 5. 2016).
- Lienert, B. R., 1994. HYPOCENTER 3.2 - A Computer program for locating Earthquakes Locally, Regionally and Globally. Hawaii Institute of the Geophysics and Planetology, Honolulu, 70 str.
- Ložar Stopar, M., Živčić, M., 2016. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letu 2014. V A. Gosar, ur.: Potresi v letu 2014. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 93-97.
- Michellini, A., Živčić, M., and Suhadolc, P., 1998. Simultaneous inversion for velocity structure and hypocenters in Slovenia, *Journal of Seismology*, 2(3), 257-265.
- Snoke, J.A., Munsey, J.W., Teague, A.G., Bollinger, G. A., 1984. A Program for Focal Mechanism Determination by the Combined Use of Polarity and SV-P Amplitude Ratio Data. *Earthquake Notes*, 55, No. 3, 15 str.
- Šket Motnikar, B., Zupančič, P., Godec, M., 2016. Učinki potresa 22. aprila 2014 pri Pivki. V A. Gosar, ur.: Potresi v letu 2014. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, članek te publikacije.
- Waldhauser, F., 2001. HypoDD - A Programme to Compute Double-Difference Hypocenter Locations. U. S. Geol. Surv. Open File Rep. 01-113, 25 str.
- Waldhauser, F., Ellsworth, W. L., 2000. A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward fault. *Bull. Seism. Soc. Am.* 90, 1353-1368.
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1991. Free software helps map and display data, *Eos, Trans. Amer. Un.*, Vol.72(441), str. 445-446.
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1998. New, improved version of the Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. AGU*, Vol. 79, str. 579

Barbara Šket Motnikar, Polona Zupančič, Matjaž Godec

UČINKI POTRESA 22. APRILA 2014 PRI PIVKI EFFECTS OF THE EARTHQUAKE ON 22 APRIL 2014 NEAR PIVKA

Povzetek

Najmočnejši potres v letu 2014 z magnitudo 4,3 se je zgodil 22. aprila štiri kilometre jugovzhodno od Pivke. V nekaterih naseljih smo ocenili učinke V–VI EMS-98, saj je na posameznih objektih povzročil manjšo škodo. Učinki so bili analizirani na podlagi podatkov, zbranih z makroseizmičnimi vprašalniki, in terenskega ogleda poškodb. Učinki potresa so odvisni tudi od lokalne geološke zgradbe, kar se je pokazalo tudi na nekaterih primerih poškodovanih stavb v Postojni in Ilirski Bistrici. Na tem območju potresi niso redkost, zato bi bilo nujno več pozornosti nameniti večji potresni odpornosti novogradenj in že zgrajenih stavb.

Abstract

The strongest earthquake in Slovenia in 2014 with magnitude 4,3, occurred on 22 April, approximately 4 km SE of Pivka. In the epicentral area it reached intensity V–VI EMS-98, as some minor damage was observed on few buildings. Earthquake effects were analysed using macroseismic data collected by questionnaires and field inspection of damaged buildings. Unfavourable soil characteristics can amplify earthquake effects, as was the case on some damaged buildings in Postojna and Ilirska Bistrica. Earthquakes in this part of Slovenia are common and therefore better care should be taken of seismic resistivity of new as well as existing buildings.

Uvod

Učinke potresa ocenjujemo po Evropski potresni lestvici EMS-98 (Grünthal, 1998), ki ima dvanajst stopenj. Stopnja I EMS-98 označuje nezaznaven potres, XII EMS-98 pa popolno uničenje. Pri stopnji večji ali enaki VI EMS-98 so prisotne poškodbe na stavbah, zanemarljiva gmotna škoda pa lahko nastane tudi že pri potresu z učinki V EMS-98.

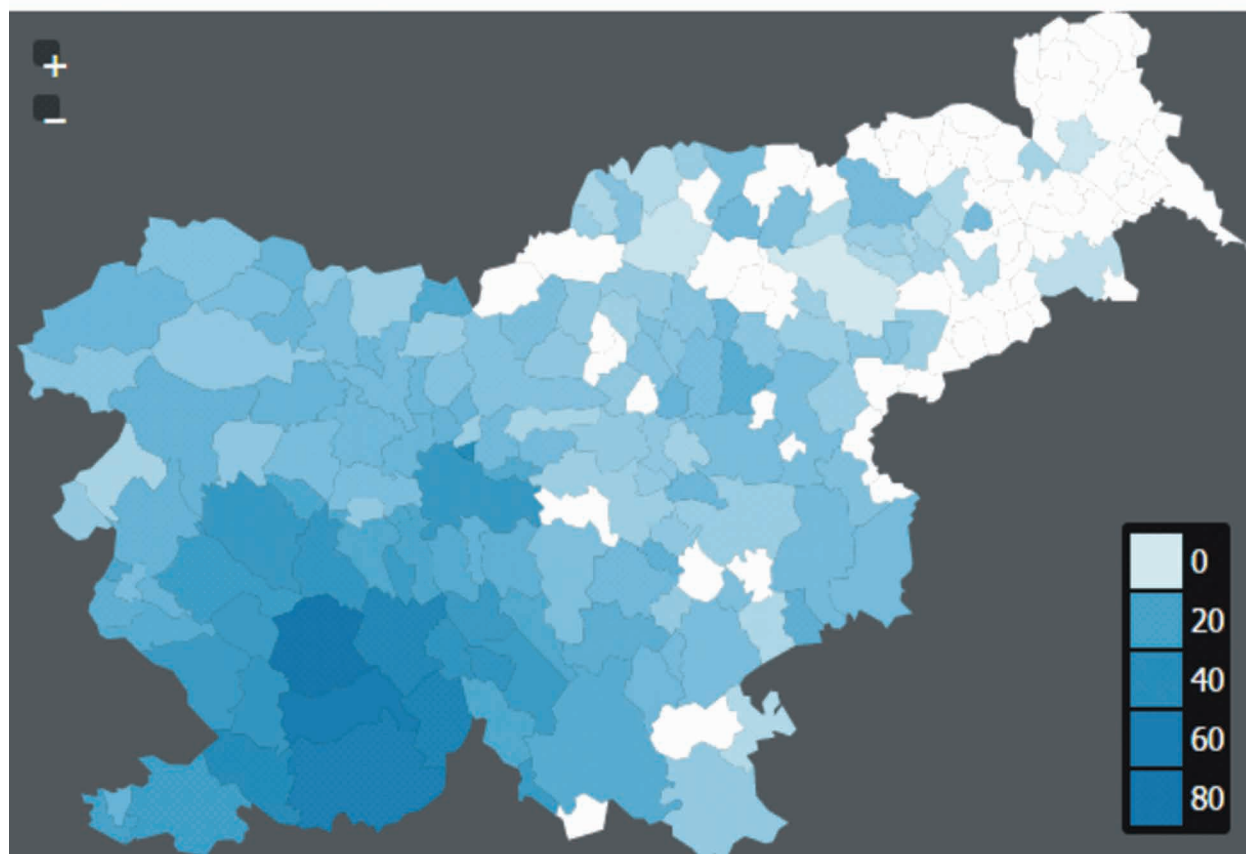
Potres v bližini Pivke se je zgodil 22. aprila 2014 ob 10.58 po lokalnem času oziroma ob 8.58 po univerzalnem koordiniranem času (UTC) na globini 17 km (Čarman in sod., 2016). Z magnitudo 4,3 je bil najmočnejši potres v tem letu, glede na največjo ocenjeno intenziteto (V-VI EMS-98) pa drugi. Večje učinke (VI EMS-98) je povzročil le potres 13. marca v Suhi Krajini z magnitudo 3,7 (ARSO, 2014).

Učinki potresa

Podatke o učinkih potresa so nam posredovali številni prostovoljni poročevalci, katerim smo poslali 1184 vprašalnikov, in sicer 181 po elektronski pošti ter 1003 po navadni pošti. Dobili smo 808 izpolnjenih vprašalnikov na papirju, kar je 80 odstotkov poslanih. Deleža vrnjenih spletnih vprašalnikov ne poznamo, saj na spletnih vprašalnikih osebni podatki niso obvezni. Skupaj (zaprošenih ali poslanih na lastno pobudo) smo prejeli 2365 izpolnjenih spletnih vprašalnikov s spletne strani (ARSO, 2014). Prejeli smo tudi 387 vprašalnikov s spletne strani evropske seizmološke organizacije (EMSC, 2014) in zelo veliko telefonskih klicev. Med vsemi anketiranimi je 2960 oseb napisalo, da so potres čutili sami ali nekdo v njihovi neposredni okolici, 335 vprašanih potresa ni zaznalo. Ostali so bili v času potresa v tujini ali pa niso navedli svoje lokacije. Na sliki 1 je spletni odziv prebivalcev po občinah, in sicer število vprašalnikov z oznako, da so potres čutili.

Na podlagi vseh zbranih podatkov smo ocenili učinke potresa. Potres je poleg preplaha povzročil tudi nekaj gmotne škode. O poškodbah na več zgradbah so poročali iz Pivke, Postojne in Ilirske Bistrice, kjer je potres dosegel največjo intenziteto, in sicer V–VI EMS-98. Intenziteto V

Čutili (skupaj 2322)



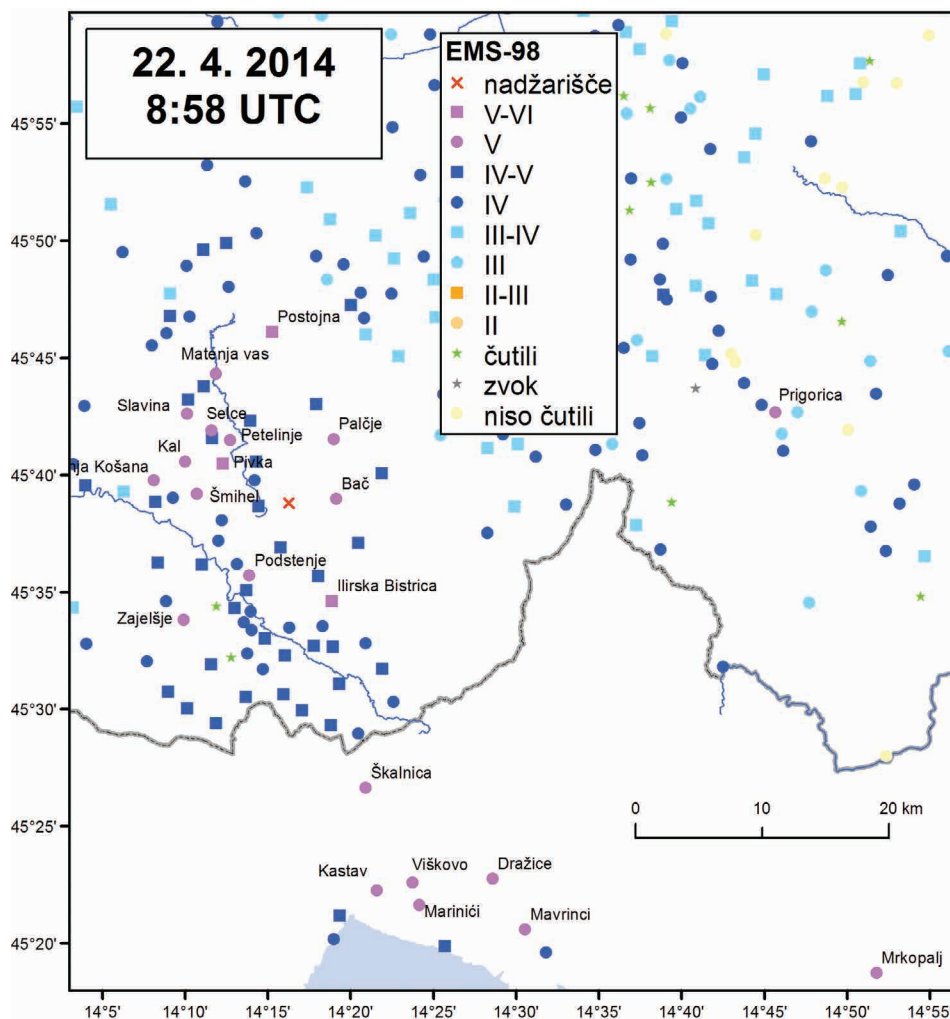
Slika 1: Število spletnih vprašalnikov s pozitivnim odgovorom (čutili potres) po občinah

Figure 1: Number of positive web questionnaires (felt earthquake) by municipalities

EMS-98 smo za ozemlje Slovenije ocenili na približno 10 kilometrov velikem nadžariščnem območju v naseljih Bač, Kal, Slavina, Matenja vas, Palčje, Podstenje, Šmihel, Selce, Prigorica, Petelinje, Dolnja Košana in Zajelšje. Iz teh naselij smo dobili tudi večino poročil o manjših poškodbah (slika 2). Prebivalci so navajali močno tresenje, prestrašenost, znatno nihanje visečih predmetov, žvenket steklenine in porcelana, premikanje nestabilnih predmetov ter majhne ali zanemarljive poškodbe na posameznih stavbah. Posamezne poškodbe so navedli celo v naseljih oddaljenih 40 do 65 kilometrov, a najverjetneje te niso posledica tega potresa. Če je namreč potres tako močen, da povzroči poškodbe, bi morali nujno opaziti tudi druge učinke. Obenem bi potres zaznala večina prebivalcev, česar pa v tako oddaljenih naseljih ni bilo.

Učinke IV EMS-98 smo ocenili v krogu polmera približno 50 kilometrov od nadžarišča. Posamezna sporočila, da so potres čutili, so prišla iz vseh slovenskih pokrajin, najbolj oddaljeno celo iz 186 kilometrov oddaljene Murske Sobotne. Potres so zaznali tudi v severozahodnem delu Hrvaške, najmočnejše v Istri in okolici Reke, kjer so bili učinki tudi do V EMS-98. V Bosni in Hercegovini so ga čutili v Prijedorju, v Italiji pa celo do oddaljenosti 200 kilometrov od nadžarišča. V Avstriji so ga čutili na Koroškem in Štajerskem, predvsem v Celovcu (Klagenfurt), Beljaku (Villach), Gradcu (Graz) in Špitalu ob Dravi (Spittal an der Drau). Podatke o učinkih v tujini smo pridobili s tujih spletnih strani (EMSC, 2014; INGV, 2014), za Hrvaško pa so nam jih posredovali seizmologi iz Zagreba.

Prebivalci nadžariščnega območja so v naslednjih dneh, tednih in mesecih zaznali še vsaj 15 popotresov. Vsi so bili šibki, saj je le zadnji med njimi, ki se je zgodil 19. avgusta, dosegel intenziteto III-IV EMS-98.



