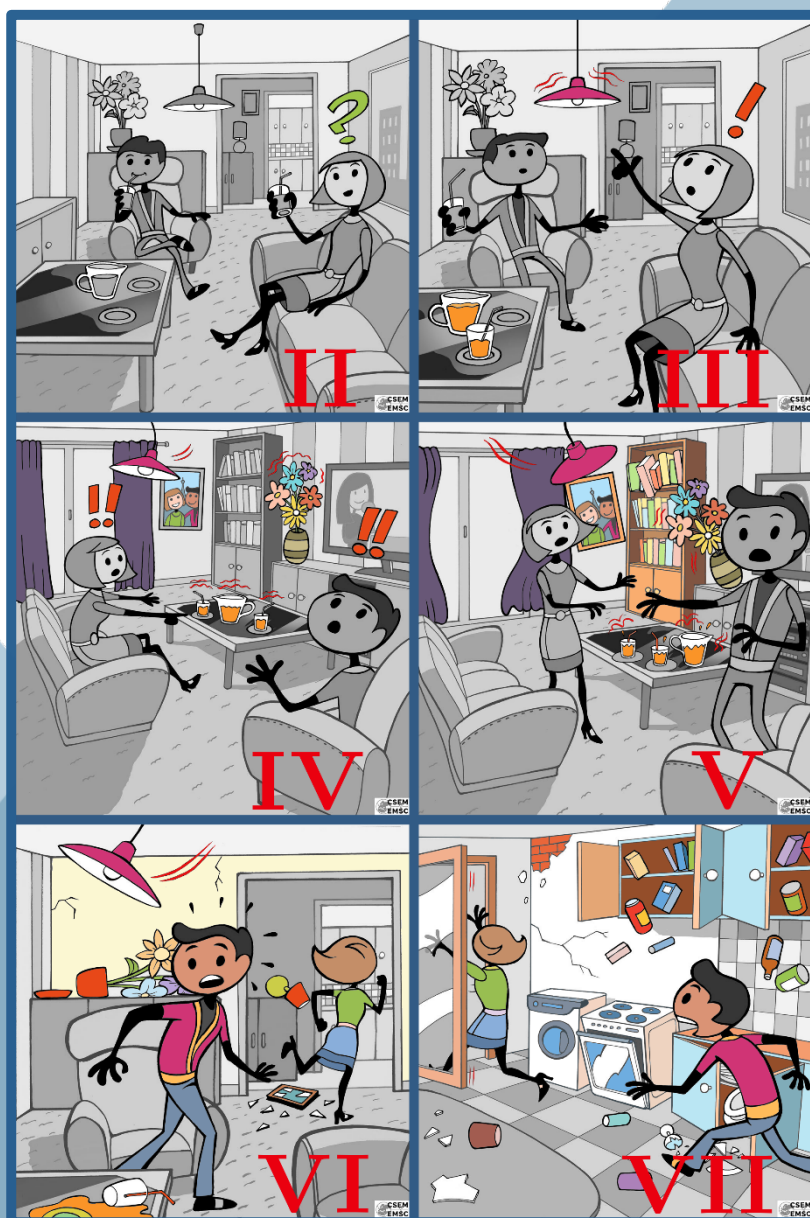




Potresi v letu 2023

Earthquakes in 2023



Potresi v letu 2023, letnik 33

Izdajatelj

Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo
Agencija Republike Slovenije za okolje
Vojkova 1b,
Ljubljana
Spletni naslov: www.arso.gov.si
e-naslov: gp.arso@gov.si

Glavni urednik

mag. Tamara Jesenko

Uredniški svet

Ina Cević
dr. Martina Čarman
Anita Jerše Sharma
Milka Ložar Stopar
Matej Nemec
Jurij Pahor
mag. Igor Pfundner
Tatjana Prosen
dr. Gregor Rajh
dr. Barbara Šket Motnikar
Polona Zupančič
dr. Blaž Vičič

Oblikovanje

Miha Lanjšček

Naslovnica:

Na naslovnici so piktogrami, ki jih uporabljamo za določanje intenzitete potresa. Vsak od piktogramov ustreza določeni intenziteti. Učinki potresa te intenzitete so ilustrirani na posameznem piktogramu (intenziteta je zapisana v desnem spodnjem kotu). Značilni učinki potresa posamezne intenzitete so obarvani, da so čimbolj opazni, ostali deli piktograma pa so črnobeli.

Cover Page:

The cover features pictograms that we use to determine the intensity of an earthquake. Each pictogram corresponds to a specific intensity, and the effects of an earthquake at that intensity are illustrated within the individual pictogram (the intensity is noted in the lower right corner). The characteristic effects of the earthquake for each intensity are colored to be visible as possible, while the other parts of the pictogram are black-and-white.

Publikacijo je dovoljeno razširjati pod pogoji Creative Commons licence CC BY-NC-ND 4.0 v celoti ali po delih, nekomercialno, brez sprememb in z navedbo vira.



Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID 1234567890

ISSN 1318 – 4792

Kazalo

<i>Anita Jerše Sharma, Tamara Jesenko, Tatjana Prosen</i> Potresi v Sloveniji leta 2023 Earthquakes in Slovenia in 2023	5
<i>Milka Ložar Stopar, Mladen Živčić</i> Žariščni mehanizmi močnejših potresov v Sloveniji v letu 2023 Fault Plane Solutions of Earthquakes in Slovenia in 2023	27
<i>Tamara Jesenko</i> Najmočnejši potresi po svetu leta 2023 The World's Largest Earthquakes in 2023	33
<i>Izidor Tasič</i> Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2023 Seismic Network in Slovenia in 2023	44
<i>Marko Mali, Izidor Tasič, Igor Pfundner, Bojan Uran, Jože Prosen, Matej Nemec</i> Delovanje Državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2023 Operation of the seismic network of the Republic of Slovenia in 2023	52
Dogodki v letu 2023 Events in 2023	61
Objave v letu 2023 Publications in 2023	71

Predgovor

Izšla je triintrideseta zaporedna publikacija Urada za seizmologijo Agencije Republike Slovenije za okolje »Potresi v letu ...«. Publikacija obravnava potresno dejavnost doma in po svetu. Predstavlja tudi delovanje državne mreže potresnih opazovalnic.

V prvem članku je opisana potresna dejavnost v Sloveniji. Potresne opazovalnice so zabeležile 1994 lokalnih potresov, prebivalci različnih območij Slovenije so jih čutili vsaj 236. Od tega je en potres dosegel intenziteto V EMS-98, štirje potresi pa intenziteto IV–V EMS-98. Največjo intenziteto v Sloveniji (V EMS-98) je dosegel potres 29. julija ob 17.34 po UTC z lokalno magnitudo 4,0 in nadžariščem pri Trsteniku (Hrvaška). Ker se je zgodil v neposredni bližini meje s Slovenijo, ga štejemo med lokalne potrese. Prebivalci Slovenije so leta 2023 čutili tudi devet bolj oddaljenih potresov.

Sledi prispevek, v katerem so predstavljeni žariščni mehanizmi devetih močnejših lokalnih potresov, za katere smo zbrali zadostno število seizmogramov, da smo lahko na navpični komponenti zapisa posamezne opazovalnice odčitali smer vstopa vzdolžnega valovanja. Lokalna magnituda obravnavanih potresov je v razponu od 2,2 do 4,0. Žariščni mehanizem večine nakazuje na kombinacijo zmika in nariva.

Med močnimi potresi v svetu so za leto 2023 v preglednici predstavljeni tisti, ki so dosegli ali presegli magnitudo 6,5 (5,5 za evropsko in sredozemsko območje) oziroma povzročili večjo gmotno škodo ter zahtevali človeška življenja. Potresi so leta 2023 vzeli vsaj 64.343 življenj, največ po letu 2010. Večino sta zahtevala dva močna potresa z žariščem v jugovzhodni Turčiji, v bližini meje s Sirijo, ki sta se zgodila 6. februarja, le nekaj ur narazen. Prvi izmed njiju je bil z magnitudo 7,8 tudi najmočnejši potres leta 2023.

Leta 2023 je na območju Slovenije delovalo 26 potresnih opazovalnic državne mreže, ki so opremljene s širokopasovnim seizmometrom in s pospeškometrom. V različnih časovnih obdobjih tega leta je delovalo še 17 dopolnilnih potresnih opazovalnic, ki so opremljene z raznovrstno seizmološko opremo. ARSO upravlja še sedem opazovalnic, ki tvorijo mrežo SLO Karst NFO in so del projekta "Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS".

Sledi članek o analizi delovanja potresnih opazovalnic v letu 2023 in učinkovitosti pridobivanja podatkov. Predstavljene so še najpomembnejše izvedene posodobitve. Podali smo tudi analizo izpadov več potresnih opazovalnic hkrati. Posebno pozornost smo namenili predvsem tako imenovanim kritičnim izpadom, pri katerih več kot 75 % potresnih opazovalnic (20 ali več) izpade za več kot 5 minut. V letu 2023 smo imeli 5 takšnih izpadov. Do večje izgube seizmoloških podatkov je v letu 2023 prišlo na opazovalnicah CRNS in KOGS.

Publikacijo zaključuje popis dogodkov, ki smo se jih sodelavci Urada za seizmologijo v letu 2023 udeležili oziroma jih organizirali sami, ter seznam objav, pri izdaji katerih smo sodelovali v tem letu.

Ob izidu publikacije Potresi v letu 2023 se sodelavci Agencije Republike Slovenije za okolje, Urada za seizmologijo, zahvaljujemo vsem prebivalcem različnih območij Slovenije, ki so nam z odgovori na makroseizmične vprašalnike pomagali k boljši oceni potresnih parametrov. Skupno smo prejeli 23.048 izpolnjenih vprašalnikov iz 2340 naselij.

Želimo vam prijetno branje.

Anita Jerše Sharma, Tamara Jesenko, Tatjana Prosen

Potresi v Sloveniji leta 2023

Earthquakes in Slovenia in 2023

Povzetek

Leta 2023 je bila potresna dejavnost v Sloveniji povprečna glede na podatke zadnjih 20 let. Državna mreža potresnih opazovalnic je zabeležila 1994 potresov v Sloveniji ali bližnji okolici, 36 izmed njih je imelo magnitudo vsaj 2,0. Najmočnejši potres z nadžariščem v Sloveniji z lokalno magnitudo 3,3 se je zgodil 11. septembra ob 13.21 po univerzalnem koordiniranem času (UTC) v bližini Levpe (občina Kanal ob Soči). Največja intenziteta tega potresa je bila IV po evropski potresni lestvici (EMS-98). Največjo intenziteto v Sloveniji, in sicer V EMS-98, je dosegel potres 29. julija ob 17.34 po UTC z lokalno magnitudo 4,0 z nadžariščem pri Trsteniku (Hrvaška) v neposredni bližini meje s Slovenijo. Prebivalci Slovenije so leta 2023 čutili vsaj 236 lokalnih potresov in devet bolj oddaljenih. Dva od njih sta imela žarišče na Hrvaškem, eden v Bosni in Hercegovini, dva v Avstriji ter štirje v Italiji.

Abstract

In 2023, earthquake activity in Slovenia was average, compared to the data of the last 20 years. The Seismic Network of the Republic of Slovenia recorded 1994 local earthquakes. There were 36 earthquakes with a local magnitude equal to or higher than 2.0. The strongest earthquake with an epicentre in Slovenia in 2023, with a local magnitude of 3.3, occurred on 11 September at 13:21 UTC near Levpa in municipality Kanal ob Soči. Its maximum intensity was IV EMS-98. The maximum intensity in Slovenia in 2023 was V EMS-98 and was reached by an earthquake on 28 July at 17:34 UTC with local magnitude 4.0 with epicentre near Trstenik (Croatia), near Slovenian border. In 2023 the inhabitants of Slovenia felt at least 236 local earthquakes and 9 regional earthquakes (two with its epicentre in Croatia, one in Bosnia and Herzegovina, two in Austria and 4 in Italy).

Uvod

Leta 2023 je v državni mreži delovalo 26 digitalnih potresnih opazovalnic z neprekinjenim prenosom podatkov v podatkovno središče na Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO) in rezervno središče na observatoriju na Golovcu, oboje v Ljubljani (Vidrih in drugi, 2006; ARSO, 2024). Mrežo dopolnjuje 24 začasnih opazovalnic z neprekinjenim prenosom podatkov (Tasič, 2024) in deset šolskih seizmografov za poučne namene (Čarman in drugi, 2023), ki smo jih leta 2022 začeli vključevati v določevanje parametrov potresa. Poleg tega so se v stvarnem času zbirali tudi podatki nekaterih tujih potresnih opazovalnic v okviru osrednje- in vzhodnoevropske seizmološke raziskovalne mreže (Central and East European Earthquake Research Network – CE3RN, 2024). Podatki opazovalnic sosednjih držav omogočajo natančnejši izračun parametrov potresov, katerih nadžarišča so blizu državne meje.

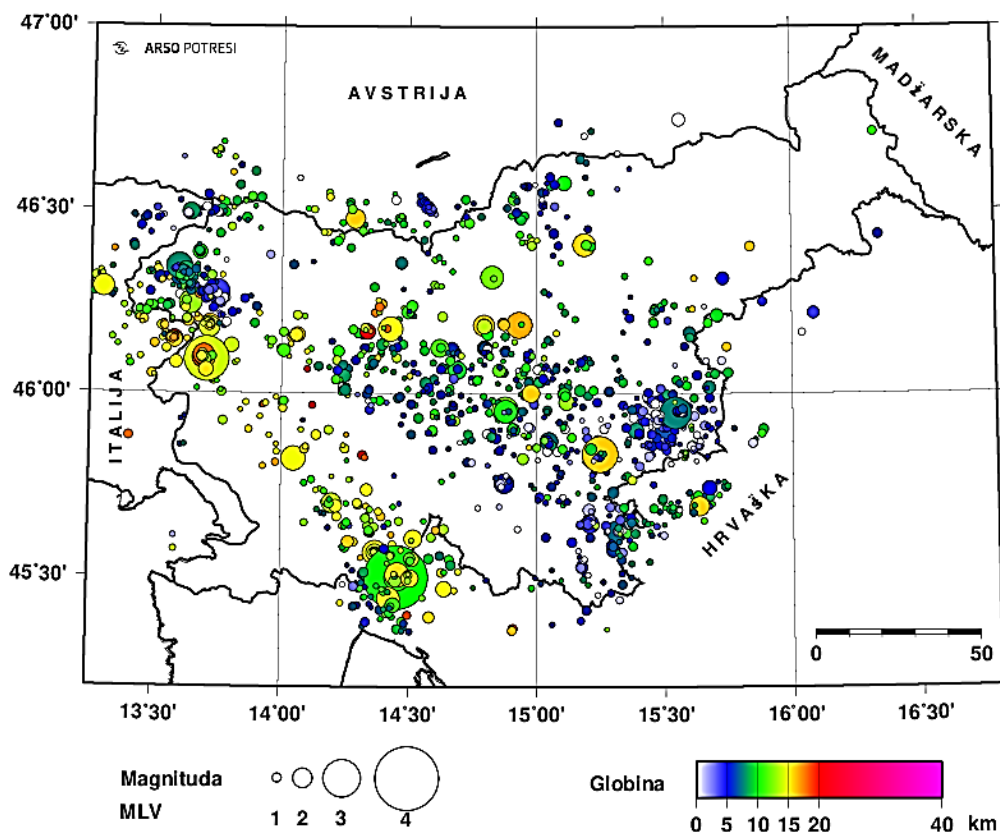
Za spremljanje potresne dejavnosti Slovenije ni pomembno le instrumentalno beleženje potresov, temveč tudi zbiranje podatkov o njihovem učinku na ljudi, predmete, stavbe in naravo, saj je intenziteta potresa v posameznem naselju ocenjena na podlagi vprašalnikov o učinkih potresa. Vprašalnike po potresu pošljemo registriranim prostovoljnim poročevalcem ali pa jih občani sami izpolnijo na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje (<http://potresi.arso.gov.si/vprasanik>). Makroseizmičnih podatkov, predvsem za nižje intenzitete, ne bi bilo mogoče zbrati brez pomoči prostovoljnih poročevalcev. Maja 2024 je bilo registriranih 3850 aktivnih poročevalcev, leta 2023 se je registriralo kar 411 novih poročevalcev. Veseli nas, da njihovo število iz leta v leto narašča.

Registriranim poročevalcem smo leta 2023 poslali 15.153 makroseizmičnih vprašalnikov za 31 potresov, izpolnjenih pa je bilo 5175 vprašalnikov (34 odstotkov). Skupno smo prejeli 23.048 izpolnjenih vprašalnikov (zaprošenih ali poslanih na lastno pobudo) iz 2340 naselij, med katerimi je bilo:

- 16.901 poročil, da so zaznali potres,
- 4703 poročil, da niso zaznali potresa,
- 1444 poročil, ki se niso nanašala na potrese (rudniški dogodek, razstreljevanje, promet, brez podane lokacije idr.).

Potresna dejavnost v Sloveniji leta 2023

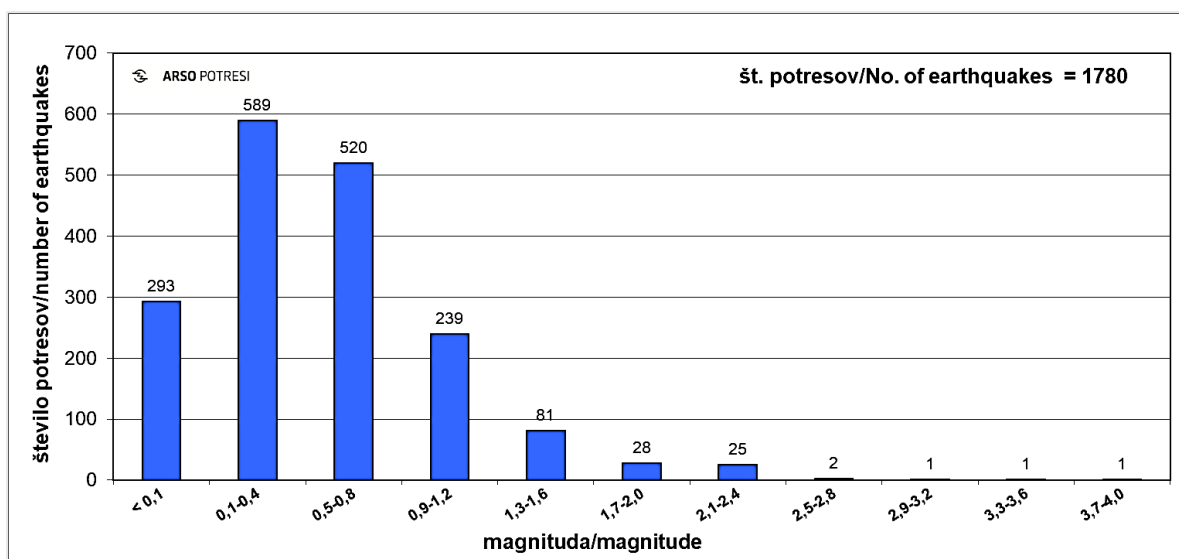
Potresne opazovalnice državne mreže so leta 2023 zabeležile 1994 lokalnih potresov z žariščem v Sloveniji ali njeni bližnji okolici. Lokalni potresi so tisti, ki so nastali v Sloveniji ali njeni bližnji okolici (do 50 km od najbližjega slovenskega obmejnega kraja). Za oddaljene potrese veljajo tisti potresi, katerih žarišče je od Ljubljane oddaljeno več kot 11 stopinj (nekaj več kot 1200 km, $1^\circ \approx 111$ km). Preostale potrese imenujemo bližnji oziroma regionalni potresi. Seizmografi so zapisali tudi številna (548) umetno povzročena tresenja tal zaradi razstreljevanja ali rudniške dejavnosti.



Slika 1: Potresi v Sloveniji in bližnji okolici leta 2023, ki smo jim določili žariščni čas (čas nastanka potresa), koordinati nadžarišča in globino žarišča. Barva simbola ponazarja žariščno globino, njegova velikost pa lokalno magnitudo M_{LV} . Potresi so zrisani kronološko, zato lahko poznejši potres zakrije predhodnega na istem območju.