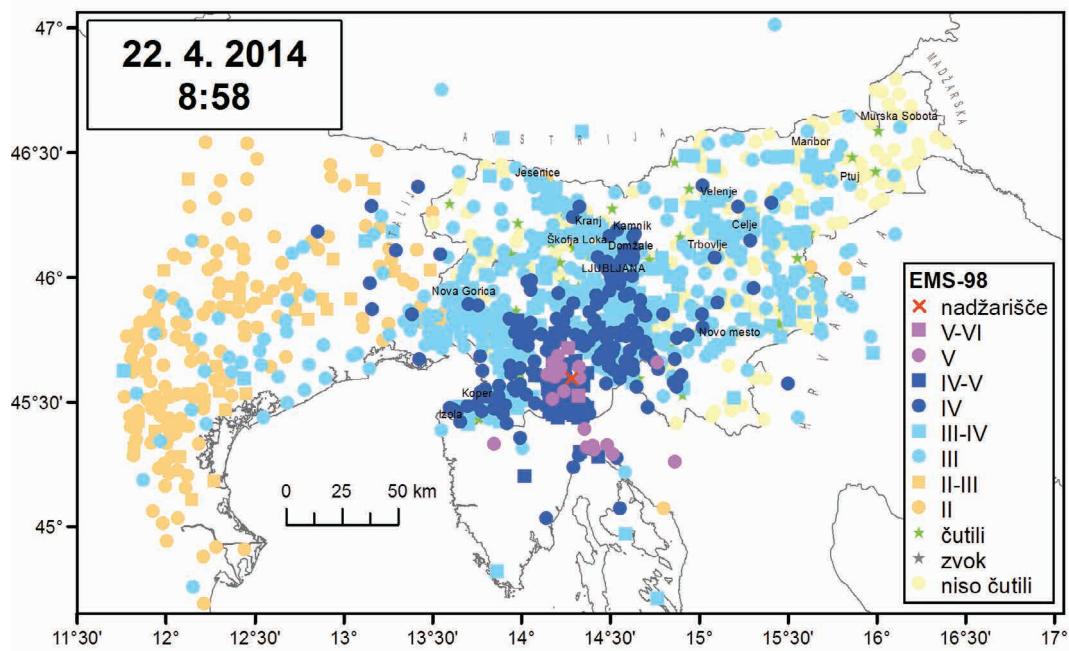
Slika 2: Intenziteta potresa v naseljih na širšem nadžariščnem območju v Sloveniji. Imena so napisana pri naseljih, kjer so bili učinki potresa ocenjeni z intenziteto V EMS-98 ali več.

Figure 2: Intensity EMS-98 in extended epicentral area. For settlements with intensity V EMS-98 or more their names are shown. Legend: nadžarišče = epicentre, čutili = felt, zvok = sound, niso čutili = not felt

Opis poškodb

Potresni sunek je na območju Pivke povzročil nekaj gmotne škode. Poškodbe smo si ogledali in popisali geologi in gradbeniki z Urada za seizmologijo in geologijo, ponekod pa tudi predstavniki občinskih štabov za Civilno zaščito. Poškodbe na objektih je potres povzročil v Postojni, Pivki in Ilirski Bistrici. Pri vrednotenju učinkov potresa smo uporabili tudi popise poškodb, ki so jih opravili predstavniki zavarovalnic za oceno zahtevkov za povračilo zavarovanj za primer potresa. Obseg poškodb ni bil takšen, da bi bila uporaba objektov nevarna oziroma, da bi bili uporabniki ogroženi.

Za potres značilne poškodbe so nastale na stanovanjski hiši v Ilirski Bistrici na Trgu maršala Tita (slika 4). Hiša, nepodkletena, je bila zgrajena leta 1897 in stoji v bližini potoka Bistrica. Stropi so leseni, zidovi so iz nabranega in delno obdelanega kamnja, vogali pa iz obdelanega kamna. Že leta 1928 je bila zaradi spremembe namembnosti odstranjena nosilna stena v pritličju in tudi zgrajen prizidek. Po potresu leta 1956 so bile delno vgrajene vodoravne vezi. Med tokratnim potresom so odpadli koščki ometa, prišlo je tudi do razpiranja starih razpok v zidovju. Prav tako je odpadel del venca pod napuščem. Skladno z opredelitvami evropske potresne lestvice (Grünthal, 1998) je to objekt ranljivostnega razreda B s poškodbami 1. kategorije.



Slika 3: Intenziteta potresa po naseljih v Sloveniji in sosednjih državah

Figure 3: Intensity EMS-98 in Slovenian settlements and in neighbouring countries. Legend: nadžarišče = epicentre, čutili = felt, zvok = sound, niso čutili = not felt

Za potres V–VI EMS-98 je značilno tudi odpadanje strešnikov pri posameznih slabo grajenih objektih. Tak primer je objekt na Tomšičevi ulici v Postojni (slika 5). Tudi to je starejši objekt z lesenimi nepovezanimi stropi. Zidovi so iz opeke in delno obdelanega kamna. Skladno z opredelitvami evropske potresne lestvice je objekt ranljivostnega razreda B s poškodbami 2. kategorije. Zgradbe z lesenimi nepovezanimi stropi, ki nimajo vgrajenih vodoravnih potresnih vezi, ne zagotavljajo usklajenega nihanja objekta. Pri takšnih objektih se zaradi vztrajnostnih sil, ki delujejo pravokotno na ravnino, zidovi, ki stoje pravokotno na smer delovanja potresa, skušajo odtrgati od zidov, ki stojijo v smeri gibanja tal (Tomažević, 2009). Ob navpičnih stikih med zidovi



Slika 4:

- a) Stanovanjska hiša na Trgu maršala Tita v Ilirski Bistrici po potresu 22. aprila 2014
 b) Med potresom je odpadel del venca na objektu.
 c) Razpoke v ometu, odpadanje koščkov ometa na starih in prepleksanih razpokah (foto: M. Godec)

Figure 4:

- a) Residential house on Maršala Tita Square in Ilirska Bistrica after the earthquake on 22 April 2014.
 b) Roof cornice fell down during the earthquake.
 c) Cracks in the plaster and falling of plaster pieces from existing and repaired (painted) cracks (photo: M. Godec).

nastanejo razpoke, pri zelo močnem potresu lahko pride tudi do tega, da strop preprosto pade z nosilnega zidu (Coburn in Spence, 2002).

Na območju Pivke so bile popisane poškodbe, kot so razpoke v ometu, odpadanje beleža in ometa, razpoke na stiku stene in stropa, odpadanje fasadnih vencev, počena stenska keramika (slika 6) ter razširjanje starih razpok. Vse našteje poškodbe spadajo v prvo, najnižjo kategorijo poškodb po EMS-98. Posamezni primeri odpadanja strešnikov pa spadajo v 2. kategorijo poškodb.



Slika 5: Odpadli slemenski strešniki v Tomšičevi ulici v Postojni (foto: M. Godec)

Figure 5: Fall of roof tiles on Tomšičeva Street, Postojna (photo: M. Godec).



Slika 6: Počena stenska keramika v Parku vojaške zgodovine na Kolodvorski cesti v Pivki (foto: M. Godec)

Figure 6: Cracked wall ceramics tiles in Park of Military History on Kolodvorska Street, Pivka (photo: M. Godec).

Poškodbe na starejših objektih so pričakovane. Gre za objekte, ki so v preteklosti prestali že kakšno prezidavo ali potres, pa tudi posledice vojn s požari in eksplozijami niso zanemarljive. Vse to vpliva na sedanjo kakovost konstrukcije. Poškodbe na novejših objektih so redkejšje. Kljub temu smo jih nekaj našli. Tako so se v zdravstvenem domu v Ilirski Bistrici, zgrajenem leta 1963, povečale stare razpoke v predelni steni. Na osnovni šoli v Pivki, zgrajeni leta 1988, je odpadel omet pri vhodnih vratih, pojavilo pa se je tudi nekaj manjših razpok.

Večina poškodovanih objektov je starejših, zgrajenih pred letom 1964, ko je bil na območju nekdanje Jugoslavije sprejet prvi sodoben predpis o potresno odporni gradnji (UL, 1964). V obdobju pred letom 1964 potresni obremenitvi namreč ni bilo namenjene veliko pozornosti in so bile potresne sile močno podcenjene. To sicer ne pomeni, da so vsi starejši objekti slabi. Mnogi imajo zadostno potresno odpornost že zaradi svoje arhitektonske zasnove, pa tudi kakovostno narejeni masivni zidovi so sposobni prevzeti velike potresne sile. Bistvena pomanjkljivost takrat zgrajenih objektov so med seboj nepovezani zidovi in težke stropne konstrukcije. Zato je pri utrditvi starejših objektov treba povezati zidovje v višini stropov in zmanjšati maso z lažjimi kritinami ter odstranjevanjem konstrukcijsko nepotrebnih polnil v stropni konstrukciji.

Velik del objektov zgrajenih po letu 1964 ima ustrezno potresno odpornost in pričakujemo lahko, da bodo ti objekti sposobni brez porušitve prestati tudi močnejše potrese. Vendar zgolj predpisi, tudi najsodobnejši (UL, 2005), ne zagotavljajo ustrezne potresne odpornosti. Objekte je treba ustrezno zasnovati, projektirati, zgraditi, predvsem pa dosledno nadzirati vsako izmed teh faz. Žal se to ne dogaja vedno. Zato smo vedno znova presenečeni, da so že pri zmernih potresih poškodovani tudi sodobni objekti. Potres namreč razkriva vse nepravilnosti, ki so se zgodile bodisi pri projektiranju bodisi pri gradnji. Nespoštovanje predpisov, slabo upoštevanje podrobnosti v konstrukciji, malomarno izvedbo in »prihranek« pri materialu pogosto razgalijo že zmerni potresni sunki.

Po ocenah potresne nevarnosti lahko na obravnavanem območju pričakujemo potrese z učinki VIII EMS-98 (Šket Motnikar in Zupančič, 2011). Ob takem potresu bi območje z učinki V EMS-98, to je območje, ki bi že lahko utrpelo vsaj manjšo gmotno škodo, segalo od Bleda na severu do hrvaškega Labina na jugu in od italijanskega Tržiča na zahodu do Delnic na vzhodu. Računski model takšnega scenarija (Lutman in sod., 2014) predvideva najhujše učinke na delih občin Pivka, Ilirska Bistrica in Postojna, v katerih bi bila za 377 prebivalcev v 38 stavbah potrebna stalna nadomestna namestitvev. Te stavbe bi bile tako hudo poškodovane, da jih ne bi bilo mogoče sanirati. Prav tako bi bilo pri takšnem potresu nujno poskrbeti za začasno namestitvev 5233 prebivalcev iz 3100 objektov, vendar bi bilo te objekte mogoče sanirati.

Seizmotektonske in geološke značilnosti ozemlja ter vpliv tal na intenziteto

Potresno dogajanje v tem delu Evrope opredeljujeta Afriška in Evrazijska plošča, med njima pa leži še manjša Jadranska plošča. Približevanje teh plošč povzroča na območju Slovenije napetost v smeri sever-jug, ki se lahko sprošča s potresi ob prelomih dinarske (severozahod-jugovzhod) in prečnodinarske (severovzhod-jugozahod) smeri ter ob narivih smeri vzhod-zahod. Nadžariščno območje leži na severnem deformiranem robu Jadranske plošče in pripada v širšem smislu Zunanjim Dinaridom. Glavni strukturi na tem območju, ki sta usmerjeni v smeri SZ-JV, sta Raški prelom ter nariv Snežnika (Poljak in sod., 2000; Poljak, 2007). Novejše raziskave kažejo, da je aktiven predvsem Raški prelom, ki poteka vse od Goriških Brd, prek Vipavske doline, mimo Štanjela, Vremščice, Ilirske Bistrice in se verjetno nadaljuje tudi na Hrvaško. Prelom je desnozmichen in razdeljen v več segmentov. Vpada strmo proti severovzhodu (Atanackov in sod., 2014). Aktivnost jugovzhodnega dela preloma potrjuje tudi živahna potresna dejavnost v zadnjih letih (Čarman in sod., 2011).

Učinki potresa na ljudi, predmete, stavbe in naravo so odvisni od številnih dejavnikov, zelo pomembna je lokalna geološka zgradba, saj ta lahko bistveno spremeni amplitudni spekter potresnega valovanja ter njegovo trajanje. Največjo intenziteto je potres dosegel v Pivki, Ilirski Bistrici

in Postojni. Nadžarišču potresa je najbližja pet kilometrov oddaljena Pivka, Ilirska Bistrica je oddaljena 10 kilometrov, Postojna pa 13 km. Zaradi razlik v geološki zgradbi in različnih oddaljenostih od žarišča potresa so objekti v različnih krajih utrpeli zelo različne poškodbe. V Postojni je poškodbe utrpel tudi novejši objekt, zgrajen leta 1998 po načelih potresno odporne gradnje. Vendar je na tem objektu že pred potresom prišlo do diferenčnih posedkov in pojavljanja razpok, ki so se ob potresu le povečale. Mogoče je tudi, da je bilo potresno valovanje na kraju objekta ojačano zaradi vpliva lokalnih tal, saj je zgrajen na flišu. Postojna namreč leži na stiku dveh lito-loških enot. Severni, severozahodni in severovzhodni del mesta, ki je tudi starejši, so zgrajeni na zgornjekrednem plastovitem apnencu, ki je glede na svoje mehanske lastnosti klasificiran kot trdna tla brez pričakovanih ojačitev nihanja tal. Južni, novejši del mesta pa je zgrajen na eocenskem flišu, ki pokriva skoraj vso Postojnsko kotlino ter se podaljšuje v Vipavsko dolino in proti Pivki. Fliš je na debelo prekrit s preperino (Pleničar, 1963), zato lahko na njem pričakujemo večje učinke potresa. Poškodovan objekt v Ilirski Bistrici je zgrajen na sedimentih potoka Bistrica, kar je lahko tudi razlog večjih učinkov potresa. Mesto Pivka je bilo nadžarišču potresa najbližje. Geološka zgradba Pivke je podobna kot v Postojni, vendar je kljub temu utrpela manjše poškodbe. Vzrok se morda skriva v žariščnem mehanizmu potresa ali v obliki geoloških struktur pod površjem.

Sklepne misli

22. aprila 2014 ob 8.58 UTC so se tla pri Pivki močno zatresla. Potres je povzročil manjšo škodo na posameznih objektih in dosegel največjo intenziteto V–VI EMS-98. Prizadeto je bilo območje, na katerem potresi niso nobena redkost in lahko po ocenah potresne nevarnosti pričakujemo tudi potrese z učinki VIII EMS-98. Samo v 20. stoletju je bilo na širšem območju Pivke 15 potresov, ki so dosegli ali presegli intenziteto V EMS-98 (Ložar Stopar in sod., 2009). Edina zaščita pred večjo škodo sta potresno odporna gradnja novih in utrjevanje starejših objektov. Pri prenovah, preureditvah in v zadnjem času zelo razširjenih ter obsežnih energetskih sanacijah stavb je žal vse prepogosto pozabljeno sočasno potresno utrjevanje objektov.

Za izboljšanje potresne odpornosti zidane konstrukcije moramo (Tomažević, 2009):

- zagotoviti celovitost delovanja konstrukcije,
- izboljšati zasnovo konstrukcije,
- izboljšati odpornost konstrukcije in utrditi nosilne zidove,
- preveriti in, če je treba, izboljšati nosilnost temeljev.

Pri novogradnjah je treba (Fajfar, 1990):

- upoštevati zakonodajo na področju potresno odporne gradnje (Uradni list RS, 2005),
- že pri zasnovi iskati rešitve, ki so manj zapletenih oblik in čim bolj simetrične ter imajo čim manj nezveznosti v konstrukciji,
- posebno pozornost nameniti preiskavam temeljnih tal.