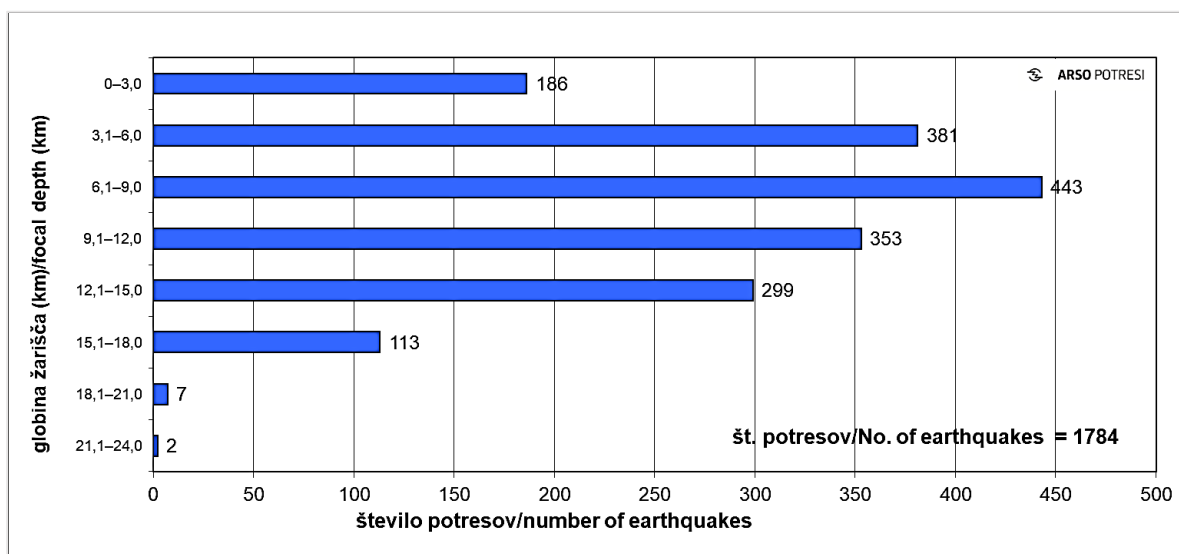
Figure 1: Distribution of local earthquake epicentres in 2023, with calculated hypocentral time, epicentral coordinates, and focal depth; the coloured symbols of varying sizes denote focal depth and local magnitude (M_{LV}). The earthquakes are plotted chronologically, therefore subsequent stronger earthquakes may overlap previous weaker ones with the same epicentre. Magnituda = magnitude; Globina = depth

Za 1784 lokalnih potresov smo zbrali dovolj podatkov, torej zapisov z vsaj treh opazovalnic, da smo lahko izračunali lokacijo nadžarišča. Za 1780 izmed njih smo lahko določili tudi magnitudo (slika 1). Po podatkih za obdobje od 2000 do 2020 se v Sloveniji vsako leto v povprečju zgodi 34 potresov z lokalno magnitudo vsaj 2,0. Ko iz kataloga odstranimo pred- in popotrese, bi bilo povprečno 24 takih dogodkov letno. Trije potresi na leto imajo v povprečju lokalno magnitudo vsaj 3,0 (ARSO, 2023). Leta 2023 je 36 potresov imelo lokalno magnitudo vsaj 2,0, dva potresa pa magnitudo vsaj 3. Potresna dejavnost v Sloveniji leta 2023 je bila zelo blizu dolgoletnemu povprečju, kot kaže (slika 2) porazdelitev lokalne magnitude (M_{LV}). 98 odstotkov vseh lociranih potresov je imelo lokalno magnitudo manjšo od 2,0. Večina potresov v Sloveniji in bližnji okolici je imela žarišča do globine 21 kilometrov, le dva potresa pa sta imela žarišče globlje (slika 3).



Slika 2: Porazdelitev magnitude (M_{LV}) potresov v Sloveniji leta 2023

Figure 2: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2023 with respect to M_{LV} magnitude



Slika 3: Porazdelitev globine žarišča potresov v Sloveniji leta 2023 (v kilometrih)

Figure 3: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2023 with respect to focal depth (in kilometres)

Največjo intenziteto v Sloveniji v letu 2023 je imel potres z nadžariščem pri Trsteniku (Hrvaška) južno od Snežnika v neposredni bližini meje s Slovenijo in ga zato prištevamo k lokalnim potresom. Njegova intenziteta je bila V EMS-98. Zgodil se je 29. julija ob 17.34 po univerzalnem koordiniranem času (UTC) z lokalno magnitudo 4,0. Najmočnejši potres z nadžariščem v Sloveniji, z lokalno magnitudo 3,3, pa se zgodil 11. septembra ob 13.21 po UTC z nadžariščem v bližini Levpe na planoti Banjščice (občina Kanal ob Soči). Največja intenziteta tega potresa je bila IV EMS-98.

V preglednici 1 so osnovni podatki za 86 lokalnih potresov z izračunano magnitudo vsaj 1,5, med katerimi so jih prebivalci Slovenije čutili 67. Poleg teh je navedenih še 169 šibkejših potresov, ki so jih prebivalci Slovenije čutili in smo jim lahko izračunali lokacijo nadžarišča. Med lokalne potrese upoštevamo potrese z nadžariščem v Sloveniji ali bližnji okolici, zato so v preglednici 1 navedeni tudi potresi z žariščem na Hrvaškem (24), v Italiji (6) in v Avstriji (2), ki so se zgodili v bližini meje s Slovenijo. Za vsak potres so navedeni datum (leto, mesec, dan), žariščni čas (ura, minuta, sekunda) po UTC (univerzalni koordinirani čas, ki ga uporabljamo v seizmologiji in se od slovenskega lokalnega časa razlikuje za eno uro, v poletnem času pa dve uri), koordinati nadžarišča (zemljepisna širina °N, zemljepisna dolžina °E), globina žarišča (km), lokalna magnituda (M_{LV}) in največja intenziteta (I_{max}) po EMS-98 (Grünthal, 1998), ki jo je potres dosegel v Sloveniji. V stolpcu *Potresno območje* je za večino nadžarišč v Sloveniji napisano ime naselja, ki je najbližje nadžarišču in je navedeno v seznamu naselij Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS, 2018), za preostala (nadžarišče je več kot pet kilometrov oddaljeno od najbližjega naselja iz omenjenega seznama ali pa je zunaj slovenskih meja) smo toponim poiskali s storitvijo Google Zemljevidi (Google Maps, 2024). Ocena intenzitete po naseljih je najprej določena s samodejnim algoritmom na podlagi spletnih vprašalnikov o učinkih potresa. Vsakemu učinku, ki je podan na vprašalniku, algoritem pripiše stopnjo intenzitete, ki je za ta učinek najbolj značilna. Algoritmem nato povpreči intenziteto vseh učinkov vseh vprašalnikov iz danega naselja. Če je največja samodejna ocena intenzitete večja od IV EMS-98, ali če je taka ocena dežurnega seizmologa, smo ocene intenzitet za vsa naselja, v katerih so zaznali ta potres, tudi ročno preverili. Če podatki niso zadoščali za nedvoumno določitev intenzitete, smo potresu pripisali razpon vrednosti (na primer IV–V EMS-98). Kadar z razpoložljivimi podatki potresu nismo mogli določiti razpona vrednosti, smo mu pripisali oznako »čutili«.

Za določitev osnovnih parametrov potresov smo analizirali zapise na potresnih opazovalnicah državne mreže v Sloveniji, na dopolnilnih opazovalnicah (ARSO, 2024), na opazovalnicah mreže SLO Karst NFO (Šebela in drugi, 2023), postavljenih v okviru projekta RI-SI-EPOS (RI-SI-EPOS, 2024), ter na opazovalnicah sosednjih držav, ki jih dobivamo v stvarnem času. Uporabili smo tudi seizmološke biltene iz Avstrije (ZAMG, 2022–2023) in Hrvaške (GEOF-PMF, 2023). Žariščni čas, koordinati nadžarišča in žariščno globino smo določili iz časa prihoda vzdolžnega (P) in prečnega (S) valovanja na potresno opazovalnico. Potrese smo locirali s programom HYPOCENTER (Lienert in drugi, 1986; Lienert, 1994). Uporabili smo povprečni hitrostni model za ozemlje Slovenije, določen iz trirazsežnostnega modela za prostorsko valovanje (Michelini in drugi, 1998) in modela za površinsko valovanje (Živčić in drugi, 2000). Potresom, ki smo jim lahko določili le koordinati nadžarišča, smo za žariščno globino privzeli sedem kilometrov (Poljak in drugi, 2000). Lokalno magnitudo M_{LV} potresov smo določili iz največje hitrosti navpične komponente nihanja tal na potresnih opazovalnicah državne mreže in oddaljenosti nadžarišča do potresne opazovalnice. V preglednici 1 je navedena povprečna vrednost M_{LV} za opazovalnice v Sloveniji, ki so del državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO). Največja intenziteta (I_{max}), ki jo je potres dosegel na ozemlju Slovenije, je ocenjena po EMS-98.

Preglednica 1: Seznam lokalnih potresov leta 2023, ki so imeli lokalno magnitudo vsaj 1,5 in smo jim lahko izračunali žariščni čas, koordinati nadžarišča (epicentra) ter globino žarišča. Pri potresih, ki so jih ljudje čutili, je navedena še največja intenziteta v Sloveniji. V preglednici je tudi 169 potresov s sicer manjšo lokalno magnitudo, vendar so jih prebivalci Slovenije čutili in smo jim tudi lahko določili osnovne parametre. * – največja intenziteta v Sloveniji

Table 1: List of local earthquakes with $MLV \geq 1.5$ in 2023, and for which the hypocentral time, epicentral coordinates, and focal depth were calculated; the maximum intensity of the earthquakes felt in Slovenia is also provided. Information is included on 169 earthquakes of a lower magnitude felt by the inhabitants of Slovenia, for which we also calculated the hypocentral time, epicentral coordinates, and focal depth. * – maximal intensity in Slovenia

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	M_{LV}	I_{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	MLV	I_{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2023	1	1	2	25	44,3	46,12	14,68	7	28	0,9	čutili	Vinje
2023	1	5	4	29	33,5	45,95	14,82	10	19	0,8	III–IV	Vir pri Stični
2023	1	7	13	52	44,3	46,31	13,59	7	36	1,5	III	Čezsoča
2023	1	8	15	21	19,6	45,62	15,31	7	65	2,1	IV*	Mišinci, Hrvaška
2023	1	8	15	33	33,0	45,62	15,33	6	9	0,6	čutili*	Bubnjarački Brod, Hrvaška
2023	1	8	17	55	11,0	45,62	15,34	6	9	0,5	čutili*	Bubnjarački Brod, Hrvaška
2023	1	8	19	9	23,4	45,62	15,32	3	29	1,2	III–IV*	Jurovski Brod, Hrvaška
2023	1	13	3	50	21,8	45,80	15,08	6	13	0,6	III–IV	Straža
2023	1	15	15	33	31,4	46,50	13,76	9	37	1,4	III	Podkoren
2023	1	15	16	0	35,3	46,49	13,76	7	16	0,8	III	Podkoren
2023	1	17	17	29	46,5	45,73	15,30	7	16	1,3	III*	Sekulići, Hrvaška
2023	1	18	20	49	11,8	46,39	13,68	9	13	0,9	III	Bavšica
2023	1	30	22	45	0,6	46,12	14,67	6	44	1,5	III–IV	Žeje
2023	1	31	1	8	35,6	45,76	14,87	6	63	2,0	IV	Pleš
2023	1	31	16	29	27,1	46,21	13,44	11	24	1,3	čutili*	Montefosca (Čarni varh), Italija
2023	2	2	5	35	20,1	45,57	14,37	16	77	2,3	III–IV	Snežnik
2023	2	2	6	14	27,5	45,57	14,37	14	56	1,8	čutili	Snežnik
2023	2	2	10	32	10,4	46,21	14,63	13	18	1,2	III	Rudnik pri Radomljah
2023	2	2	18	7	57,6	45,98	15,12	13	50	1,7	III–IV	Roženberk
2023	2	3	2	28	39,9	46,06	14,44	8	11	0,5	čutili	Stranska vas
2023	2	8	18	32	3,8	46,50	13,73	5	18	1,0	IV	Rateče
2023	2	13	8	10	50,7	45,63	15,34	0	6	0,6	III*	Donji Bukovac Žakanjski, Hrvaška
2023	2	16	15	32	41,7	46,24	14,39	16	19	1,2	III–IV	Britof
2023	2	16	15	44	21,4	46,27	13,75	9	45	2,1		Mahavšček