Literatura

- Agencija Republike Slovenije za okolje, 2014. Baza podatkov za potrese na ozemlju Slovenije leta 2014. Arhiv ARSO, Ljubljana.
- Agencija Republike Slovenije za okolje, 2014. Vprašalnik o učinkih potresa (online). Dostopno na naslovu: <http://www.arso.gov.si/potresi/vprašalnik/> (12. 5. 2014).
- Atanackov, J., Bavec, M., Celarc, B., Jamšek Rupnik, P., Jež, J., Novak, M., Milanič, B., 2014. Seizmotektonska parametrizacija aktivnih prelomov Slovenije. 1. del, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- Coburn, A., Spence, R., 2002. Earthquake Protection. John Wiley & Sons, West Sussex, England.
- Čarman, M., Živčić, M., Ložar Stopar, M., 2011. Potresi pri Ilirski Bistrici leta 2010. Potresi v letu 2010. Agencija RS za okolje, Ljubljana. 97–109.

- European-Mediterranean Seismological Centre - EMSC/CSEM (online). Dostopno z geslom na naslovu: <http://www.emsc-csem.org> (9. 10. 2014).
- Fajfar, P., 1990. Osnove potresnega inženirstva. Univerza v Ljubljani, Ljubljana.
- Grünthal, G. (ur.), 1998. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 15, Luxembourg.
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - INGV, Dati EMS in formati ASCII (online). Dostopno na naslovu: <http://www.haisentitoilterremoto.it/> (9. 10. 2014).
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., Zupančič, P., 2009. Potresi pri Pivki septembra in oktobra 2008. Potresi v letu 2008, ARSO, Ljubljana.
- Lutman, M., Weiss, P., Klemenc, I., Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Banovc, P., Cerk, M., 2014. POTROG - potresna ogroženost v Sloveniji za potrebe Civilne zaščite. Republika Slovenija, Ministrstvo za obrambo, Ljubljana. http://www.sos112.si/slo/tdocs/naloga_99.pdf.
- Pleničar, M., 1963. Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100 000, Tolmač lista Postojna. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Poljak, M., Živčič, M., Zupančič, P., 2000. The seismotectonic characteristics of Slovenia, Pure and Applied Geophysics 157, 37-55, Basel.
- Poljak, M., 2007. Strukturno-tektonska karta Slovenije 1 : 250 000. Tolmač. Geološki zavod Slovenije.
- Šket Motnikar, B, Zupančič, P., 2011. Karta potresne intenzitete Slovenije. Ujma, št. 25.
- Tomažević, M., 2009. Potresno odporne zidane stavbe. Tehnis, Ljubljana.
- Uradni list SFRJ, 1964. Pravilnik o začasnih tehničnih predpisih za grajenje na potresnih področjih, 39/64.
- Uradni list Republike Slovenije, 2005. Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti, 101/2005.
- Živčič, M., Čarman, M., Ložar Stopar, M., 2016. Potres 22. aprila 2014 pri Pivki in popotresi. Potresi v letu 2014. Agencija RS za okolje, Ljubljana.

Milka Ložar Stopar, Mladen Živčić

ŽARIŠČNI MEHANIZMI NEKATERIH MOČNEJŠIH POTRESOV V SLOVENIJI V LETU 2014

FAULT PLANE SOLUTIONS OF SELECTED EARTHQUAKES IN SLOVENIA IN 2014

Povzetek

Za močnejše potrese, ki so se leta 2014 zgodili v Sloveniji, smo iz seizmogramov odčitali smeri prvih premikov ob vstopu vzdolžnega (longitudinalnega) valovanja. Za šest potresov smo zbrali zadostno število podatkov za zanesljivo opredelitev prelomne ploskve. Njihove lokalne magnitude M_{LV} so bile v razponu od 2,0 do 4,3, večina jih je nastala na poševnih ali zmičnih prelomih v dinarski ali prečno dinarski smeri. Za tri močnejše potrese smo zbrali tudi rešitve parametrov žariščnih mehanizmov, ki so jih določili v tujini.

Abstract

The first onsets of the arrivals of the longitudinal waves were picked on the seismograms of selected earthquakes in Slovenia in 2014. For 6 events with local magnitudes ranging from $M_{LV}=2.0$ to 4.3 there were enough data to determine fault plane solutions. The mechanisms are mostly of oblique-slip or strike-slip type with the fault strike along Dinaric or cross Dinaric direction. Fault plane solutions of selected earthquakes from foreign institutions are collected and compared.

Uvod

Z žariščnim mehanizmom opišemo izvor potresnega valovanja. Uporabljeni postopek temelji na določitvi smeri prvega premika vzdolžnega potresnega valovanja na lokaciji potresne opazovalnice. Smer premika odčitamo na navpični komponenti zapisa potresa kot zgostitev (kompresijo) ali razredčitev (dilatacijo). Metodo, ki smo jo uporabili smo natančneje opisali v publikacijah iz preteklih let (Ložar Stopar, Živčić, 2008 in 2011).

Rezultati

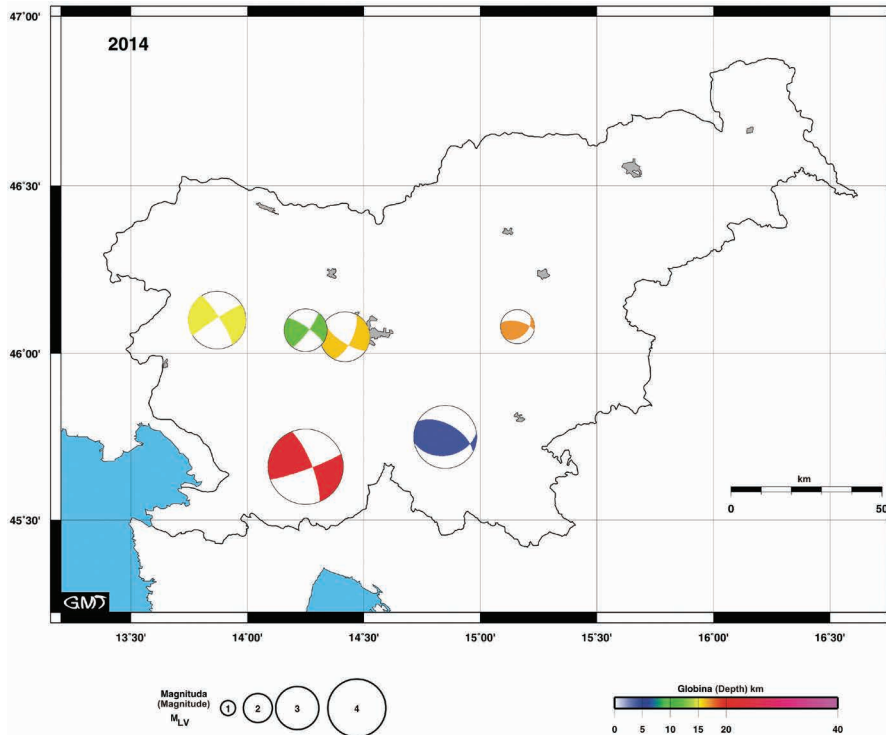
V tem prispevku podajamo rezultate za šest potresov, ki so se zgodili leta 2014, za katere smo z zapisov potresov zbrali zadostno število podatkov (odčitane smeri vstopov) za opredelitev prelomne ploskve in določitev žariščnega mehanizma.

Število seizmogramov, na katerih je bila smer premika jasno določljiva, je bilo od potresa do potresa različno. Med izbranimi potresi je imel največjo magnitudo ($M_{LV}=4,3$) potres, ki se je zgodil 22. aprila v bližini Pivke. Smer vstopnega valovanja pri tem potresu smo določili na seizmogramih šestdesetih opazovalnic. Najbolj oddaljena opazovalnica je bila od žarišča potresa oddaljena 760 km. Potresu z magnitudo $M_{LV}=2,0$, ki se je zgodil 30. oktobra pri Radečah, smo odčitali najmanj vstopov (devetnajst), a smo mu še uspeli določiti žariščni mehanizem.

Parametri dobljenih žariščnih mehanizmov šestih potresov so zbrani v preglednici 1, njihova geografska porazdelitev je na sliki 1. Rešitve prelomnih ravnin z relativno lego opazovalnic in odčitanimi smermi vstopov vzdolžnega valovanja so predstavljene v stereografski projekciji na spodnjo poloblo na sliki 2.

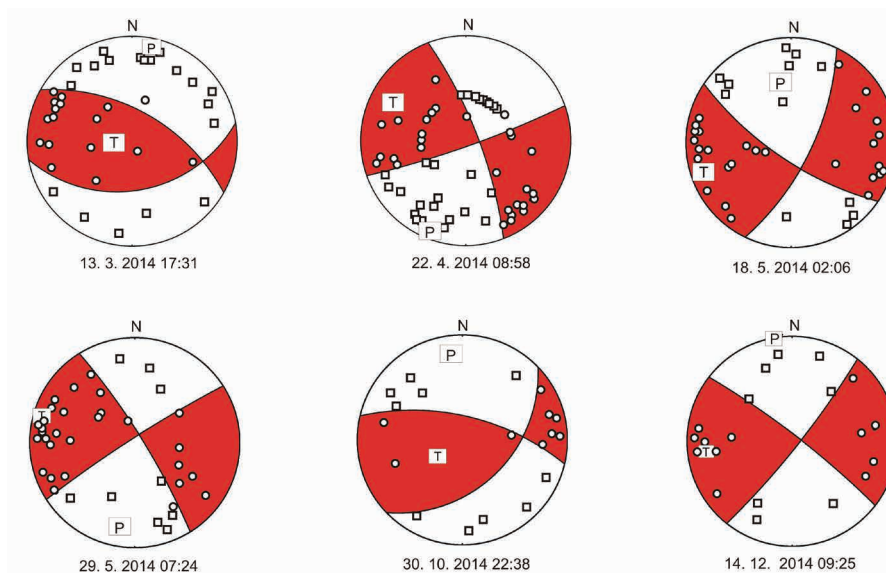
Za določanje parametrov žariščnega mehanizma potresa smo na Uradu za seizmologijo in geologijo (ARSO) uporabili metodo, ki temelji na smeri prvih premikov vzdolžnega potresnega valovanja na lokacijah potresnih opazovalnic.

Z metodo inverzije tenzorja potresnega navora so trem potresom (13. marca pri Polomu, 22. aprila pri Pivki in 29. maja 2014 v dolini Idrijce) določili parametre žariščnih mehanizmov tudi na ameriški univerzi Saint Louis v ZDA (EAS SLU, 2014), v Trstu na Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica



Slika 1: Lokacije obravnavanih močnejših potresov na ozemlju Slovenije v letu 2014 z njihovi žariščnimi mehanizmi. Obarvani kvadranti so kompresijski, barva predstavlja žariščno globino, velikost pa vrednost lokalne magnitude M_{LV}

Figure 1: Locations and fault plane solutions of the selected earthquakes with epicentres in Slovenia in 2014. Coloured quadrants are compressional. Colour gives information on focal depth and size scales with local magnitude M_{LV}



Slika 2: Žariščni mehanizmi šestih močnejših potresov na ozemlju Slovenije leta 2014. Kvadrantki predstavljajo opazovalnice, ki so kot prvi premik tal zaradi potresa zabeležile dilatacijo, krogi opazovalnice, ki so zabeležile kompresijo. Označeni sta smeri največje (P) in najmanjše (T) napetosti. Podana je projekcija na spodnjo poloblo.

Figure 2: Fault plane solutions of the selected earthquakes in Slovenia in 2014. Squares denote stations with dilatation as the first onset and circles stations with compression, P and T are maximum and minimum stress axes. Lower hemisphere projection.

Preglednica 1: Parametri žariščnih mehanizmov v prispevku obravnavanih potresov na ozemlju Slovenije v letu 2014. Smer je merjena od severa proti vzhodu, tako da je prelomna ploskev nagnjena v desno, naklon je merjen od vodoravne ravnine, premik je merjen v prelomni ploskvi od smeri preloma (Aki in Richards, 2002). P je os največje in T os najmanjše napetosti. Np je število uporabljenih podatkov o smeri prvih premikov. Nnp je število odčitkov neskladnih z rešitvijo.

Table 1: Focal mechanism solutions of the selected earthquakes with epicentres in Slovenia in 2014. Strike is the azimuth of the horizontal direction taken so that the plane dips to the right, measured from the North through East (Aki's convention), dip of the fault is measured from the horizontal and rake is the angle of slip, measured in the plane of the fault from the strike direction to the slip vector. P is maximum and T minimum pressure axis. Np is number of P -wave first motion polarities used. Nnp is number of wrong P -wave first motion polarities.

datum	čas (UTC)	zem. širina		zem. dolž.	globina		ravnilina 1						ravnilina 2						P			T			Np	Nnp		
		°N	°E		km	strike	dip	rake	strike	dip	rake	strike	dip	rake	strike	dip	rake	azimuth	plunge	azimuth	plunge	azimuth	plunge	polarities			Np	wrong polarities
13. 3. 2014	17:31	45,75	14,85	4	80	40	58	299	57	114	12	9	259	68	36	1												
22. 4. 2014	08:58	45,66	14,25	17	70	84	14	339	76	174	204	5	295	14	60	1												
18. 5. 2014	02:06	46,04	14,42	9	26	67	-20	124	71	-156	346	30	254	2	41	0												
29. 5. 2014	07:24	46,10	13,87	15	237	85	-9	328	81	-175	192	10	283	3	38	1												
30. 10. 2014	22:38	46,08	15,16	12	46	41	41	283	65	123	349	13	238	57	19	0												
14. 12. 2014	09:25	46,07	14,25	12	37	80	12	305	78	170	171	1	261	16	20	0												

Preglednica 2: Primerjava parametrov žariščnih mehanizmov za potres 13. marca 2014 ob 17:31 UTC določenih z inverzijo tenzorja potresnega navora na EAS SLU v ZDA (EAS SLU_a, 2014) in na GFZ (GFZ_a, 2014).

Table 2: Comparison of focal mechanism parameters for earthquakes on 13 March 2014 at 17:31 UTC, determined by inversion of seismic moment tensor at EAS SLU in USA (EAS SLU_a, 2014) and at GFZ Potsdam (GFZ_a, 2014).

datum	čas (UTC)	avtor	zem. širina	zem. dolž.	globina	M_w	ravnina 1			ravnina 2			N
dd.mm.yyyy	hh:mm		°N	°E	km		smer	naklon	premik	smer	naklon	premik	število opazov.
date	time (UTC)	author	lat.	long.	depth	M_w	nodal plane 1			nodal plane 2			N
dd.mm.yyyy	hh:mm		°N	°E	km		strike	dip	rake	strike	dip	rake	Number of stations
13. 3. 2014	17:31	EAS SLU_a	45,77	14,79	2	4,08	265	50	80	100	41	102	25
13. 3. 2014	17:32	GFZ_a	45,76	14,83	10	5,0	220	48	-81	29	42	-98	23

Preglednica 3: Primerjava parametrov žariščnih mehanizmov za potres 22. aprila 2014 ob 8.58 UTC določenih z inverzijo tenzorja potresnega navora na EAS SLU v ZDA (EAS SLU_b, 2014), na INGV (INGV_a, INGV_b, 2014), na INOGS v Trstu (INOGS, 2014), in na GFZ v Potsdamu (GFZ_b, 2014).

Table 3: Comparison of focal mechanism parameters for earthquakes on 22 April 2014 at 8:58 UTC, determined by inversion of seismic moment tensor at EAS SLU (EAS SLU_b, 2014), at INGV (INGV, 2014a, 2014b), at INOGS, Trieste (INOGS, 2014), and at GFZ (GFZ_b, 2014).

datum	čas (UTC)	avtor	zem. širina	zem. dolž.	globina	M_w	ravnina 1			ravnina 2			N
dd.mm.yyyy	hh:mm		°N	°E	km		smer	naklon	premik	smer	naklon	premik	število opazov.
date	time (UTC)	author	lat.	long.	depth	M_w	nodal plane 1			nodal plane 2			N
dd.mm.yyyy	hh:mm		°N	°E	km		strike	dip	rake	strike	dip	rake	Number of stations
22.4.2014	8:58	INGV_a	45,64	14,28	27	4,62	247	81	4	156	86	171	
22.4.2014	8:58	INGV_b	45,6342	14,2557	12	4,27	249	86	-1	339	89	-176	16
22.4.2014	8:58	EAS SLU_b	45,65	14,26	17	4,39	245	85	0	335	90	-175	58
22.4.2014	8:58	OGS	45,651	14,244	12	4,4	249	87	-7	340	83	-177	13
22.4.2014	8:58	GFZ_b	45,8	14,24	29	4,5	66	82	0	336	90	172	94

Preglednica 4: Primerjava parametrov žariščnih mehanizmov za potres 29. maja 2014 ob 07:24 UTC določenih z inverzijo tenzorja potresnega navora na EAS SLU v ZDA (EAS SLU, 2014) in na INGV (INGV_c, 2014).

Table 4: Comparison of focal mechanism parameters for earthquakes on 29 May 2014 at 07.24 UTC, determined by inversion of seismic moment tensor at EAS SLU in USA (EAS SLU, 2014) and at INGV (INGV_c, 2014).

datum	čas (UTC)	avtor	zem. širina	zem. dolž.	globina	M_w	ravnina 1			ravnina 2			N
dd.mm.yyyy	hh:mm		°N	°E	km		smer	naklon	premik	smer	naklon	premik	število opazov.
date	time (UTC)	author	lat.	long.	depth	M_w	nodal plane 1			nodal plane 2			N
dd.mm.yyyy	hh:mm		°N	°E	km		strike	dip	rake	strike	dip	rake	Number of stations
29.5.2014	07:24	EAS SLU_c	46,04	13,84	17	3,54	230	70	-5	322	85	-160	66
29.5.2014	07:24	INGV_c	46,1	13,87	12	3,42	224	70	-17	319	74	-159	3

Sperimentale (INOGS, 2014) in v Bologni na Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, 2014) ter v Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ (GFZ, 2014). Parametri žariščnih mehanizmov teh potresov, ki so zbrani v preglednici 2, preglednici 3 in preglednici 4, so večinoma primerljivi z našimi rešitvami (preglednica 1).

Zahvala

Zapise potresov na opazovalnicah v Avstriji in v pokrajini Furlanija - Julijska krajina v Italiji smo pridobili v okviru Mednarodnega sporazuma o izmenjavi seizmoloških podatkov v »realnem času« na področju Alpe-Jadran v okviru Srednje in vzhodno evropske mreže za raziskave potresov CE³RN. Pri nekaterih potresih smo uporabili tudi zapise opazovalnic Hrvaške seizmološke službe. Slike smo izdelali s programom GMT (Wessel in Smith, 1991, 1998).

Literatura

- EAS SLU_a, Saint Louis University, USA, 2014.
http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc_mt/MECH.EU/20140313173159/index.html.
(uporabljeno 15. 9. 2015).
- EAS SLU_b, Saint Louis University, USA, 2014.
http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc_mt/MECH.EU/20140422085827/index.html.
(uporabljeno 6. 12. 2015).
- EAS SLU_c, Saint Louis University, USA, 2014.
http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc_mt/MECH.EU/20140529072418/index.html
(uporabljeno 30. 3. 2016).
- GFZ_a, Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam, 2014.
<http://geofon.gfz-potsdam.de/data/alerts/2014/gfz2014fbbk/mt.txt>.
(uporabljeno 15. 9. 2015).
- GFZ_b, Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam, 2014.
<http://geofon.gfz-potsdam.de/data/alerts/2014/gfz2014hvmn/mt.txt>.
(uporabljeno 16. 12. 2015).
- INGV_a, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Bologna, 2014.
<http://autorcmnt.bo.ingv.it/QRCMT-on-line/QRCMT14-on-line/E1404220858A.html> (uporabljeno 16. 12. 2015).
- INGV_b, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Bologna, 2014.
<http://cnt.rm.ingv.it/event/3440571/?tab=MeccanismoFocale#TDMTinfo>
(uporabljeno 16. 12. 2015).
- INGV_c, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Bologna, 2014.
<http://cnt.rm.ingv.it/en/event/3635081/?tab=MeccanismoFocale#TDMTinfo>
(uporabljeno 30. 3. 2016).
- INOGS, Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, Trieste, 2014.
<http://rts.crs.inogs.it/event/28250/detail.html>
(uporabljeno 16. 12. 2015).
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2008. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letih 2006 in 2007. V R. Vidrih, ur.: Potresi v letu 2007. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 48-53.
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2011. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letih 2008 in 2009. V A. Gosar, ur.: Potresi v letu 2010. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 71-75.
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1991. Free software helps map and display data, *Eos, Trans. Amer. Un.*, Vol.72(441), str. 445-446.
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1998. New, improved version of the Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. AGU*, Vol. 79, str. 579

Ina Cević

POTRES 16. JULIJA 1918 V OKOLICI LITIJE THE 16 JULY 1918 EARTHQUAKE NEAR LITIJA, SLOVENIA

Povzetek

Začeli smo z raziskovanjem zgodovinske seizmičnosti širšega območja Litije. Med prvimi analiziranimi dogodki je malo znan potres 16. julija 1918 z nadžariščem v bližini Vač, ki je kljub vojnemu času zelo lepo dokumentiran v doslej neobjavljenih virih. Raziskava je pokazala, da za ta potres obstajajo makroseizmični podatki za 80 naselij. Največji učinki so zabeleženi v Polju pri Ljubljani, kjer je prišlo do majhnih poškodb strešnikov (V-VI EMS-98). Intenziteta V EMS-98 je bila dosežena v krajih Gabrovka, Polšnik, Javorje, Šentvid pri Stični in Videm.

Abstract

The research of historical seismicity of wider Litija region is only starting. The earthquake on 16 July 1918, with the epicentre near Vače, was among the first analyzed. In spite of the war time it was well documented in previously unpublished sources. There are 80 intensity data points for this earthquake. The largest effects were recorded in Polje near Ljubljana, where a few roof tiles were damaged (V-VI EMS-98). Intensity V EMS-98 was estimated in Gabrovka, Polšnik, Javorje, Šentvid pri Stični and Videm.

Uvod

Urad za seizmologijo in geologijo ARSO in Mestni muzej v Litiji sta se dogovorila o postavitvi stalne razstave o potresih. Del razstave naj bi bila tudi potresna zgodovina Litije in okolice. Najbolj znan litijski potres je vsekakor tisti, ki je 19. maja 1963 povzročil precejšnjo gmotno škodo in se ga starejši prebivalci dobro spomnijo.

Začeli smo z raziskovanjem zgodovinske seizmičnosti širšega območja Litije. Med prvimi analiziranimi dogodki je malo znan potres 16. julija 1918 z nadžariščem v bližini Vač, ki je kljub vojnemu času zelo lepo dokumentiran v doslej neobjavljenih virih.

Kratko zgodovinsko ozadje

Leto 1918 je bilo zadnje leto prve svetovne vojne, ki je finančno izčrpala evropske države. Pri manjkovalo je živil, vpeljane so bile izkaznice za hrano in časopisi so objavljali lokacijo in količino živil, ki jih prebivalci dobijo. Cene so se povečevale in ljudje so bili prisiljeni varčevati. V časopisih je vladala cenzura, neredko se je zgodilo, da je bil namesto kakšnega članka le prazen prostor.

Kljub vojnemu času so bila poročila o potresu v takratnih medijih kar pogosta. Fronta je bila takrat daleč od krajev, v katerih so potres čutili in ljudje so bili pozorni tudi na druge dogodke.

Kaj smo do sedaj vedeli o potresu 16. julija 1918

V Ribaričevem katalogu potresov v Sloveniji (Ribarič, 1982) najdemo naslednjo opredelitev:

Preglednica 1: Podatkovni viri, uporabljeni v raziskavi. VR – viri, ki jih je uporabil Ribarič (1982); IC – viri, zbrani po letu 1995; prim. = primarni vir; sek. = sekundarni vir. Zadnji stolpec navaja število naselij, omenjenih v posameznem viru.

Table 1: Data sources used in this study. VR – sources used by Ribarič (1982), IC – sources collected after 1995; Prim. = primary source; sek. = secondary source. The number of localities mentioned in each source is given in the last column.

šifra	avtor / časopis	leto	tip vira	št. naselij
code	author / journal	year	source type	no. of locations
VR080	Bellamy	1936	katalog	
VR083	Turner	1928	katalog	
VR084	Turner	1924	katalog	
VR127	Cvijanović	1965	katalog	
VR146	Arhiv AGO		katalog?	
VR224	Bernardis	1977	katalog	
VR227	Karnik	1968/71	katalog	
IC116	Ribarič	1980	katalog	
IC122	Cvijanović	1981	katalog	
IC276	Laibacher Zeitung	1918	prim.	1
IC277	Slovenec	1918	prim.	8
IC278	Slovenski narod	1918	prim.	3
IC417	Mihailović	1909-19	sek.	48
IC501	Dolenjske novice	1918	prim.	1
	Allgemeiner...	1922	katalog	
	Arhiv ZAMG	1918	prim.	21

Med rokopisnimi zapiski, ki jih je Ribarič delal pri izdelavi kataloga (Arhiv ARSO), je o potre-
su 16. julija 1918 napisano naslednje:

16.7.1918: 12 50 Sv.Križ pri Litiji 46 08
 14 51 5 mcs R=75
 5 mcs Polšnik, Videm/Dobrepolje L175
 4.5 mcs Trebnje, Dol.Toplice, Vel.Lašče
 4 mcs Mirna, Stopiče, Medija-Izlake, Boštajn,
 Šentjur pod Kumom, Straža, Semič,
 Moravče/amnik 4608 1444
 Škofja Loka, Žužemberk, Metlika, Kočevje,
 Reka/Jastreb/, Brod na Kupi, Klanjec,
 Krapina, Kamanja(Karlovac) 45 51 15 10
 Pregrade(Krapina), Zaprešič, Mokronog,
 Bučka, Radeče, Vel.Podlog, Krško, Podgrad,
 3,5 mcs Bela Cerkev, Grm, Vrhnika, Slavešič, Čaba:
 Šentjernaš,
 3 mcs Kranj, Tribuče, Primskovo, Sodražica,
 Št.Rupert, Ilir.Bistrica, Sv.Jana, Žumberak

Corij!
 ISS: 45.5, 15.0
 [1]
 SE od Kočevja
 kot 14. julija 1916
 7 postojnag

Seznam krajev, ki so ohranjeni tudi v Ribaričevi rokopisni zbirki podatkov o slovenskih potresih (Arhiv ARSO), bolj ali manj sovпада z Mihailovičevim; nekaj razlik lahko razložimo s težko čitljivo rokopisno cirilico, v kateri je Mihailovičev katalog napisan. Ugotovljene razlike so naslednje: v Ribaričevem zapisu manjkata intenziteti za Litijo in Sv. Vid pri Zatičini (Šentvid pri Stični), Sveti Križ pri Litiji se danes imenuje Gabrovka, Št. Peter pa je Otočec.

Kljub tej domnevi zaenkrat ne moremo z gotovostjo povedati, katere makroseizmične podatke je za opredelitev v katalogu uporabil Ribarič.

Primarni viri

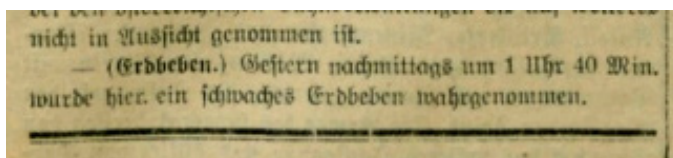
Nekaj vprašalnikov o učinkih tega potresa se nahaja v arhivu ZAMG na Dunaju. Vsebujejo podatke za kraje: Cilli (Celje), Frasslau (Braslovče), K. Tainach (Malo Tinje), Lichtenwald (Sevnica), Neuhaus bei Cilli (Dobrna), Oberburg (Gornji grad), Prassberg (Mozirje), Pristava, Radkovetz (Radkovec), Rann a. Save (Brežice), Rohitsch (Rogatec), Rohitsch Sauerbrunn (Rogaška Slatina), St. Marein bei Erlachstein (Šmarje pri Jelšah), St. Ruperti ab Tüüffer (Šentrupert), St. Xaveri (Radmirje), Tainach (Tinje), Trifail (Trbovlje), Veternik (Vettnik). V arhivu ZAMG so tudi trije kratki časopisni zapisi v nemščini (neznan vir) s podatki za Celje, Pössnitz (Pesnico pri Mariboru) in Tüffer (Laško) ter dve dopisnici, ki jih je Franzu Heritschu iz Zagreba pisal hrvaški seizmolog Andrija Mohorovičić (Arhiv ZAMG).

Mohorovičić med ostalim piše, da je glede na mikroseizmične podatke iz Trsta nadžarišče potresa pri kraju Sava.

V arhivu Geofizičnega zavoda v Zagrebu vprašalnikov o učinkih potresa 16. julija 1918 ni.

V nadaljevanju so navedeni citati iz časopisnih virov.

IC276 Laibacher Zeitung, št. 161, 17. julij 1918, stran 1113:

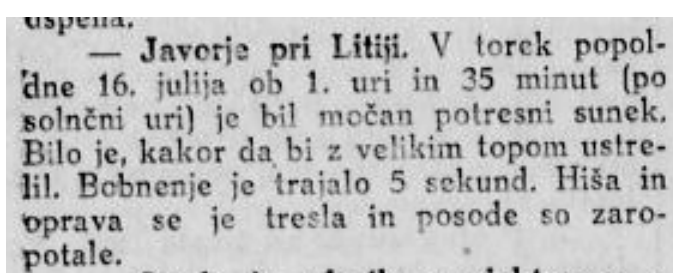
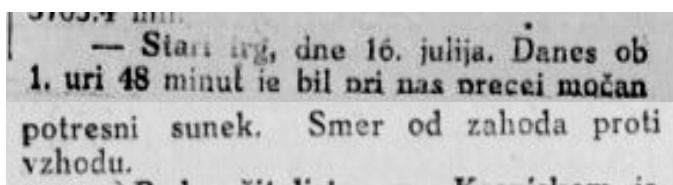


»(Potres). Včeraj popoldne ob 1 uri 40 min. je bil zaznan šibkejši potres.«

Poročilo se nanaša na Ljubljano.