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	MLV	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	MLV	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2023	2	16	15	44	28,7	46,28	13,75	4	18	2,3	III–IV	Mahavšček
2023	2	18	4	58	48,5	46,12	13,99	14	13	0,8	čutili	Cerkno
2023	2	18	17	40	51,5	46,31	15,73	5	20	1,5	čutili	Zgornja Sveča
2023	2	20	22	30	14,1	45,70	14,18	10	37	1,0	III	Slavina
2023	2	21	2	14	15,8	46,01	14,24	9	23	0,8	III	Podlipa
2023	2	21	22	33	8,9	45,96	14,01	15	26	0,9	II	Idrijska Bela
2023	2	23	14	16	5,9	46,03	15,01	9	9	1,0	čutili	Bistrica
2023	2	24	23	29	18,5	45,85	15,21	2	19	0,7	III	Zagrad pri Otočcu
2023	2	27	12	2	2,7	46,18	14,43	15	71	2,3	III–IV	Dragočajna
2023	2	27	17	3	30,9	46,18	14,41	18	10	0,8	III–IV	Dragočajna
2023	3	1	6	44	21,9	45,85	15,14	5	9	0,3	III–IV	Daljnj Vrh
2023	3	5	2	45	54,8	45,59	15,29	6	12	0,7	III–IV	Krasinec
2023	3	9	8	31	26,7	46,08	13,59	15	30	1,5	III	Ukanje
2023	3	10	0	45	37,2	45,88	15,14	11	37	1,1	čutili	Podturn
2023	3	10	5	30	14,0	46,12	14,62	10	20	1,0	III	Ihan
2023	3	14	7	49	22,0	46,05	13,72	14	23	1,4	III	Banjšice
2023	3	17	2	42	25,7	46,49	13,78	10	15	0,9	III	Kranjska Gora
2023	3	17	11	51	43,8	45,90	15,39	8	45	1,7	III	Mali Koren
2023	3	17	12	17	0,5	45,89	15,40	6	20	1,2	čutili	Mali Koren
2023	3	18	2	19	7,3	45,57	15,30	6	62	1,5	IV*	Sračak, Hrvaška
2023	3	18	15	43	46,5	46,13	13,80	14	29	1,6	čutili	Slap ob Idrijci
2023	3	20	12	7	31,4	46,12	14,62	11	50	1,9	III–IV	Ihan
2023	3	20	13	35	26,8	46,13	14,63	10	17	1,0	III	Goričica pri Ihanu
2023	3	21	23	53	33,9	46,09	14,45	13	11	0,6	III	Dvor
2023	3	23	18	58	59,5	46,10	14,45	14	31	1,0	čutili	Dvor
2023	3	23	20	23	6,7	46,07	15,08	7	28	0,8	čutili	Mali Kum
2023	3	25	19	48	0,3	45,70	14,20	14	71	2,0	III	Selce
2023	3	25	20	21	15,0	46,06	14,94	11	42	1,3	čutili	Dolgo Brdo
2023	3	27	5	51	33,9	45,95	14,88	10	78	2,2	IV	Grm
2023	3	29	19	5	3,4	45,64	15,27	4	4	<0,1	čutili	Gornje Dobravice

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	MLV	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	MLV	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2023	4	3	18	16	39,7	46,25	13,64	13	70	2,2	III-IV	Koseč
2023	4	6	19	23	9,4	45,69	15,63	7	22	1,4	III*	Malunje, Hrvaška
2023	4	8	3	6	41,7	45,93	14,85	11	20	0,8	III	Dob pri Šentvidu
2023	4	10	12	3	34,9	46,07	14,26	7	27	1,0	čutili	Srednji Vrh
2023	4	22	3	8	5,3	45,90	14,91	9	59	1,5	IV	Babna Gora
2023	4	23	7	19	31,8	45,45	14,38	11	25	1,4	čutili*	Klana, Hrvaška
2023	4	28	21	45	13,1	46,11	14,22	11	34	1,3	III	Bukov Vrh nad Visokim
2023	4	28	22	23	16,7	45,65	15,19	0	7	<0,1	čutili	Semič
2023	5	1	3	3	47,5	45,87	15,05	6	27	1,0	III-IV	Jordankal
2023	5	1	3	14	28,0	45,87	15,05	7	54	1,9	IV	Jordankal
2023	5	1	3	33	27,5	45,87	15,06	3	11	0,2	čutili	Jordankal
2023	5	1	4	24	59,1	45,86	15,05	4	13	0,3	čutili	Gorenji Globodol
2023	5	1	19	54	0,4	46,17	15,60	8	32	1,4	III-IV	Podčetrtek
2023	5	2	5	54	14,5	45,91	15,51	7	52	2,2	IV	Mrtvice
2023	5	2	10	25	9,0	45,87	15,06	0	5	0,2	čutili	Vrhpeč
2023	5	3	17	43	14,6	45,90	14,91	14	3	0,1	III	Babna Gora
2023	5	4	23	5	53,9	46,32	14,83	12	66	2,2	IV	Florjan pri Gornjem Gradu
2023	5	6	2	3	24,5	46,19	14,93	17	76	2,4	III-IV	Dobrljevo
2023	5	7	1	4	9,7	46,19	14,79	16	70	2,1	IV	Veliki Jelnik
2023	5	7	2	6	9,4	46,19	14,80	10	15	0,4	III	Jelša
2023	5	7	5	5	24,8	45,91	15,52	5	9	0,5	II	Mrtvice
2023	5	9	1	19	31,1	45,63	15,32	0	20	1,1	III*	Jurovski Brod, Hrvaška
2023	5	9	2	37	0,2	46,07	14,41	10	11	0,5	III	Hruševo
2023	5	11	4	45	40,3	45,86	15,45	6	9	1,0	čutili	Slivje
2023	5	13	10	25	7,9	46,23	13,50	14	20	1,0	II	Robič
2023	5	16	1	31	58,0	45,96	14,88	12	100	2,4	IV-V	Selo pri Radohovi vasi
2023	5	17	12	19	56,0	46,01	15,17	9	22	1,3	III	Šentjanž
2023	5	18	4	6	22,7	45,89	14,51	7	21	1,0	III-IV	Krvava Peč
2023	5	18	21	56	54,3	45,91	15,67	5	7	0,4	III	Mali Obrež
2023	5	23	20	33	31,1	46,41	15,19	16	57	2,2	III-IV	Kozjak

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	MLV	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	MLV	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2023	5	23	22	53	14,9	45,89	15,63	1	18	0,8	III-IV	Prilipe
2023	5	24	6	42	29,5	45,69	14,22	15	36	1,5	čutili	Trnje
2023	5	24	22	7	4,1	45,59	15,29	5	15	0,9	III-IV	Krasinec
2023	5	25	1	40	35,1	46,12	14,88	6	21	0,9	čutili	Laze pri Vačah
2023	5	25	4	0	40,8	45,58	15,30	7	12	1,0	III*	Velika Paka, Hrvaška
2023	5	29	10	14	53,4	45,53	15,18	3	13	0,9	III	Sela pri Dragatušu
2023	5	29	11	48	52,2	45,68	15,20	1	30	1,4	IV	Osojnik
2023	5	30	19	45	43,5	45,53	15,17	2	11	0,8	III-IV	Sela pri Dragatušu
2023	6	1	6	15	12,0	45,63	15,32	8	3	0,8	III*	Jurovski Brod, Hrvaška
2023	6	2	3	8	33,1	46,06	14,85	12	48	1,5	III-IV	Breg pri Litiji
2023	6	5	3	38	21,3	46,12	14,80	8	50	1,6	III-IV	Dešen
2023	6	5	8	57	33,4	46,12	14,80	7	31	1,4	III-IV	Dešen
2023	6	5	12	14	3,3	46,13	14,81	7	18	1,0	čutili	Slivna
2023	6	6	17	42	1,1	45,86	15,06	8	25	1,0	IV	Gorenji Globodol
2023	6	8	8	4	8,0	45,96	15,04	8	27	1,0	čutili	Migolica
2023	6	13	6	31	6,9	46,38	13,68	11	26	1,6		Bavšica
2023	6	16	12	38	50,9	46,02	15,68	8	20	1,5	III	Bizeljsko
2023	6	17	3	24	6,8	45,64	15,21	2	51	1,6	IV	Praprot
2023	6	17	3	26	49,4	45,64	15,21	5	38	1,3	III-IV	Praprot
2023	6	17	4	46	52,2	45,65	15,21	2	9	0,6	III	Sovinek
2023	6	17	8	53	16,6	45,65	15,21	4	50	1,9	IV	Sovinek
2023	6	17	14	51	5,3	45,65	15,38	9	6	0,6	III	Rakovec
2023	6	17	18	28	34,9	45,53	15,18	5	43	1,4	IV	Sela pri Dragatušu
2023	6	17	19	19	30,4	45,55	15,19	0	4	0,4	III	Golek
2023	6	18	9	48	10,7	45,53	15,17	3	12	1,0	čutili	Sela pri Dragatušu
2023	6	18	21	6	3,3	45,75	15,24	9	9	0,4	III	Veliki Cerovec
2023	6	20	19	1	32,0	45,95	14,87	10	16	1,1	čutili	Selo pri Radohovi vasi
2023	6	23	10	33	13,5	46,36	14,47	8	27	1,4	čutili	Spodnje Jezersko
2023	6	24	21	45	43,8	45,90	15,19	2	23	0,8	III-IV	Jelševce
2023	6	25	8	38	23,8	45,66	15,21	2	11	1,1	III-IV	Oskoršnica