IC277 Slovenec, 1918

Številka 162, 18. julij 1918, str. 3 in 4:



Številka 163, 19. julij 1918, str. 3:

— **Krka.** Tukaj smo v torek 16. t. m. ob 2. uri popoldne čutili precej močan zibajoč potres.

— **Iz D. M. v Polju.** Potres smo čutili dne 16. julija popoldne 20 minut pred 2. uro. Čulo se je bobnenje. Potresni sunek je bil pa tudi precej močan. Šipe v oknih so zazvenele. Sem in tje je padla kaka opeka raz strehe. Drugih poškodb ni bilo. Potresni sunek je prišel od jugozahoda. — Poliske tatvine, posebno na krompirju so

— **Potres in detonacija v Zidanem mostu.** Pod tem naslovom poroča »Hrvatska Država« iz Zidanega mosta 18. t. m.: Včeraj krog 2. ure popoldne smo čutili tu močan potres z zamolklo detonacijo. Enako v Celju. Govori se o nekaki eksploziji.

— **Kvarnerski ribiči** radi pomanika-

Številka 164, 20. julij 1918, str. 5:

— **Školja Loka.** V »Slovenca« berem, da je bilo 16. t. m. na več krajih na Kranjskem potres. Tudi tukaj je bil imenova

SLOVENEK, dne

nega dneva ob 1. uri 49 minut popoldne precej močan, kakih pet sekund trajajoči potres. Škode ni napravil.

— **Ponesrečil se** dijak Ivo Repovš v

Številka 165, 22. julij 1918, str. 4:

rodni vý bor pro válečnou péči.

— **Kolovrat.** Dne 16. t. m. ob tričetrt na dve smo čutili precej močan potresni sunek, škode ni bilo nobene.

— **Aretirani tatovi premoča.** Dunai.

IC278 Slovenski narod

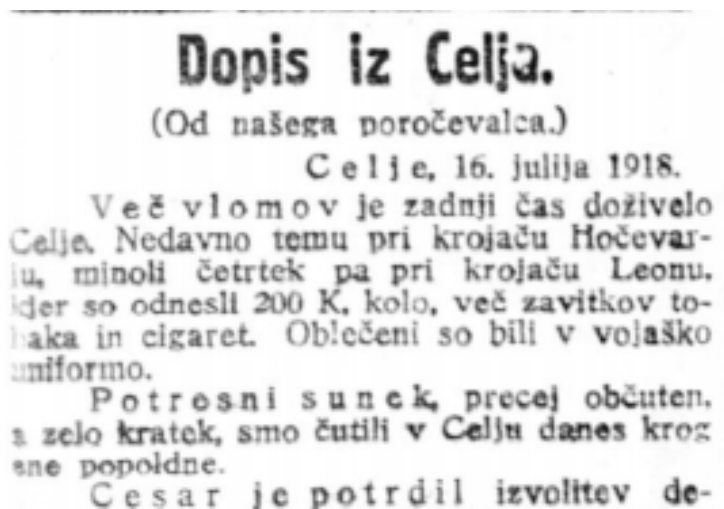
Številka 160, 17. julij 1918, str. 3:

Marice Terezije cesti.

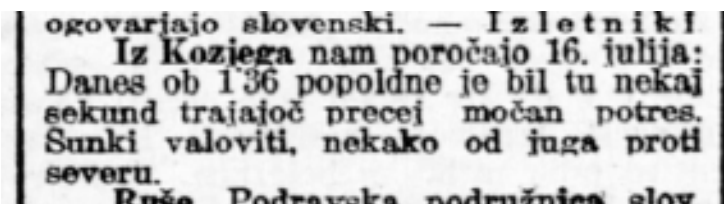
Iz **Šmartna pri Litiiji** nam poročajo 16. t. m. Danes popoldne ob 1. uri 38 minut smo čutili tu močan potresni sunek v smeri od severa proti jugu trajajoč 2—3 sekunde.

Iz **Trate v Poljanski dolini** nam

Številka 161, 18. julij 1918, str. 5:



Številka 162, 19. julij 1918, str. 3:



IC501 Dolenjske novice

Številka 29, 18. julij 1918:

Domače in tuje novice.

»Potres smo čutili v Novem mestu v torek dne 16. julija ob 1. uri 55 minut popoldne. Sunek je bil dokaj močan, da so se gibali v hišah predmeti.«

Pregledali smo tudi časopise Banovac (Petrinja, Hrvaška), Marburger Zeitung (Maribor) in Edinost (Trst), toda v njih ni poročil o potresu.

Sekundarni viri

Kataloga potresov za leta 1917-1919 (Mihailović, 1909-19) ne moremo prišteti k primarnim virom, saj ne podaja opisov učinkov, ampak samo ocene intenzitet. Zato ga tudi ne prištevamo k katalogom, ker gre dejansko za rokopisni seznam naselij in v njih opaženih intenzitet za potrese v obdobju 1909-1919. V Katalogu ni oznake za intenzitetno lestvico; domnevamo, da gre za Rossi-Forelovo lestvico ali kakšen njen približek. Ni jasen tudi vir podatkov, ker takrat še ni obstajala skupna seizmološka ustanova za celotno Jugoslavijo. Možno je, da je Mihailović podatke zbral iz različnih strani (časopisi, arhiv ZAMG...). Ni podatka o načinu opredeljevanja intenzitete.

Za potres 16. julija 1918 v Katalogu najdemo 48 naselij, 37 v današnji Sloveniji in 11 na Hrvaškem. Največja intenziteta, ki jo je avtor (verjetno Jelenko Mihailović, takratni direktor beograjskega Seizmološkega zavoda) opredelil za ta potres, je V+ v kraju Sv. Vid pri Zatičini (danes Šentvid pri Stični).

Kot primer podajamo prvo izmed štirih strani zapisov o potresu 16. julija 1918:

10

КАТАЛОГ ПОТРЕСА

Месец Јуни-Јули год. 1918

Епицентрална места подвучена

Редни број	ВРЕМЕ		МЕСТО	СРЕЗ	ГЕОГР. ПОЛОЖАЈ ЕПИЦЕНТРА		ЈАЧИНА		НАРОДНА РЕПУБЛИКА
	Датум	Гринич. с м			Географска		потреса I—XII	тутњана I—V	
					ширина N	дужина E грин.			
	16-VII-	8 10	Зрагачик	Карповоцу	45°35'	15°35'	IV ⁺	III ²	"
		12 47	Св. Вук мртв	Тросутње	45°57'	14°50'	III	IV ^{ap}	Словенија
		12 50	—	—	45°57'	14°50'	V ⁺	III ^{ap}	"
			Св. Крине мртв	Љубљана	45°52'	15°29'	V	III ^a	"
			Литија	"	46°04'	14°57'	V	III ^a	"
			Полтвр	"	45°58'	15°30'	V	III ^a	"
			Слободне-видет	Кричко	45°58'	15°30'	V	III ^a	"
			Шредње	Шредње	42°43'	18°24'	IV ⁺	III ²	Босна и Херц.
			Шойице	Ново Месито	45°46'	15°04'	IV ⁺	III ²	Словенија
			Вел. Пауке	Кричко	45°47'	14°58'	IV ⁺	III ²	"
			Мирна	Ново Месито	45°52'	15°05'	IV	III ²	"
			Ситице	—	45°46'	15°13'	IV	IV ^a	"

Isti vir beleži še predhodni potres v Šentvidu pri Stični ob 12. uri 47 minut po lokalnem času.

Katalogi

VR227 Karník, V.: Seismicity of the European Area, Part 1 and 2, Academia, Praha, 1968/1971.

Date	H h m s M. G. T.	φ	λ	Class	h km	M	I_0	r_5 dm	r km	Remarks	References
1918											
July 16	11 49 42*	45.5°N	15.0°E	C	n	4.4 (1)				not in (RV)	ISS, At
July 16	20 03 46*	35.5°N s	25.5°E*	C	150+*	7.0 (2)					ISS

Od vseh katalogov, ki jih citira Ribarič, je edino Karníkov imel za podlago temeljite raziskave. Zanimivo je, da v Karníkovih Opombah za ta potres piše, da ga ni bilo v gradivu, ki mu ga je za potrese v Sloveniji pripravil Ribarič. Karník zato povzame podatke po katalogu ISS (VR080, Bellamy, 1936).

IC116 Ribarič, Vladimir, 1980. Studija seizmičnosti lokacije HE Mavčiče. Datoteka potresov SR Slovenije (981 HE-1979,5). Zgodovinski podatki o potresih za HE Mavčiče (792 HE-19.05.1963 g.). Izveštaj IZIIS, 80-101/A. IZIIS, Skopje, 51 p.

468	16.7.1918	11 49 56(Z)m	4608	1451	Sv. Križ/Litija	5,0	75	11,01	2,40	15,100	SE od Litije
K=12 (Zagreb), Sg-Pg=5,9 sek											
Opomba: I.S.S.: 45,5 N, 15,0 E, SE od Kočevja, kot 14.7.1											
(7 postaj) netočen epicenter, iz zone Kočevje 3-4° MCS.											

Lokacija potresa se ne ujema s Karníkovo.

IC122 II Cvijanović, Dragutin, 1981. Seizmičnost področja SR Hrvatske. Disertacija, Sveučiliste u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb

KATALOG POTRESA
s epicentrom u SR Hrvatskoj i susjednim
područjima - razdoblje: 1901-1970

Datum	Vrijeme (MGT)			Epicentar		h (km)	M	Io	Izvori -	
	h	m	s	φ° N	λ° E				Točnost	Područje
1918 07 16	11	49	42	46.1	14.9	14	4.4	V-VI	66B8A0298A	SL Litija
								V-10	IV-25	III-60
								45.5	15.0	/ISS/
								4.4	ZG 52	NE /1.0/ 0.8046
									ZG 54	NW /1.5/

Cvijanović (1981) postavi ta potres severno od kraja Sava; ISS (VR080), ki ga Cvijanović citira, pa na reko Kolpo v bližini Starega Trga ob Kolpi.

Allgemeiner Bericht und Chronik der in der Jahren 1916-1921 in Osterreich beobachteten Erdbeben. Wien, 1922. (še nima IC številke, ker zaenkrat nimamo vsega poročila)

Nr.	Land Nr.	Monat	Tag	M. E. Z.		Geologisches, oro- oder geographisches Gebiet	Stärke F. M.	Anzahl der Meldungen	Bemerkungen
				Stunde	Minute				
29	St 14	VII.	16.	12	50	Untersteiermark	II-IV	18	

Zaradi vojne avstrijska letna poročila za obdobje 1916-1921 niso bila narejena na enak način kot za predhodna leta. Pomanjkanje denarja je povzročilo, da je narejen in objavljen le seznam potresov, ne pa tudi opis učinkov po posameznih naseljih. To torej ni pravi katalog potresov z opisanimi parametri, ampak le seznam potresov, ki so jih prebivalci čutili, lokacija potresa pa je podana opisno (npr. Spodnje Štajersko).

Nove opredelitve parametrov potresa

Raziskava je pokazala, da za ta potres obstajajo makroseizmični podatki za 80 naselij. Največji učinki so zabeleženi v Polju pri Ljubljani, kjer je prišlo do majhnih poškodb strešnikov (V-VI EMS-98) (Slovenec, 1918). Intenziteta V EMS-98 je bila dosežena v krajih Gabrovka, Polšnik, Javorje, Šentvid pri Stični in Videm.

Karta potresnih učinkov za potres 16. julija 1918 je na sliki 2, stare in nove opredelitve potresa so v preglednici 2, seznam intenzitet v posameznih naseljih pa v preglednici 3.

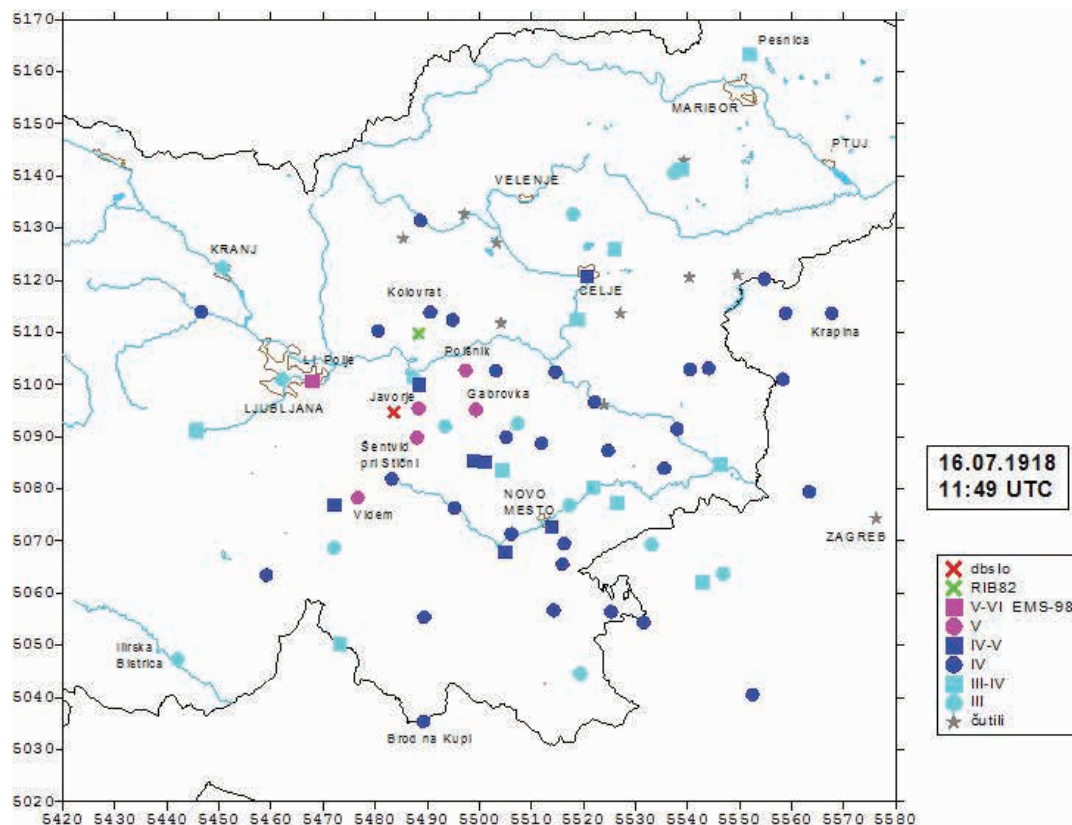
Glede na vse zbrane podatke ugotavljamo, da je bilo žarišče potresa približno 8 km južno od Litije, v bližini kraja Obolno. Nova opredelitev postavi nadžarišče potresa nekoliko bolj jugozahodno od Ribaričeve.

Makroseizmična magnituda tega potresa, izračunana na podlagi enačbe za polmer področja intenzitete IV (Živčić in Ceci, 1998) je 4,5. RIB82 je oznaka za Ribaričev katalog (1982), dbšlo pa za novo opredelitev v slovenskem katalogu (Živčić in sod., 2015).