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	MLV	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	MLV	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2023	6	25	9	52	47,4	45,65	15,20	4	37	1,5	III–IV	Sovinek
2023	6	27	19	43	11,5	45,69	15,29	3	28	1,0	III–IV	Bušinja vas
2023	6	30	1	24	5,3	45,74	14,34	15	39	1,4	III	Otok
2023	6	30	4	3	16,7	45,65	15,20	4	21	1,2	III	Sovinek
2023	7	2	11	50	23,3	45,64	15,23	13	5	0,7	III	Krupa
2023	7	4	20	9	8,9	45,82	14,95	13	36	1,3	čutili	Trebča vas
2023	7	8	20	3	48,5	45,91	15,51	4	21	1,0	III–IV	Mrtvice
2023	7	8	20	22	4,0	45,70	14,19	11	26	1,0	čutili	Selce
2023	7	9	9	43	45,9	45,86	15,05	6	26	0,9	IV	Jordankal
2023	7	9	21	33	32,7	46,15	13,58	20	54	1,8		Clodig (Hlodič), Italija
2023	7	9	21	33	39,7	46,14	13,58	16	13	1,7	III*	Clodig (Hlodič), Italija
2023	7	12	9	2	53,0	45,60	15,14	4	16	1,2	čutili	Naklo
2023	7	17	11	54	1,0	45,95	15,55	5	22	1,3	IV	Dolenja vas pri Krškem
2023	7	24	11	19	23,0	45,82	14,05	15	71	2,3	IV	Nanos
2023	7	25	17	55	26,1	46,16	14,88	9	19	0,9	III	Žvarulje
2023	7	29	0	13	49,1	45,50	14,44	14	86	1,9	čutili*	Trstenik, Hrvaška
2023	7	29	4	27	32,9	46,49	13,64	8	67	1,8	čutili*	Tarvisio (Trbiž), Italija
2023	7	29	16	59	0,7	45,50	14,44	10	24	1,3	čutili*	Trstenik, Hrvaška
2023	7	29	17	34	24,9	45,50	14,45	10	116	4,0	V*	Trstenik, Hrvaška
2023	7	30	6	29	49,2	46,19	13,72	16	47	2,0		Dolje
2023	7	30	6	29	53,4	46,18	13,72	14	29	2,1	IV	Dolje
2023	7	30	8	24	16,9	46,28	13,65	9	20	1,2	čutili	Lepena
2023	8	1	9	27	7,0	45,69	15,62	8	17	1,2	čutili*	Malunje, Hrvaška
2023	8	2	15	5	34,0	46,30	13,65	7	16	0,7	čutili	Lepena
2023	8	3	20	3	35,2	46,11	14,69	6	13	0,7	čutili	Klopce
2023	8	8	15	39	4,9	46,17	14,34	21	40	1,7		Lipica
2023	8	9	5	30	39,4	45,60	14,52	15	67	1,9	čutili*	Milanov vrh, meja Hrvaška-Slovenija
2023	8	9	17	6	47,7	45,50	14,46	10	93	2,4	III–IV*	Trstenik, Hrvaška
2023	8	9	18	44	4,9	45,51	14,46	16	68	2,3	III*	Trstenik, Hrvaška
2023	8	10	5	54	48,5	45,49	14,45	12	24	1,4	čutili*	Trstenik, Hrvaška

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	MLV	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	MLV	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2023	8	11	6	12	49,7	46,13	14,39	8	34	1,3	čutili	Vaše
2023	8	12	1	16	51,7	45,94	15,44	1	14	0,7	čutili	Brezje pri Senušah
2023	8	19	5	13	7,9	45,83	15,21	7	17	0,6	III–IV	Žihovo selo
2023	8	19	18	33	46,6	46,28	13,65	11	17	0,9	čutili	Drežniške Ravne
2023	8	20	4	48	50,4	46,48	14,29	16	53	2,0	čutili*	Zell (Sele), Avstrija
2023	8	24	21	34	1,2	45,87	15,23	6	6	0,2	čutili	Šmarješke Toplice
2023	8	25	2	26	31,3	45,88	15,24	4	4	<0,1	čutili	Brezovica
2023	8	25	14	53	44,8	45,87	15,22	0	10	0,5	čutili	Šmarješke Toplice
2023	8	26	7	16	16,3	45,44	14,42	16	58	2,2		Studena, Hrvaška
2023	8	28	21	57	28,0	45,81	15,13	2	4	0,3	čutili	Prečna
2023	8	29	7	15	44,2	45,88	14,84	5	18	1,2	IV	Kitni Vrh
2023	8	29	11	5	21,6	45,78	15,09	6	10	0,8	III–IV	Jurka vas
2023	9	9	1	42	34,3	46,44	14,16	14	17	0,7	čutili*	Stol, meja Avstrija-Slovenija
2023	9	9	4	30	49,1	46,14	15,06	8	11	0,7	čutili	Prapretno pri Hrastniku
2023	9	10	5	48	13,2	45,64	15,17	3	23	0,8	III	Trebnji Vrh
2023	9	10	11	23	49,3	45,64	15,17	3	18	0,8	III	Trebnji Vrh
2023	9	10	11	26	17,7	45,91	14,91	10	32	1,2	III–IV	Gombišče
2023	9	11	3	47	47,6	45,86	15,49	4	16	0,7	čutili	Šutna
2023	9	11	13	21	25,4	46,09	13,70	15	19	2,8		Levpa
2023	9	11	13	21	26,3	46,09	13,71	14	114	3,3	IV	Levpa
2023	9	11	13	22	8,4	46,10	13,69	13	12	2,1		Levpa
2023	9	11	13	24	17,7	46,10	13,70	18	80	2,2	IV	Levpa
2023	9	11	13	32	21,8	46,09	13,69	15	32	1,3	čutili	Levpa
2023	9	11	13	38	18,7	46,10	13,70	14	57	1,9	III	Levpa
2023	9	11	13	57	38,3	46,10	13,69	17	74	1,9	III	Levpa
2023	9	11	13	59	50,8	46,09	13,70	16	48	1,7	IV	Levpa
2023	9	11	14	14	8,2	46,09	13,70	16	59	1,8	III	Levpa
2023	9	11	15	20	10,4	46,09	13,70	15	43	1,5	čutili	Levpa
2023	9	11	15	22	25,6	46,09	13,70	16	79	1,9	čutili	Levpa
2023	9	12	19	29	57,5	45,84	15,25	9	19	1,0	čutili	Brezje

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	MLV	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	MLV	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2023	9	13	16	59	29,0	46,11	14,10	15	7	0,5	čutili	Hotavlje
2023	9	13	20	17	58,5	46,10	13,70	15	43	1,3	III–IV	Levpa
2023	9	14	20	23	27,1	46,10	13,69	18	63	2,1	III–IV	Levpa
2023	9	15	3	32	24,0	45,86	15,50	4	11	0,6	čutili	Šutna
2023	9	16	18	59	25,3	45,86	15,50	4	8	0,6	čutili	Šutna
2023	9	18	13	47	26,5	46,51	13,71	5	11	0,7	čutili*	v bližini tromeje Slovenija - Avstrija - Italija
2023	9	19	1	26	27,1	46,47	14,94	9	17	1,2	čutili	Jazbina
2023	9	20	16	2	39,2	45,50	14,51	16	53	1,8	čutili*	Trstenik, Hrvaška
2023	9	28	1	11	43,2	46,08	14,52	5	24	0,7	čutili	Ljubljana
2023	9	30	17	36	0,3	45,69	15,63	16	66	2,0		Gornja Reka, Hrvaška
2023	10	3	23	5	26,5	46,16	14,06	16	57	1,6		Gorenji Novaki
2023	10	3	23	12	8,2	46,16	14,06	16	49	1,5		Gorenji Novaki
2023	10	5	5	52	6,7	45,66	15,33	3	16	1,1	III–IV	Svržaki
2023	10	5	19	0	18,8	45,87	15,25	2	12	0,5	III–IV	Družinska vas
2023	10	5	20	57	6,8	46,16	14,81	10	44	1,3	III–IV	Golčaj
2023	10	7	12	54	1,3	45,88	15,47	6	13	1,0	čutili	Veliko Mraševo
2023	10	11	19	59	37,2	46,31	13,60	8	29	1,3	III	Kal-Koritnica
2023	10	18	11	30	54,7	45,93	14,54	9	16	1,2	čutili	Podgozd
2023	10	18	19	58	31,6	45,98	14,41	3	3	0,3	III–IV	Podpeč
2023	10	20	4	6	30,7	46,10	13,70	13	18	1,0	čutili	Levpa
2023	10	24	15	11	44,8	46,10	13,69	14	14	1,2	čutili	Levpa
2023	10	24	22	9	37,8	46,06	14,69	9	63	1,9	IV	Gabrje pri Jančah
2023	10	25	19	38	12,7	45,92	15,09	7	16	0,7	čutili	Stara Gora
2023	10	29	16	26	1,0	46,75	15,56	0	7	1,5		Leibnitz (Lipnica), Avstrija
2023	10	30	14	30	59,7	45,86	15,50	4	12	0,8	čutili	Šutna
2023	11	3	21	41	17,5	46,32	13,61	8	28	1,4	III–IV	Kal-Koritnica
2023	11	5	4	22	59,3	46,18	14,80	14	36	1,6	čutili	Veliki Jelnik
2023	11	5	13	1	5,2	46,33	13,62	6	28	1,5	čutili	Kal-Koritnica
2023	11	5	13	6	29,7	46,33	13,62	6	26	1,4	čutili	Lepena
2023	11	5	13	7	11,0	46,33	13,62	6	25	1,4	čutili	Lepena

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	MLV	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	MLV	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2023	11	5	20	3	27,3	46,32	13,61	9	9	0,7	čutili	Kal-Koritnica
2023	11	5	22	19	32,4	46,32	13,61	9	14	0,9	čutili	Kal-Koritnica
2023	11	5	23	1	1,1	46,34	13,59	8	79	2,4	IV	Kal-Koritnica
2023	11	5	23	4	48,4	46,34	13,58	5	11	0,7	čutili	Kal-Koritnica
2023	11	6	5	11	53,8	46,33	13,62	8	59	2,0	III–IV	Lepena
2023	11	6	9	4	51,7	46,32	13,61	8	12	0,9	čutili	Kal-Koritnica
2023	11	6	21	44	42,9	46,22	13,47	11	16	1,0	čutili*	Montefosca (Čarni varh), Italija
2023	11	7	0	26	58,0	46,33	13,48	11	12	0,8	čutili	Log Čezsoški
2023	11	7	1	47	15,6	46,21	15,71	10	26	1,5		Vrbišnica, Hrvaška
2023	11	7	19	8	24,0	46,33	13,61	6	13	1,0	čutili	Kal-Koritnica
2023	11	7	20	5	36,2	46,07	14,69	6	5	<0,1	čutili	Janče
2023	11	7	21	43	9,5	46,33	13,61	8	26	1,4	III	Kal-Koritnica
2023	11	8	1	38	55,3	46,31	13,52	6	41	1,4	III–IV	Log Čezsoški
2023	11	8	18	3	57,2	46,33	13,62	8	15	0,9	čutili	Kal-Koritnica
2023	11	11	2	10	18,2	45,83	15,24	9	83	2,4	IV	Gumberk
2023	11	11	2	10	58,9	45,83	15,24	7	14	1,7		Gumberk
2023	11	11	8	28	28,7	46,29	13,30	15	40	2,1	čutili*	Musi (Mužac), Italija
2023	11	11	17	19	14,5	45,83	15,25	16	78	2,9	IV–V	Brezje
2023	11	13	11	45	23,1	46,38	13,95	2	3	0,9	čutili	Debela peč
2023	11	15	0	20	34	45,69	15,32	2	27	0,8	čutili	Bojanja vas
2023	11	15	21	42	44,8	45,83	15,24	6	17	0,8	čutili	Gumberk
2023	11	17	18	37	44,3	45,55	14,51	14	33	1,6		Trstenik, Hrvaška
2023	11	17	20	55	7,3	46,33	13,62	7	11	1,0	čutili	Kal-Koritnica
2023	11	21	17	1	48,3	46,34	13,58	4	10	0,6	čutili	Kal-Koritnica
2023	11	22	20	21	1,4	46,12	14,01	11	26	1,5	III–IV	Podlanišče
2023	11	24	13	25	49,2	45,42	14,44	11	30	1,5		Studena, Hrvaška
2023	11	24	15	43	53,3	45,42	14,44	11	30	1,6		Studena, Hrvaška
2023	11	26	2	29	3,3	46,22	14,50	11	41	1,5	III–IV	Vopovlje
2023	11	26	2	46	52,5	46,22	14,50	10	15	0,8	čutili	Lahovče
2023	11	27	13	2	6,2	46,00	14,98	16	47	1,9	III–IV	Klanec pri Gabrovki

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	MLV	I _{max}	nadžariščno območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	MLV	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2023	11	27	16	53	53,6	46,22	15,11	8	9	0,8	čutili	Matke
2023	11	28	18	0	42,0	45,95	15,54	8	68	2,7	IV–V	Stari Grad
2023	11	29	11	4	51,2	45,84	15,26	8	3	0,7	čutili	Žerjavin
2023	11	29	13	52	47,1	45,95	15,55	4	22	1,0	IV	Dolenja vas pri Krškem
2023	12	1	9	45	53,8	45,95	14,88	10	48	2,2	IV–V	Grm
2023	12	2	7	2	16,0	46,24	14,51	11	23	1,3	čutili	Glinje
2023	12	3	17	10	21,6	46,33	13,63	7	20	0,9	čutili	Lepena
2023	12	3	23	37	31,4	45,95	15,55	6	29	1,0	IV	Dolenja vas pri Krškem
2023	12	4	10	58	11,0	46,13	15,58	6	16	0,9	čutili	Sela
2023	12	6	17	45	41,1	45,74	15,67	5	54	1,6		Kotari, Hrvaška
2023	12	8	20	45	13,4	46,15	15,04	8	10	0,8	III	Trbovlje
2023	12	9	16	38	51,2	45,95	15,56	5	14	0,7	III–IV	Dolenja vas pri Artičah
2023	12	10	14	13	2,9	45,47	14,64	15	43	1,7		Gerovo, Hrvaška
2023	12	13	18	58	3,4	45,75	14,86	1	11	0,7	čutili	Polom
2023	12	15	8	43	11,3	46,00	15,11	10	32	1,4	čutili	Hom
2023	12	20	4	22	42,0	45,86	15,63	2	7	0,4	čutili	Koritno
2023	12	22	7	46	11,7	45,85	15,21	9	19	1,3	IV	Herinja vas
2023	12	25	6	27	44,6	46,06	13,70	16	52	1,6	III–IV	Banjšice
2023	12	27	4	1	30,5	45,85	15,10	11	27	1,1	III–IV	Malenska vas
2023	12	27	7	19	58,9	46,24	13,56	11	18	0,9	čutili	Sužid
2023	12	29	0	12	52,3	46,01	14,25	8	57	1,3	čutili	Žažar

V preglednici 2 so navedeni bližnji (regionalni) potresi, ki so jih čutili tudi v Sloveniji. Ljudje so na ozemlju Slovenije čutili dva potresa z žariščem na Hrvaškem, enega v Bosni in Hercegovini, štiri v Italiji in dva v Avstriji. V preglednici je poleg datuma in časa (UTC) potresa, njegove magnitude in nadžariščne območja navedena še največja intenziteta, ki jo je posamezen potres dosegel v Sloveniji.

Preglednica 2: Seznam bližnjih (regionalnih) potresov, ki so jih čutili prebivalci Slovenije leta 2023
Table 2: List of regional earthquakes felt by the inhabitants of Slovenia in 2023

datum			čas (UTC)		magnituda	Imax v Sloveniji	nadžariščno območje
leto	mesec	dan	h	min	M _L	EMS-98	
date			time (UTC)		magnitude	Imax in Slovenia	epicentral area
year	month	day	h	min	M _L	EMS-98	
2023	1	26	10	45	4,0	II	Cesenatico, Italija
2023	2	16	9	47	4,8	IV	Bašćanska Draga na Krku, Hrvaška
2023	3	9	15	5	4,3	II	Umbertide, Italija
2023	3	30	20	26	4,3	IV	Gloggnitz, Avstrija
2023	4	2	20	15	1,9	IV	St. Veit an der Glan (Šentvid ob Glini), Avstrija
2023	7	12	7	12	1,7	čutili	Miloševac, Hrvaška
2023	10	25	13	45	4,2	čutili	Ceneselli, Italija
2023	10	28	15	29	4,3	čutili	Ceneselli, Italija
2023	12	30	20	43	4,7	III	Zenica, Bosna in Hercegovina

Učinki nekaterih močnejših potresov, ki so jih čutili prebivalci Slovenije

Na ozemlju Slovenije leta 2023 ni bilo potresov, ki bi povzročili gmotno škodo. Prebivalci so čutili skupno vsaj 245 potresov, 236 lokalnih in 9 regionalnih. Štirje potresi so dosegli intenziteto IV–V EMS-98, eden pa intenziteto V EMS. Nadžarišča potresov, ki so jih prebivalci čutili, so prikazana na sliki 4. Velikost kroga označuje lokalno magnitudo, barva pa največjo doseženo intenziteto potresa. Potresi na sliki 4 niso prikazani kronološko, temveč od največje magnitude do najmanjše, da močnejši potresi ne bi zakrili šibkejših.

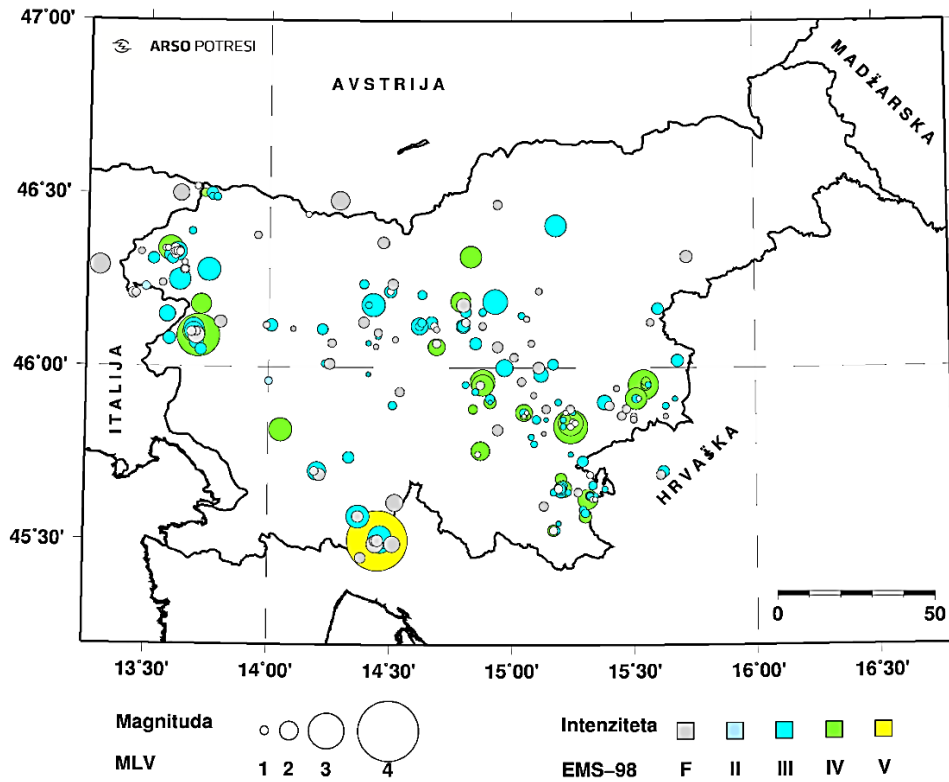
Na sliki 5 so prikazana vsa naselja, iz katerih smo dobili podatke, da so ljudje čutili učinke vsaj enega potresa. Barva in oznaka na sliki opredeljujeta največjo intenziteto, doseženo v posameznem naselju leta 2023.

V nadaljevanju je opisanih pet potresov, ki so imeli največje učinke. Eden je dosegel učinke V EMS-98, ostali štirje pa učinke IV–V EMS-98. Za vsakega izmed njih je prikazana karta intenzitete po naseljih (slike 6 do 10) z vrisanim instrumentalno določenim nadžariščem. Regionalni potresi, ki so se zgodili leta 2023 in so jih prebivalci Slovenije čutili, na območju Slovenije niso presegli intenzitete IV EMS-98.

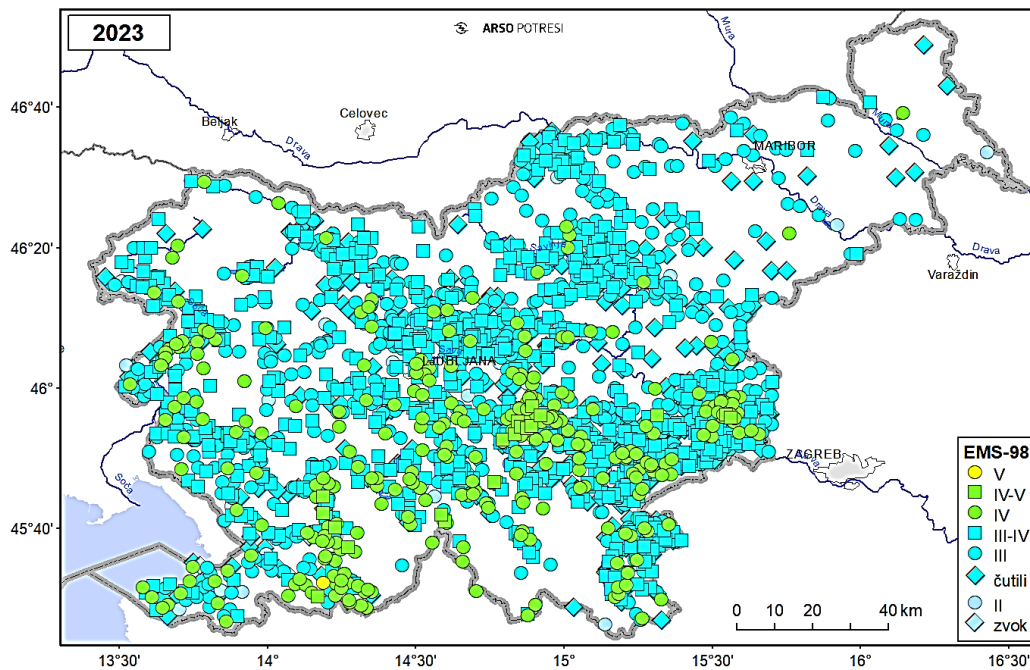
Intenziteta potresa v posameznem naselju je ocenjena na podlagi vprašalnikov o učinkih potresa. Vprašalnike po potresu pošljemo registriranim prostovoljnim poročevalcem ali pa jih občani sami izpolnijo na spletnih straneh:

- ARSO (<http://potresi.arso.gov.si/vprasanik>) ali
- evropsko-sredozemskega seizmološkega centra EMSC (https://www.emscsem.org/Earthquake/Contribute/choose_earthquake.php).