Preglednica 2: Stara in nova opredelitev potresa 16. julija 1918.

Table 2: Old and new parameters for the 16 June 1918 earthquake.

avtor	leto	mesec	dan	ura UTC	min	sek	lat	lon	I _{max}	M	območje
author	year	month	day	hour UTC	min	sec	lat	lon	I _{max}	M	area
RIB82	1918	07	16	11	49	56	46,133	14,850	V MSK	3,47	Sv. Križ pri Litiji
dbslo	1918	07	16	11	49		46,00	14,79	V-VI EMS-98	4,5	Obolno - Javorje



Slika 2: Intenziteta potresa 16. julija 1918 v posameznih naseljih.

Figure 2: Intensities of the 16 July 1918 earthquake. *dbslo* – new catalogue of earthquakes in Slovenia, *RIB82* – epicentre as given by Ribarič, 1982; *čutili* = felt.

Preglednica 3: Intenzitete potresa 16. julija 1918 v posameznih naseljih, ki smo jih določili v tej raziskavi.

Table 3: Intensities of the 16 July 1918 earthquake, as estimated in this study.

zem. dolžina	zem. širina	ime v viru	kraj	država	I _{EMS98}	+	-	vir	čas v viru	opomba
lat	lon	name in the source	locality	country	I _{EMS98}	+	-	source	time in source	remark
45,867	15,280	Bela Cerkev	Bela Cerkev		III-IV			IC417	12:50	III+
46,014	15,286	Baštanj	Boštanj		IV			IC417	12:50	
46,289	15,043	Frasslau	Braslovče		F			ZAMG	13:55	
45,905	15,597	Rann a. Save	Brežice		III-IV			ZAMG	13:44	
45,463	14,858	Brod na Kupi	Brod na Kupi	HR	IV			IC417	12:50	

zem. dolžina	zem. širina	ime v viru	kraj	država	I EMS98	+	-	vir	čas v viru	opomba
lat	lon	name in the source	locality	country	I EMS98	+	-	source	time in source	remark
45,930	15,319	Bučka	Bučka		IV			IC417	12:50	
46,230	15,269	Cilli	Celje		IV-V			časopis	13:50	
45,596	14,651	Čabar	Čabar	HR	III-IV			IC417	12:50	III+
46,338	15,234	Neuhaus b. Cilli	Dobrna		III			ZAMG	14:15	
45,755	15,063	Toplice	Dolenjske Toplice		IV-V			IC417	12:50	IV+
46,001	14,992	Sv. Križ pri Litiji	Gabrovka		V			IC417	12:50	
45,716	15,597	Sv. Jana	Gorica Svetojanska	HR	III			IC417	12:50	
46,296	14,810	Oberburg	Gornji grad		F			ZAMG	13:42	
45,897	15,056	Grm	Grm		III-IV			IC417	12:50	III+
45,568	14,257	Ilirska Bistrica	Ilirska Bistrica		III			IC417	12:50	
46,156	14,934	Toplice pri Zagorju	Izlake		IV			IC417	12:50	
46,003	14,849	Javorje pri Litiji	Javorje		V	1		IC277	01:35 po solnčni uri	
45,633	15,4	Kamanje	Kamanje	HR	IV			IC417	12:50	
46,051	15,749	Klanjec	Klanjec	HR	IV			IC417	12:50	
45,643	14,864	Kočevje	Kočevje		IV			IC417	12:50	
46,169	14,878	Kolovrat	Kolovrat		IV	1		IC277	1:45	
46,071	15,570	Kozje	Kozje		IV	1		IC278	13:36	
46,244	14,360	Kranj	Kranj		III			IC417	12:50	
46,164	15,872	Krapina	Krapina	HR	IV			IC417	12:50	
45,882	14,783	Krka	Krka		IV	1		IC277	14	
45,967	15,490	Krško	Krško		IV			IC417	12:50	
46,157	15,243	Tueffer	Laško		III-IV			časopis	13:50	
46,057	14,835	Litija	Litija		III			IC417	12:50	
46,053	14,510	Laibach	Ljubljana		III	1		IC276	13:40	
46,050	14,585	D. M. v Polju	Ljubljana - Polje		V-VI	1		IC277	13:40	nekaj opek padlo iz streh
46,414	15,497	Kl. Tainach	Malo Tinje		III			ZAMG	13:38	
45,652	15,325	Metlika	Metlika		IV			IC417	12:50	
45,954	15,067	Mirna	Mirna		IV			IC417	12:50	
45,943	15,154	Mokronog	Mokronog		IV			IC417	12:50	
46,137	14,749	Moravče	Moravče		IV			IC417	12:50	
46,338	14,963	Prassberg	Mozirje		F			ZAMG	14:15	
45,799	15,179	Novo mesto	Novo mesto		IV-V	1		IC501	13:55	

zem. dolžina	zem. širina	ime v viru	kraj	država	I EMS98	+	-	vir	čas v viru	opomba
lat	lon	name in the source	locality	country	I EMS98	+	-	source	time in source	remark
45,836	15,223	Št. Peter	Otočec		III			IC417	12:50	
46,613	15,678	Poessnitz	Pesnica pri Mariboru		III-IV			časopis	13:53	
45,734	15,205	Podgrad	Podgrad		IV			IC417	12:50	
46,068	15,042	Št. Jurij pod Kumom	Podkum		IV			IC417	12:50	
46,069	14,966	Polšnik	Polšnik		V			IC417	12:50	
46,165	15,757	Pregrada	Pregrada	HR	IV			IC417	12:50	
45,972	14,915	Primskovo	Primskovo		III			IC417	12:50	
46,277	15,337	Pristava	Pristava		III-IV			ZAMG	13:45	verjetno pri Vojniku
46,066	15,189	Radeče	Radeče		IV			IC417	12:50	
46.410	15.485	Radkovetz	Radkovec		III			ZAMG	13:38	
46,327	14,853	St. Xaveri i. Sanntale	Radmirje		IV			ZAMG	13:55	
45,507	15,667	Rečice	Rečica	HR	IV			IC417	12:50	
46,232	15,643	Rohitsch Sauerbrunn	Rogaška Slatina		F			ZAMG	13:50	
46,225	15,710	Rohitsch	Rogatec		IV			ZAMG	14	
45,655	15,183	Semič	Semič		IV			IC417	12:50	
46,009	15,309	Lichtenwald a. S.	Sevnica		F			ZAMG	13:45	
45,702	15,546	Slavetić	Slavetić	HR	III-IV			IC417	12:50	III+
45,762	14,641	Sodražica	Sodražica		III			IC417	12:50	
45,714	14,474	Stari trg	Stari Trg pri Ložu		IV	1		IC277	1:48	
45,770	15,210	Stopiče	Stopiče		IV			IC417	12:50	
45,787	15,079	Straža	Straža		IV			IC417	12:50	
45,839	15,341	Št. Jernej	Šentjernej		III-IV			IC417	12:50	III+
45,977	15,095	Št. Rupert na Dolenj.	Šentrupert		III			IC417	12:50	
46.167	15.350	St. Ruperti ob Tuffer	Šentrupert		F			ZAMG	13:50	
45,953	14,845	Sv. Vid pri Zatičini	Šentvid pri Stični		V			IC417	12:50	V+
46,168	14,308	Škofja Loka	Škofja Loka		IV	1		IC277	13:49	
46,228	15,523	St. Marein bei Erlachstein	Šmarje pri Jelšah		F			ZAMG	13:58	
46,044	14,851	Šmartno pri Litiji	Šmartno pri Litiji		IV-V	1		IC278	13:38	
46,150	15,054	Trifail	Trbovlje		F			ZAMG	13:45	
45,911	15,013	Trebnje	Trebnje		IV-V			IC417	12:50	IV+
45,545	15,248	Tribuče	Tribuče		III			IC417	12:50	
46,430	15,511	St. Ulrich	Urh		F			ZAMG	13:38	

zem. dolžina	zem. širina	ime v viru	kraj	država	I EMS98	+	-	vir	čas v viru	opomba
lat	lon	name in the source	locality	country	I EMS98	+	-	source	time in source	remark
45,837	14,642	Vel. Lašče	Velike Lašče		IV-V			IC417	12:50	IV+
45,899	15,458	Vel. Podlog	Veliki Podlog		IV			IC417	12:50	
46,416	15,507	Tainach	Veliko Tinje		III-IV			ZAMG	13:38	
46,069	15,523	Veternik	Vetnik		IV			ZAMG	13:46	
45,849	14,699	Dobre Polje - Videm	Videm		V			IC417	12:50	
45,963	14,298	Vrhnika	Vrhnika		III-IV			IC417	12:50	III+
45,813	15,982	Zagreb	Zagreb	HR	FF			ZAMG		Mohorovičić
45,856	15,811	Zaprešić	Zaprešić	HR	IV			IC417	12:50	
45,913	14,985	Zidani most	Zidani most		IV-V	1		IC277	14	
45,767	15,42	Žumberak	Žumberak	HR	III			IC417	12:50	
45,832	14,938	Žužemberk	Žužemberk		IV			IC417	12:50	

Zahvala

Zahvaljujemo se Christi Hammerl (ZAMG Dunaj) za posredovanje primarnih podatkov iz Arhiva ZAMG.

Literatura

- Allgemeiner Bericht und Chronik der in der Jahren 1916-1921 in Österreich beobachteten Erdbeben. Wien, 1922.
- Arhiv ARSO. Makroseizmični arhiv Urada za seizmologijo in geologijo, ARSO, Ljubljana.
- Arhiv GZAM. Geofizički zavod »Andrija Mohorovičić«, Zagreb.
- Arhiv makroseizmičnega gradiva Astronomsko geofizikalnega observatorija Univerze v Ljubljani, AGO, Ljubljana. (VR146) – glej Arhiv ARSO
- Arhiv ZAMG. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Dunaj.
- Bellamy, E.F. (1936). Index Catalogue of Epicentres for 1913 - 1930, A Geographical Index to the International Seismological Summary. Oxford. (VR080)
- Bernardis, G., F. Giorgetti, D. Nieto in D. Slejko (1977). Earthquakes Catalogue for Eastern Alps Region. Limits = 45°00' N 10°00' E - 47°30' N 15°00' E, Provisional, September 1977 (computer printout), Trieste. (VR224)
- Cvijanović, D. (1965). Seizmičke karakteristike širg područja Zagreba. Geofizički institut Prirodoslovno matematičnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb. (VR127)
- Cvijanović, D. (1981) Seizmičnost područja SR Hrvatske. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb. (IC122)
- Dolenjske novice (1918). (IC501)
- Laibacher Zeitung (1918). www.dlib.si, dostop 7.01.2016 (IC276)
- Karník, V. (1968/1971). Seismicity of the European Area, Pt 1&2, Academia, Praha. (VR227)
- Mihailović, J. Katalog potresa 1909, 1910, 1911, 1913, 1914, 1915, 1917, 1918, 1919. Rokopis, 6 knjig. (IC417)
- Ribarič, V. (1980). Studija seizmičnosti lokacije HE Mavčiče. Datoteka potresov SR Slovenije (981 HE - 1979,5). Zgodovinski podatki o potresih za HE Mavčiče (792 HE-19.05.1963 g.). Izveštaj IZIIS, 80-101/A, IZIIS, Skopje, 51 p. (IC116)

- Ribarič, V. (1982). Seizmičnost Slovenije. Katalog potresov (792 n. e. – 1981). Publikacije Seizmološkega zavoda SR Slovenije, Serija A, št. 1, Ljubljana
- Slovenec (1918). www.dlib.si, dostop 7.01.2016 (IC 277)
- Slovenski narod (1918). www.dlib.si, dostop 7.01.2016 (IC278)
- Turner, H.H. (1924). Index Catalogue of Epicentres (1913. 0 - 1920. 5). Oxford. (VR084)
- Turner, H.H. (1928). Catalogue of Earthquakes. 1918 - 1924. British Association for the Advancement of Science, Oxford - London. (VR083)
- Živčič, M. in I. Cecić (1998). Revised magnitudes of historical earthquakes in Slovenia. The EGS General Assembly, 20-24 April 1998, Nice
- Živčič, M., I. Cecić, M. Čarman, T. Jesenko, M. Ložar Stopar in J. Pahor (2015). Earthquake Catalogue NEK2015 of Slovenia and the Region. Final report. ARSO.

Tamara Jesenko

NAJMOČNEJŠI POTRESI PO SVETU LETA 2014 WORLD'S LARGEST EARTHQUAKES IN 2014

Povzetek

Leta 2014 je bilo po svetu 55 potresov, ki so dosegli ali presegli navorno magnitudo (M_w) 6,5. Navorna magnituda enega potresa je bila večja ali enaka 8,0, enajst potresov je imelo magnitudo med 7,0 in 7,9. Vsaj 15 potresov je zahtevalo človeška življenja, skupaj vsaj 658 žrtev. Najmočnejši ($M_w = 8,2$) potres leta 2014 je nastal 1. aprila pod oceanskim dnom blizu obale Čila. Žarišče potresa je bilo na globini 25 kilometrov. Največ žrtev je zahteval potres, ki se je zgodil 3. avgusta v pokrajini Junan na Kitajskem. Njegova magnituda je bila 6,2, zahteval je vsaj 617 življenj. Najgloblji potres, z žariščem na globini 616 kilometrov in navorno magnitudo 6,9, se je zgodil 21. julija pod oceanskim dnom na območju Fidžija. Najmočnejši potres v Evropi pa je bil 24. maja pod dnom Egejskega morja, njegova magnituda je bila 6,9.

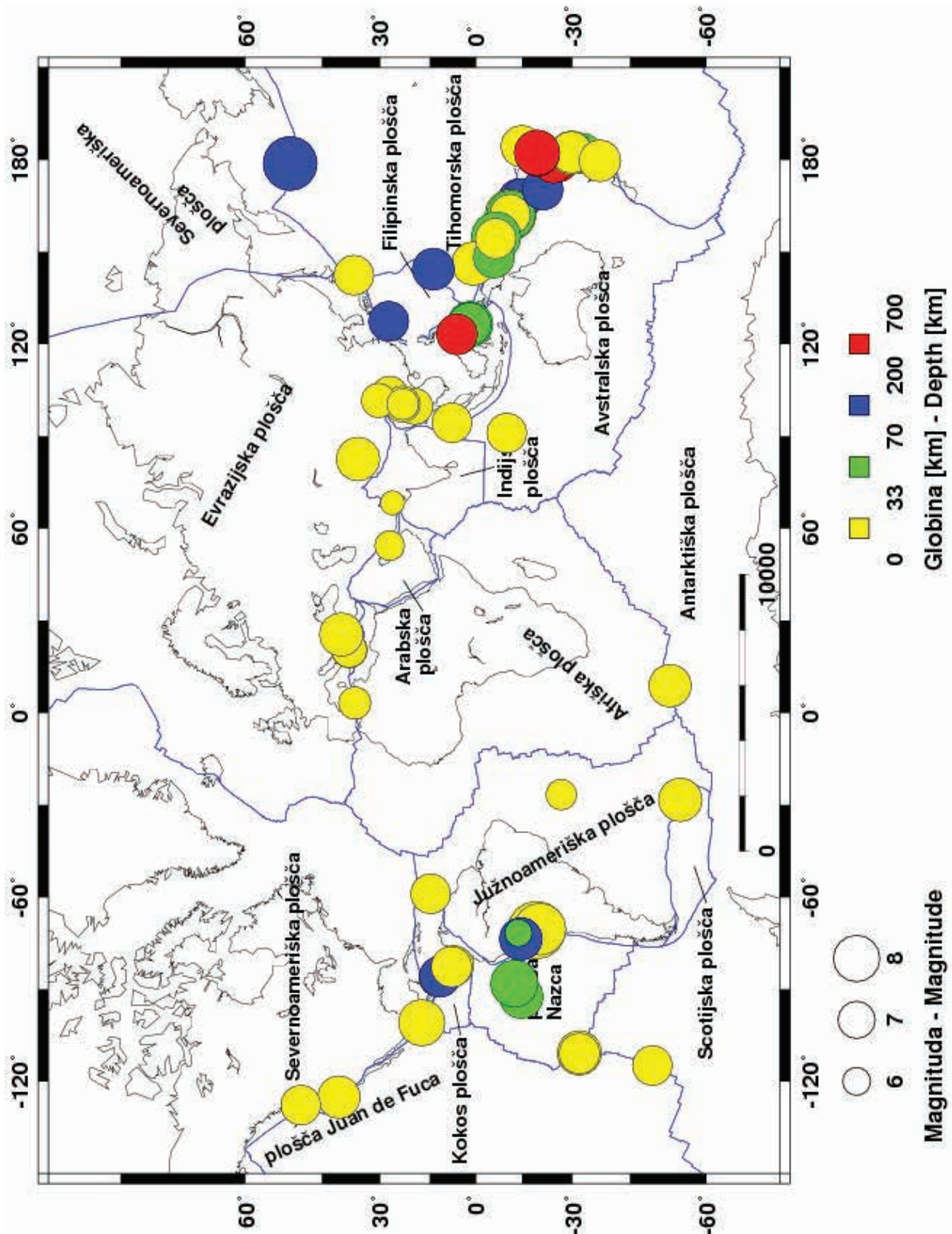
Abstract

There were 55 earthquakes in the world in year 2014 that either reached or exceeded a moment magnitude (M_w) of 6.5. One earthquake had moment magnitude greater or equal than 8.0 and 11 were in-between 7.0 and 7.9. There were 15 earthquakes that claimed human lives; in total there were at least 658 victims. The most devastating earthquake in 2014 happened on 3 August in Yunnan province, China, where 617 people were killed. The 1 April earthquake offshore Chile ranked first in terms of released energy, with a moment magnitude of 8.2. The deepest earthquake happened on 21 July near Fiji with a hypocentre 616 km below the surface and the moment magnitude of 6.9. The strongest earthquake in Europe with moment magnitude 6.9 happened on 24 May in Aegean Sea.

Potresi in tektonika plošč

Zemljina trdna lupina, debela povprečno približno 100 kilometrov pod celinami in 50 pod oceani, se imenuje litosfera in je sestavljena iz več tektonskih plošč (slika 1), največje so Tihomorska, Severnoameriška, Južnoameriška, Evrazijska, Afriška, Avstralska in Antarktična. Za svetovno potresno dejavnost so pomembne tudi številne manjše plošče. Tektonske plošče se zaradi konvekcijskih tokov v astenosferi, viskozni plasti v Zemljinem plašču pod litosfero, nenehno počasi premikajo. Med seboj se lahko razmikajo (razmične ali divergentne meje), primikajo (primične ali konvergentne meje) ali drsijo druga ob drugi (zmične ali transformne meje plošč). Razmikanje tektonskih plošč je lahko na območju oceanov (vdiranje magme iz astenosfere skozi razpoko med ploščama, pri čemer se iztisnjena magma strjuje v novo oceansko skorjo in nastanejo oceanski grebeni), ali na celinah (tektonsko ugrezovanje ob nastajanju razsežnega tektonskega jarka ali razpoke v celinski plošči, ki končno postane meja plošč). Pri primikanju plošč se oceanska plošča podriva pod drugo oceansko ali celinsko ploščo, lahko pa celinski plošči trčita, kar povzroči dviganje skorje in nastanek gorovij. Prelom, ob katerem plošči drsita druga ob drugi, imenujemo transformni prelom (Lapajne, 2013).

Posledice gibanja celinskih in oceanskih plošč oziroma tektonike litosferskih plošč so burni geološki pojavi, kot so vulkani in potresi, ki nastajajo predvsem na stikih in v bližini stikov plošč. Slika 1 kaže povezanost tektonike plošč s potresno dejavnostjo, saj je večina močnejših potresov nastala na stikih tektonskih plošč. Prikazani so le tisti, ki so leta 2014 dosegli ali presegli navorno magnitudo 6,5 (6,0 za evropsko-mediteransko območje), in tisti šibkejši, ki so zahtevali človeška življenja. Če bi narisali nadžarišča oziroma epicentre vseh potresov, bi bilo še bolj očitno, da potresi nastajajo predvsem na stikih med posameznimi ploščami. Prav prostorska porazdelitev



Slika 1: Porazdelitev najmočnejših potresov leta 2014 na Zemlji. Velikost krogov kaže potresno magnitudo, barva pa žariščno globino. Označene so glavne tektonske plošče.

Figure 1: Distribution of the strongest earthquakes in 2014. The size of the circle indicates the magnitude and the colour designates the focal depth. Main tectonic plates are also shown.

potresov je tudi razkrila potek mej ali stikov med ploščami in je bila pred približno petdesetimi leti eden najpomembnejših podatkov pri oblikovanju teorije tektonike litosferskih plošč. Navorna magnituda je mera za velikost potresa, ki velja tudi za najmočnejše potrese. Določena je s potrešnim navorom, ki je definiran kot zmnožek strižnega modula kamnine prelomnega območja, površine potresnega pretrga in povprečne velikosti zdrsa vzdolž preloma. Lahko ga izračunamo iz zapisov potresnega valovanja ali iz geoloških opazovanj (Lapajne, 2013).

Pregled najmočnejših potresov

V preglednici 1 so podatki o najmočnejših potresih leta 2014 (NEIC, 2014a; NEIC, 2015). Našteti so tisti, ki so dosegli ali presegli navorno magnitudo 6,5 (6,0 za evropsko-mediteransko območje), in tisti šibkejši (11), ki so zahtevali človeška življenja. M_w je oznaka za navorno magnitudo. Globina potresov je podana v kilometrih. V stolpcu o številu žrtev je navedeno skupno število žrtev in pogrešanih v posameznem potresu. Preglednica se konča z imenom širšega nadžarišnega območja potresa. Svet je namreč za statistične potrebe seizmologije razdeljen na 729 Flinn-Engdahlovih geometrijskih območij (Flinn-Engdahl regions, 2014).

Preglednica 1: Seznam potresov leta 2014, katerih navorna magnituda M_w je bila enaka ali večja od 6,5 (6,0 za evropsko-mediteransko območje). Dodani so potresi, katerih magnituda je bila sicer manjša, a so zahtevali smrtne žrtve.

Table 1: List of the earthquakes in 2014 with moment magnitude M_w equal or greater than 6.5 (6.0 for European-Mediterranean region). Earthquakes with magnitudes below 6.5 that claimed human lives are also included.

datum	čas (UTC)	koordinati		magnituda	globina	število žrtev	območje
	ura:min	širina	dolžina	M_w	km		
date	time (UTC)	coordinates		magnitude	depth	number of victims	area
	hh:min	lat	lon	M_w	km		
1. 1.	16:03	13,86 J	167,25 V	6,5	187		pod morskim dnom, območje otočje Vanuatu
2. 1.	13:54	27,15 S	54,45 V	5,2	8	1	Lar, Iran
26. 1.	13:55	38,21 S	20,45 V	6,1	8		pod morskim dnom, vzhodno od mesta Lixourion, Grčija
2. 2.	9:26	32,91 J	177,88 Z	6,5	44		pod morskim dnom, Kermadeški jarek
3. 2.	3:08	38,26 S	20,39 V	6,0	5		Lixourion, Grčija
7. 2.	8:40	15,07 J	167,37 V	6,5	122		pod morskim dnom, območje otočja Vanuatu
12. 2.	9:19	35,91 S	82,59 V	6,9	10		Sinkiang, Kitajska
18. 2.	9:27	14,67 S	58,93 Z	6,5	15		pod morskim dnom, Karibsko morje, vzhodno od otoka Martinique
2. 3.	20:11	27,43 S	127,37 V	6,5	119		pod morskim dnom, otoki Rjukju, Japonska
10. 3.	5:18	40,83 S	125,13 Z	6,8	17		pod morskim dnom, zahodno od mesta Ferndale, Kalifornija, ZDA
16. 3.	21:16	19,98 J	70,70 Z	6,7	20		pod morskim dnom ob obali Čila
21. 3.	14:41	7,77 S	94,33 V	6,5	10		pod morskim dnom, Andamansko morje
26. 3.	3:29	26,09 J	179,28 V	6,5	493		pod morskim dnom, območje Fidžija
1. 4.	23:46	19,61 J	70,77 Z	8,2	25	6	pod morskim dnom ob obali Čila
1. 4.	23:57	19,89 J	70,95 Z	6,9	28		pod morskim dnom ob obali Čila
3. 4.	1:58	20,31 J	70,58 Z	6,5	24		pod morskim dnom ob obali Čila

datum	čas (UTC)	koordinati		magnituda	globina	število žrtev	območje
	ura:min	širina	dolžina	M_w	km		
date	time (UTC)	coordinates		magnitude	depth	number of victims	area
	hh:min	lat	lon	M_w	km		
3. 4.	2:43	20,57 J	70,49 Z	7,7	22		pod morskim dnom ob obali Čila
10. 4.	23:37	12,51 S	86,38 Z	6,1	13	2	Nikaragva
11. 4.	7:07	6,59 J	155,05 V	7,1	61	1	pod morskim dnom, blizu otoka Bougainville, Papua Nova Gvineja
11. 4.	8:16	6,79 J	154,95 V	6,5	20		pod morskim dnom, blizu otoka Bougainville, Papua Nova Gvineja
11. 4.	20:29	11,64 S	85,88 Z	6,6	135		Belen, Nikaragva
12. 4.	20:14	11,27 J	162,15 V	7,6	23		pod morskim dnom, območje Salomonovih otokov
13. 4.	12:36	11,46 J	162,05 V	7,4	39		pod morskim dnom, območje Salomonovih otokov
13. 4.	13:24	11,13 J	162,05 V	6,6	10		pod morskim dnom, območje Salomonovih otokov
15. 4.	3:57	53,50 J	8,72 V	6,8	12		pod morskim dnom, severovzhodno od otoka Bouvet
18. 4.	14:27	17,40 S	100,97 Z	7,2	24		Guerrero, Mehika
19. 4.	1:04	6,66 J	155,09 V	6,6	29		pod morskim dnom, blizu otoka Bougainville, Papua Nova Gvineja
19. 4.	13:28	6,75 J	155,02 V	7,5	44		pod morskim dnom, blizu otoka Bougainville, Papua Nova Gvineja
24. 4.	3:10	49,64 S	127,73 Z	6,5	10		pod morskim dnom, južno od mesta Port Hardy, Kanada
1. 5.	6:36	21,45 J	170,36 V	6,6	106		pod morskim dnom, Nova Kaledonija
4. 5.	9:15	24,61 J	179,09 V	6,6	527		pod morskim dnom, območje Fidžija
5. 5.	11:08	19,66 S	99,67 V	6,1	6	1	Phan, Tajska
8. 5.	22:51	26,39 S	68,36 V	4,5	15	2	Daur, Pakistan
12. 5.	18:38	49,94 J	114,80 Z	6,5	10		pod morskim dnom, Vzhodnopacifiški hrbet
13. 5.	6:35	7,21 S	82,30 Z	6,5	10		pod morskim dnom južno od Paname
24. 5.	9:25	40,31 S	25,45 V	6,9	7		pod morskim dnom, Egejsko morje
14. 6.	10:59	10,12 J	91,09 V	6,5	4		pod morskim dnom, Južni Indijski ocean
23. 6.	19:19	29,98 J	177,73 Z	6,9	20		pod morskim dnom, otočje Kermadec, Nova Zelandija
23. 6.	19:21	29,94 J	177,52 Z	6,5	10		pod morskim dnom, otočje Kermadec, Nova Zelandija
23. 6.	20:06	29,94 J	177,61 Z	6,7	27		pod morskim dnom, otočje Kermadec, Nova Zelandija
23. 6.	20:53	51,84 S	178,73 V	7,9	107		pod morskim dnom, blizu otoka Little Sitkin, Aljaska
29. 6.	7:52	55,47 J	28,37 Z	6,9	8		pod morskim dnom, v bližini Južnih Sandwichevih otokov
29. 6.	17:15	14,98 J	175,57 Z	6,7	18		pod morskim dnom, vzhodno od otokov Wallis-et-Futuna
4. 7.	15:00	6,23 J	152,81 V	6,5	20		pod morskim dnom, v bližini Nove Britanije, Papua Nova Gvineja
7. 7.	11:23	14,72 J	92,46 Z	6,9	53	5	Puerto Madero, Mehika
11. 7.	19:22	37,01 S	142,45 V	6,5	20		pod morskim dnom, zahodno od Honšuja, Japonska
21. 7.	14:54	19,80 J	178,40 Z	6,9	615		pod morskim dnom, območje Fidžija
1. 8.	4:11	36,85 S	3,16 V	5,6	10	6	Alžirija
3. 8.	0:22	0,83 S	146,17 V	6,9	13		pod morskim dnom, območje Mikronezije