V nadaljevanju so vse navedene magnitude lokalne (M_{LV}).



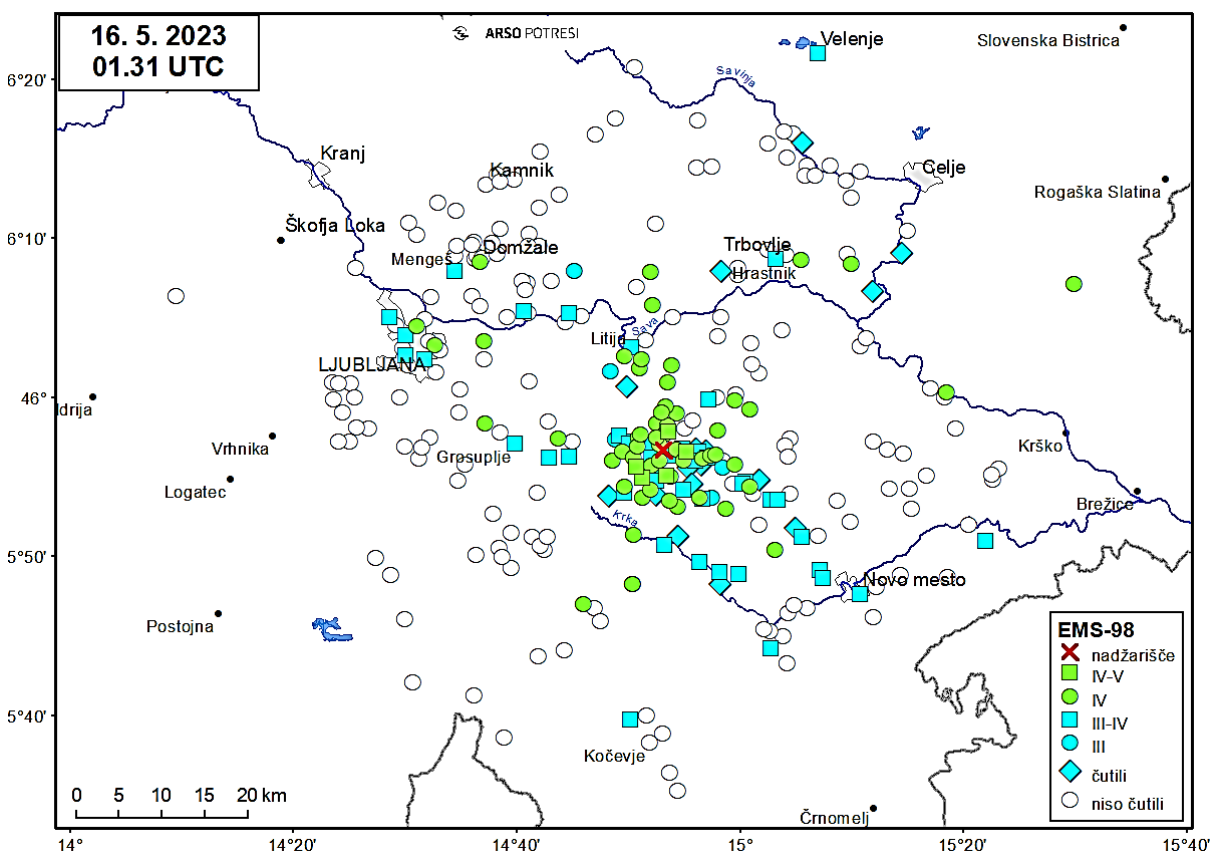
Slika 4: Nadzarišča lokalnih potresov, ki so jih leta 2023 čutili prebivalci Slovenije. Barva simbola ponazarja največjo doseženo intenziteto v Sloveniji, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude M_{LV} . Pri razponu možnih vrednosti intenzitete je prikazana spodnja vrednost.
Figure 4: Epicentres of local earthquakes felt in Slovenia in 2023. The size of the symbols represents local magnitude, while the colour represents the maximum intensity in Slovenia. For the range of possible intensity values, the lowest value is shown. Magnituda = magnitude; Intenziteta = intensity



Slika 5: Največja intenziteta potresa izmed vseh, ki so se zgodili leta 2023, ocenjena v posameznem naselju v Sloveniji.
Figure 5: Maximum intensity in individual settlements of all the earthquakes felt by the inhabitants of Slovenia in 2023. Čutili = felt; zvok = thunder

Potres 16. maja 2023 ob 1.31 po UTC pri Selu pri Radohovi vasi v občini Ivančna Gorica (slika 6)

Potres magnitude 2,4 blizu Radohove vasi se je zgodil 16. maja ob 1.31 po UTC (ob 3.31 po lokalnem času). Največjo intenziteto (IV–V EMS-98) je dosegel v nekaterih naseljih občin Ivančna Gorica in Trebnje. Na ARSO smo prejeli 282 pozitivnih odzivov (število prebivalcev, ki so potres čutili), predvsem iz občine Ivančna Gorica. Poročevalci so nam v izpolnjenih vprašalnikih sporočili, da jih je potres prebudil. Najpogosteje so omenjali zamolklo bobnenje, rahlo žvenketanje steklovine, ropot, vznemirjenost živali in škripanje ostrešij. Posamezni prebivalci Temenice in Velike Pece so poročali o manjših poškodbah; npr. o lasastih razpokah v ometu.

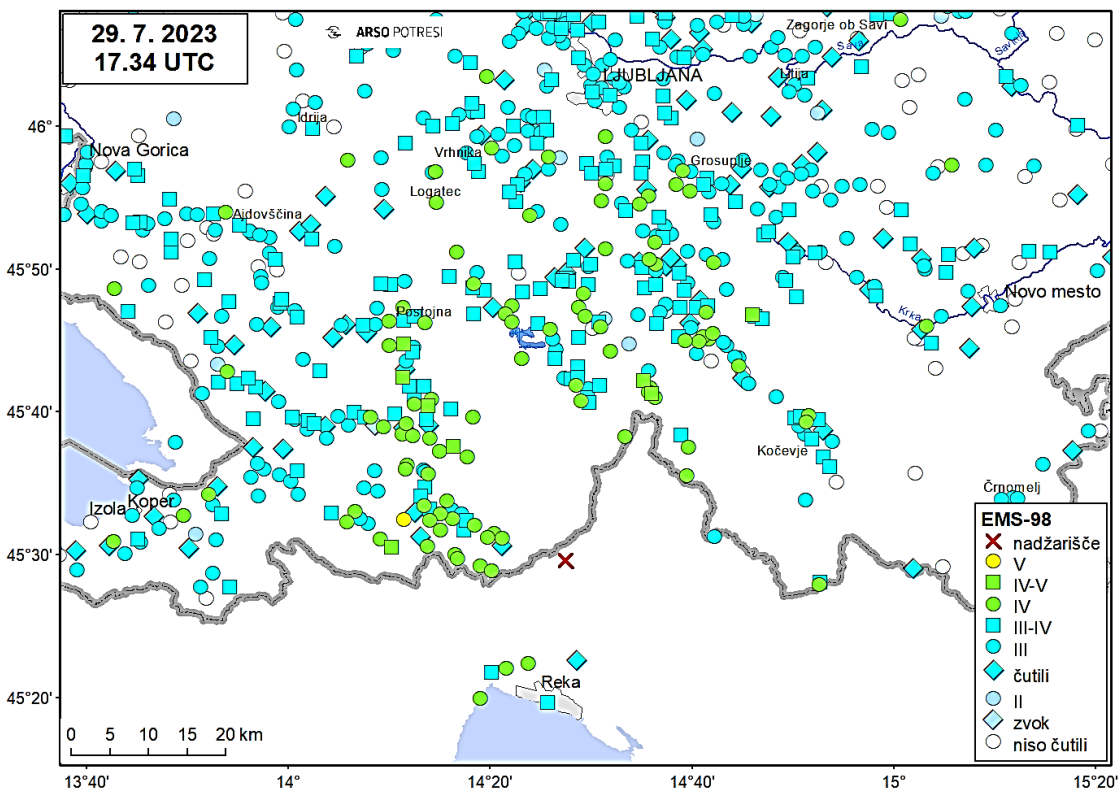
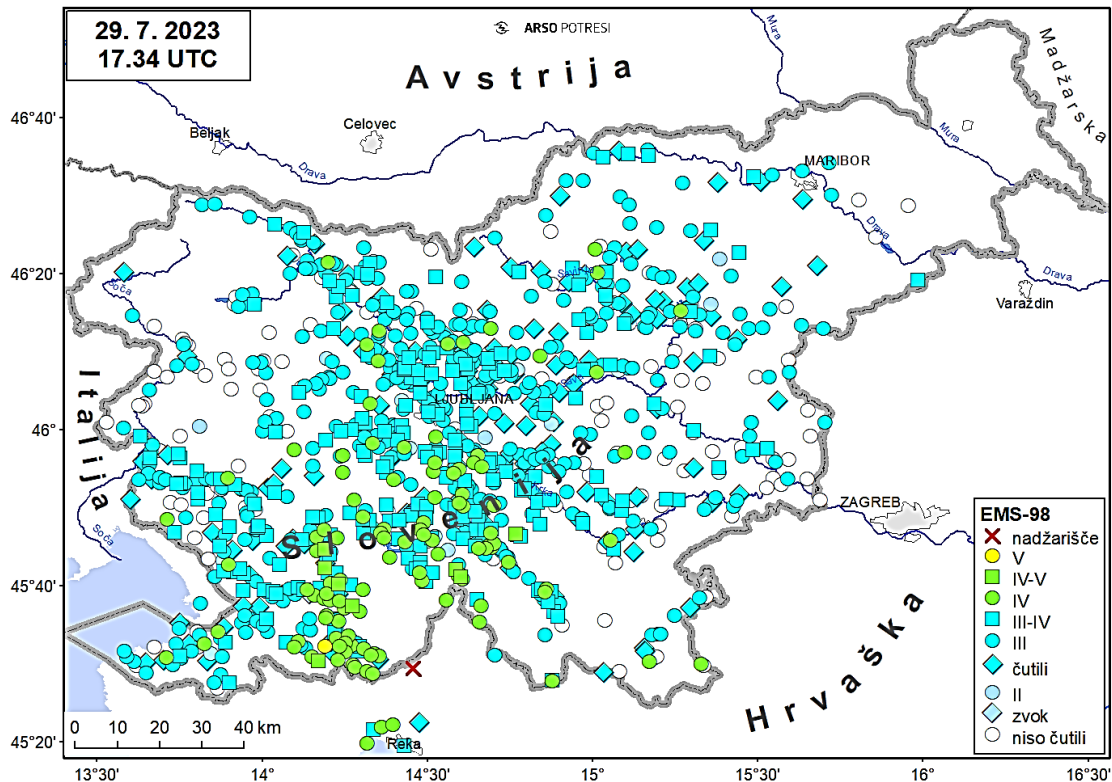


Slika 6: Intenziteta potresa magnitude 2,4 pri Selu pri Radohovi vasi 16. maja 2023 ob 1.31 po UTC v posameznih naseljih.