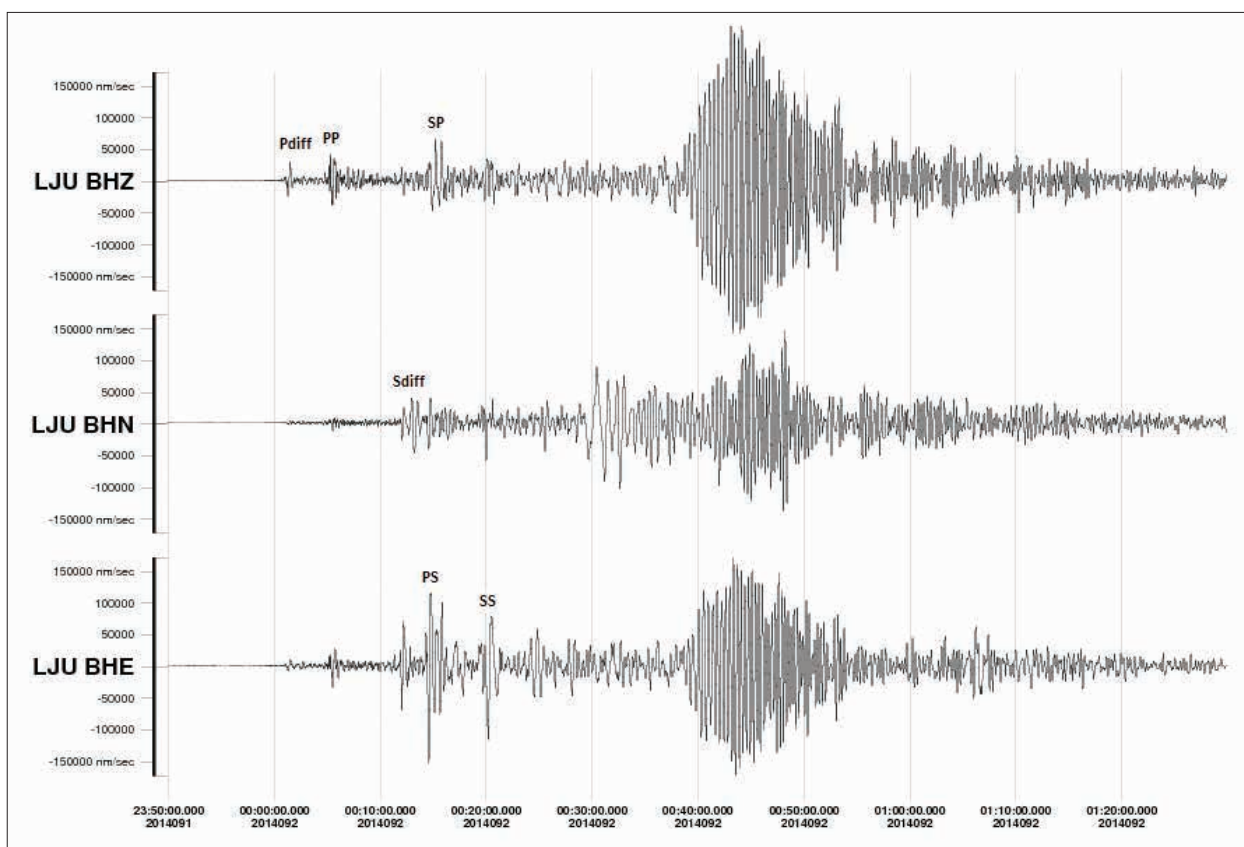
datum	čas (UTC)	koordinati		magnituda	globina	število žrtev	območje
	ura:min	širina	dolžina	M_w	km		
date	time (UTC)	coordinates		magnitude	depth	number of victims	area
	hh:min	lat	lon	M_w	km		
3. 8.	8:30	27,19 S	103,41 V	6,2	12	617	Venping, Kitajska
5. 8.	10:22	26,97 J	26,71 Z	5,4	4	1	Orkney, Južnoafriška republika
24. 8.	23:21	14,60 J	73,57 Z	6,8	101		Tambo, Peru
17. 9.	6:14	13,76 S	144,43 V	6,7	130		pod morskim dnom, blizu otoka Guam
28. 9.	2:35	13,81 J	71,74 Z	4,9	43	8	Urcos, Peru
7. 10.	13:49	23,38 S	100,47 V	6,1	9	1	Weiyuan, Kitajska
9. 10.	2:14	32,11 J	110,82 Z	7,0	17		pod morskim dnom, Vzhodnopacifiški hrbet
9. 10.	2:32	32,09 J	110,87 Z	6,6	10		pod morskim dnom, Vzhodnopacifiški hrbet
14. 10.	3:51	12,53 J	88,12 Z	7,3	40	1	pod morskim dnom, blizu obale Salvadorja
1. 11.	18:57	19,69 J	177,76 Z	7,1	434		pod morskim dnom, območje Fidžija
7. 11.	3:33	5,99 J	148,23 V	6,6	53		pod morskim dnom, blizu Nove Britanije, Papua Nova Gvineja
15. 11.	2:31	1,89 S	126,52 V	7,1	45		pod morskim dnom, Moluško morje
16. 11.	22:33	37,65 J	179,66 V	6,7	22		pod morskim dnom v bližini Severnega otoka Nove Zelandije
21. 11.	10:10	2,28 S	127,06 V	6,5	38		pod morskim dnom, Moluško morje
22. 11.	8:55	30,34 S	101,72 V	5,9	17	5	Kangding, Kitajska
26. 11.	14:33	1,96 S	126,53 V	6,8	39		pod morskim dnom, Moluško morje
2. 12.	5:11	6,16 S	123,13 V	6,6	614		pod morskim dnom, Filipini
6. 12.	18:43	23,32 S	100,47 V	5,5	11	1	Weiyuan, Kitajska
7. 12.	1:22	6,51 J	154,46 V	6,6	23		pod morskim dnom, blizu otoka Bougainville, Papua Nova Gvineja
8. 12.	8:54	7,94 S	82,69 Z	6,6	20		pod morskim dnom, jugovzhodno od Punta Burica, Panama

Leta 2014 je bilo 55 potresov, ki so dosegli ali preseгли navorno magnitudo 6,5. Navorna magnituda enega je bila večja oziroma enaka 8,0, enajst pa jih je bilo z magnitudo med 7,0 in 7,9, kar pomeni, da leto 2014 ne odstopa od dolgoletnega povprečja. Po statističnih analizah, ki temeljijo na opazovanjih od leta 1900, se povprečno vsako leto zgodi en potres z magnitudo, večjo ali enako 8,0, 13 pa jih je z magnitudo med 7,0 in 7,9 (NEIC, 2015). Petnajst potresov je zahtevalo človeška življenja, leta 2014 je bilo vsaj 658 žrtev.

Najmočnejši potres leta 2014 je nastal 1. aprila ob 23.46 po svetovnem času – UTC (ob 18.46 po lokalnem času), njegova navorna magnituda je bila 8,2. Zgodil se je pod oceanskim dnom, 94 kilometrov severozahodno od čilskega mesta Iquique. Točka, v kateri se je sevanje energije potresnega valovanja začelo, imenovana tudi žarišče potresa, je bila 25 kilometrov pod morskim dnom. Potres je nastal na primični ali konvergentni meji med ploščo Nazca in Južnoameriško ploščo, na območju Perujsko-čilskega jarka. Tu se plošča Nazca proti vzhodu podriva (subdukcija) pod Južnoameriško s povprečno hitrostjo 65 milimetrov na leto. Nastanek Andov je posledica primikanja teh dveh plošč (NEIC, 2014a; NEIC, 2014b). Perujsko-čilski jarek je oceanski jarek na vzhodnem delu Tihega oceana in poteka ob zahodni obali Južne Amerike. Njegova dolžina je približno 5900 kilometrov, največjo globino 8065 metrov pod morskim dnom pa doseže na območju Richard-

sove globeli, imenovane po britanskem admiralu siru Georgeu Henryju Richardsu (1820–1896). Na območju jarka so se zgodili številni zelo močni potresi, med njimi tudi potres 22. maja 1960, ki je z navorno magnitudo 9,5 najmočnejši do zdaj instrumentalno zabeležen potres na svetu. Njegovo nadžarišče je bilo približno 2000 kilometrov južno od tokratnega potresa (Peru-Chile Trench, 2015). Potres 1. aprila 2014 je nastal v območju, kjer zelo močnih potresov že dolgo ni bilo (od potresa magnitude 8,8 leta 1877). Imenuje se tudi Severnočilska oziroma Iquiqueška seizmična vrzel. Povečana potresna dejavnost tega dela preloma se je začela 16. marca 2014 s potresom magnitude 6,7. Sledilo mu je več deset potresov z magnitudo več kot 4,0, 16 z magnitudo več kot 5,0 in trije z magnitudo 6,2 (17., 22. in 23. marca). Pričakovan je bil močen potres, pri katerem bi se lahko aktiviral tudi do 600 kilometrov dolg prelom. Potres 1. aprila ob 23.46 po UTC na srečo ni imel take razsežnosti, saj se je aktiviralo le okoli 200 kilometrov preloma. Glavnemu potresu so nato sledili številni popotresi, najmočnejši 3. aprila z magnitudo 7,7. Potres je povzročil tudi cunami, ki je 20 minut po potresu zadel obalo pri mestu Iquique (največja višina valov je bila 2,11 metra). Štiri osebe so izgubile življenje zaradi srčnega zastoja, dve pa zaradi poškodb, ki so jih povzročili padajoči predmeti. Motena je bila dobava elektrike in vode. Potres so čutili v Čilu, Peruju in Boliviji (2014 Iquique earthquake, 2015; NEIC 2014b).

Potresni valovi P (vzdolžni ali longitudinalni valovi) najmočnejšega potresa leta 2014 so do potresne opazovalnice na Golovcu v Ljubljani (LJU), ene izmed 26 opazovalnic državne mreže potresnih opazovalnic RS (Vidrih in drugi, 2006), potovali približno 14 minut. Oddaljenost opazovalnice LJU od izvora potresa je približno 101 stopinja oziroma okoli 11.210 kilometrov ($1^\circ \approx 111$ km). Na sliki 2 je prikazan 100 minut dolg trikomponentni zapis tega potresa na potresni opazovalnici LJU z označenimi prihodi nekaterih faz potresnega valovanja.



Slika 2: Trikomponentni zapis potresa 1. aprila 2014 magnitude 8,2 pod morskim dnem blizu obale Čila na potresni opazovalnici LJU državne mreže potresnih opazovalnic. Prikazan je 100 minut dolg zapis.

Figure 2: Three-component seismogram of earthquake on 1 April 2014 (MW=8.2) offshore Chile, as recorded on LJU station. The figure shows 100 minutes long record.

Največ žrtev leta 2014 je zahteval potres, ki se je zgodil 3. avgusta ob 8. uri in 30 minut po svetovnem času (ob 16.30 po lokalnem času) na jugozahodu Kitajske, v pokrajini Junan. Magnituda potresa je bila 6,2. Nadžarišče potresa je bilo 11 km zahodno od mesta Venping v okrožju Ludian. Potres je zahteval 617 življenj. Poškodovanih ali uničenih je bilo več kot 40 tisoč zgradb (2014 Ludian Earthquake, 2015). Potres je nastal na zmičnem prelomu znotraj Evrazijske plošče, blizu območja trka med Indijsko in Evrazijsko ploščo, katerega posledica je nastanek in dvigovanje Himalaje. Močni potresi so v pokrajini Junan precej pogosti. V zadnjem stoletju se je tu zgodilo 27 potresov z magnitudo enako ali večjo 6,0. Potresi so tu pogosto rušilni in zahtevajo človeška življenja, saj so zgradbe tega pretežno kmetijskega področja zaradi slabe gradnje zelo ranljive (slika 3) (NEIC, 2014c).



Slika 3: Zhoujiaping, po potresu 3. avgusta 2014

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/2014_Ludian_earthquake#/media/File:Zhoujiaping_after_Ludian_earthquake.jpg

Figure 3: Zhoujiaping, after the earthquake on 3 August 2014.

(Source: http://en.wikipedia.org/wiki/2014_Ludian_earthquake#/media/File:Zhoujiaping_after_Ludian_earthquake.jpg)

Enaindvajsetega julija ob 14. uri in 54 minut po svetovnem času (ob 2.54 po lokalnem času) je območje otočja Fidži stresel potres z navorno magnitudo 6,9. Z žariščem na globini 616 km je bil to najgloblji potres leta 2014. Nastal je na območju primičnega stika med Avstralsko in Tihomorsko ploščo, ki je eno izmed potresno najbolj dejavnih na Zemlji. Na območju Tongovskega jarka se Tihomorska plošča podriva pod Avstralsko s hitrostjo od 75 mm na leto na južnem delu do 90 mm na leto na severnem delu jarka (NEIC, 2014d). Hladna oceanska litosfera v območju podrivanja ohranja svojo togost do globine več kot 700 km, zato v Wadati-Benioffovi coni nastajajo najgloblji znani potresi. Od leta 1950 je območje Fidžija streslo več tisoč potresov z magnitudo večjo od 4,0 in z globino žarišča, večjo od 600 kilometrov (NEIC, 2015).

Najmočnejši potres v Evropi se je zgodil 24. maja 25 minut čez 9. uro po svetovnem času (11.25 po lokalnem času) v bližini grškega otoka Samothraki, 22 km jugozahodno od mesta Kamariotissa. Magnituda potresa je bila 6,9, globina pa 7 km pod dnom severnega dela Egejskega morja (NEIC, 2014e). Potres je povzročil nekaj škode na turškem otoku Gökçeada in v mestih Edirne in Çanakkale, kjer je bilo poškodovanih 13 mošej in dve cerkvi. Nekaj poškodb je bilo tudi na grškem otoku Lemnos. Potres so čutili v Grčiji, Turčiji, Bolgariji in na jugu Romunije (2014 Aegean Sea earthquake, 2014).

Viri in literatura

- 2014 Aegean Sea earthquake. Wikipedia [online] (posodobljeno 3. 12. 2014). http://en.wikipedia.org/wiki/2014_Aegean_Sea_earthquake
(uporabljeno 23. 3. 2015).
- 2014 Iquique earthquake. Wikipedia [online] (posodobljeno 1. 3. 2015). http://en.wikipedia.org/wiki/2014_Iquique_earthquake
(uporabljeno 23. 3. 2015).
- 2014 Ludian earthquake. Wikipedia [online] (posodobljeno 12. 1. 2015). http://en.wikipedia.org/wiki/2014_Ludian_earthquake#
(uporabljeno 23. 3. 2015).
- Lapajne, J., 2013. Inženirsko seizmološki terminološki slovar [Elektronski vir], Amebis d.o.o., Kamnik in Agencija RS za okolje, Ljubljana (Zbirka Termania). <http://www.termania.net/slovarji/131/seizmosloski-slovar>
(uporabljeno 17. 3. 2015).
- Flinn-Engdahl regions. Wikipedia [online] (posodobljeno 29. 11. 2014). http://en.wikipedia.org/wiki/Flinn-Engdahl_regions
(uporabljeno 17. 3. 2015).
- NEIC, 2014a. 2014 Significant Earthquakes Archive. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2014/>
(uporabljeno 17. 3. 2015).
- NEIC, 2014b. M8.2 – 94km NW of Iquique, Chile. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center (posodobljeno 29. 5. 2014). <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usc000nzvd#general>
(uporabljeno 19. 3. 2015).
- NEIC, 2014c. M6.2 – 11 km W of Wenping, China. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center (posodobljeno 29. 10. 2014). <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000rzmz#general>
(uporabljeno 23. 3. 2015).
- NEIC, 2014d. M6.9 – 99 km NNE of Ndoi Island, Fiji. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center (posodobljeno 17. 10. 2014). <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000ruzk#general>
(uporabljeno 30. 3. 2015).
- NEIC, 2014e. M6.9 – 22 km SSW of Kamariotissa, Greece. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center (posodobljeno 23. 8. 2014). <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000r2hc#general>
(uporabljeno 23. 3. 2015).
- NEIC, 2015. Search Earthquake Archive. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
(uporabljeno 17. 3. 2015).
- Peru-Chile Trench. Wikipedia [online] (posodobljeno 16. 3. 2015). http://en.wikipedia.org/wiki/Peru%E2%80%93Chile_Trench
(uporabljeno 19. 3. 2015).
- Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., Gosar, A., Godec, M., Živčič, M., 2006. Državna mreža potresnih opazovalnic. Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 287 str.