Figure 6: Intensity map of the earthquake near Selo pri Radohovi vasi (MLV=2.4) on 16 May 2023 at 1:31 UTC in individual settlements; Nadžarišče = epicentre; čutili = felt; zvok = thunder; niso čutili = not felt

Potres 29. julija 2023 ob 17.34 po UTC pri Trsteniku na Hrvaškem (sliki 7a in 7b)

Najmočnejši potres (magnituda 4,0), ki so ga leta 2023 čutili v Sloveniji, se je zgodil 29. julija ob 17.34 po UTC (ob 19.34 po lokalnem času) pri Trsteniku na Hrvaškem, v neposredni bližini meje, 2 km jugovzhodno od opuščene gozdarskega naselja Gomance na Snežniku. Potres je dosegel največjo intenziteto V EMS-98 v naselju Zalči (občina Ilirska Bistrica), ki je od žarišča potresa oddaljeno 21 km. Za ta potres smo prejeli največ izpolnjenih vprašalnikov (4435) o učinkih, saj so potres čutili vse do naselja Pernica, ki je od nadžarišča oddaljeno 155 km. Iz občine Postojna je posameznik poročal o lasastih razpokah na stenah.

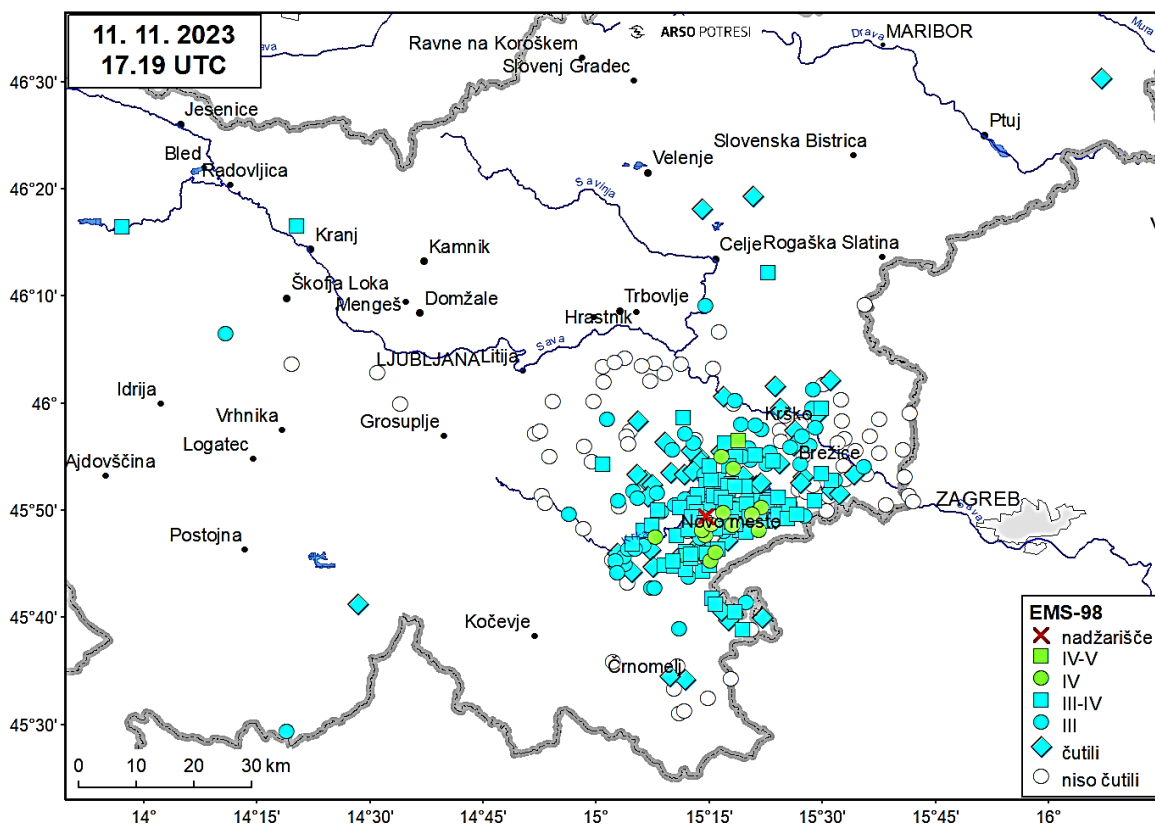


Slika 7: Intenziteta potresa magnitude 4,0 pri Trsteniku (Hrvaška) 29. julija 2023 ob 17.34 po UTC v posameznih naseljih a) celotno območje, kjer so potres čutili; b) širše nadžariščno območje.

Figure 7: Intensity map of the earthquake near Trstenik (Croatia) (MLV=4.0) on 29 July 2023 at 17:34 UTC in individual settlements; a) felt area; b) wider epicentral area. Nadžarišče = epicentre; čutili = felt; niso čutili = not felt

Potres 11. novembra 2023 ob 17.19 po UTC pri Gumberku blizu Šmarjeških Toplic (slika 8)

Potres magnitude 2,9 se je 11. novembra 2023 ob 17.19 UTC (ob 18.19 po lokalnem času) zgodil pri Gumberku. Prejeli smo 969 pozitivnih poročil, v mnogih je bilo navedeno močno bobnenje, rahlo žvenketanje okenskih stekel in steklovine. Najbolj so potres čutili v naselju Močvirje, ki je od nadžarišča oddaljeno 14 km (IV–V EMS-98).

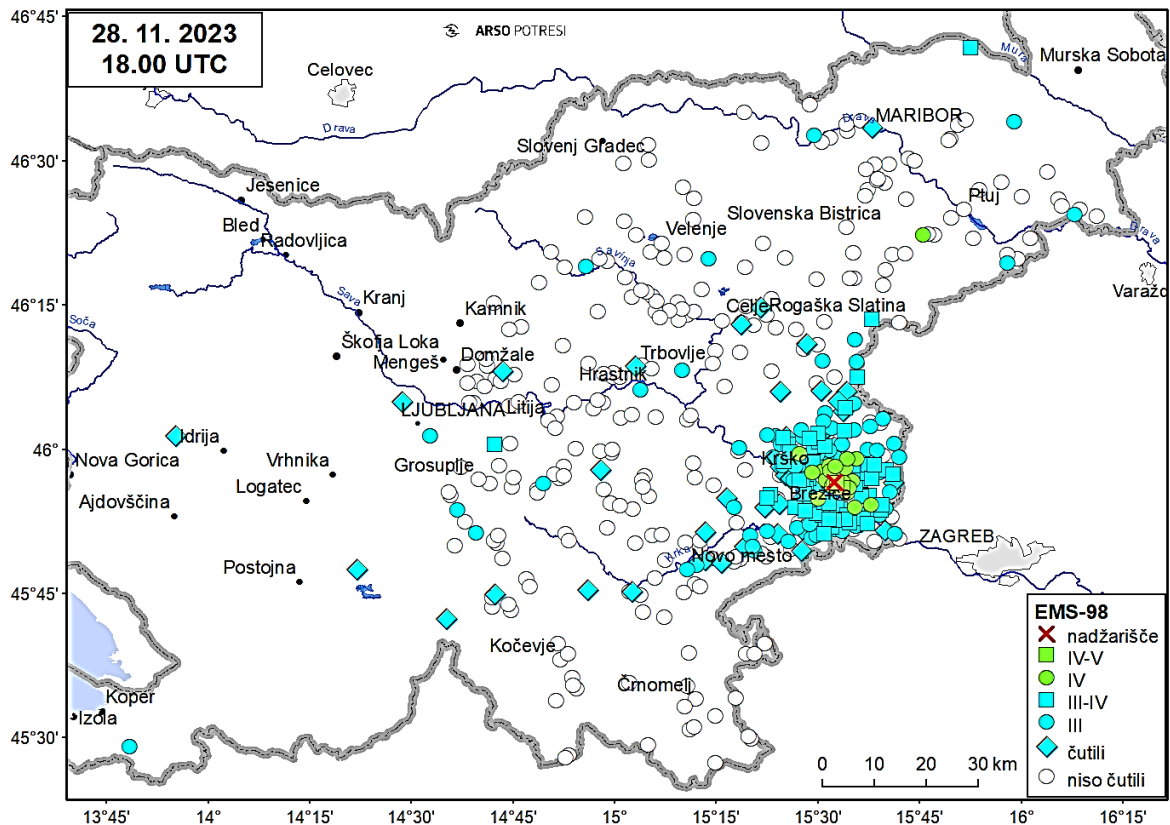


Slika 8: Intenziteta potresa magnitude 2,9 pri Gumberku 11. novembra 2023 ob 17.19 po UTC v posameznih naseljih

Figure 8: Intensity map of the earthquake near Gumberk (MLV=2.9) on 11 November 2023 at 17:19 UTC in individual settlements. Nadžarišče = epicentre; čutili = felt; niso čutili = not felt

Potres 28. novembra 2023 ob 18.00 po UTC pri Dolenji vasi pri Krškem (slika 9)

Območje Dolenje vasi pri Krškem je 28. novembra 2023 ob 18.00 UTC (ob 19.00 po lokalnem času) stresel potres z magnitudo 2,7. Največjo intenziteto IV–V EMS-98 je imel v naseljih Zgornji Obrež in Dolenja vas pri Krškem v bližini nadžarišča. Za ta potres smo prejeli 1033 pozitivnih odzivov, ki so pogosto navajali močno bobnenje, ob katerem je marsikdo pomislil na eksplozijo. Prebivalci so občutili tudi kratkotrajno tresenje tal in slišali žvenketanje steklovine, nekatere je tudi prestrašil. Eno poročilo navaja manjše poškodbe na stenah (lasaste razpoke) in ometu (rahlo odpadanje).

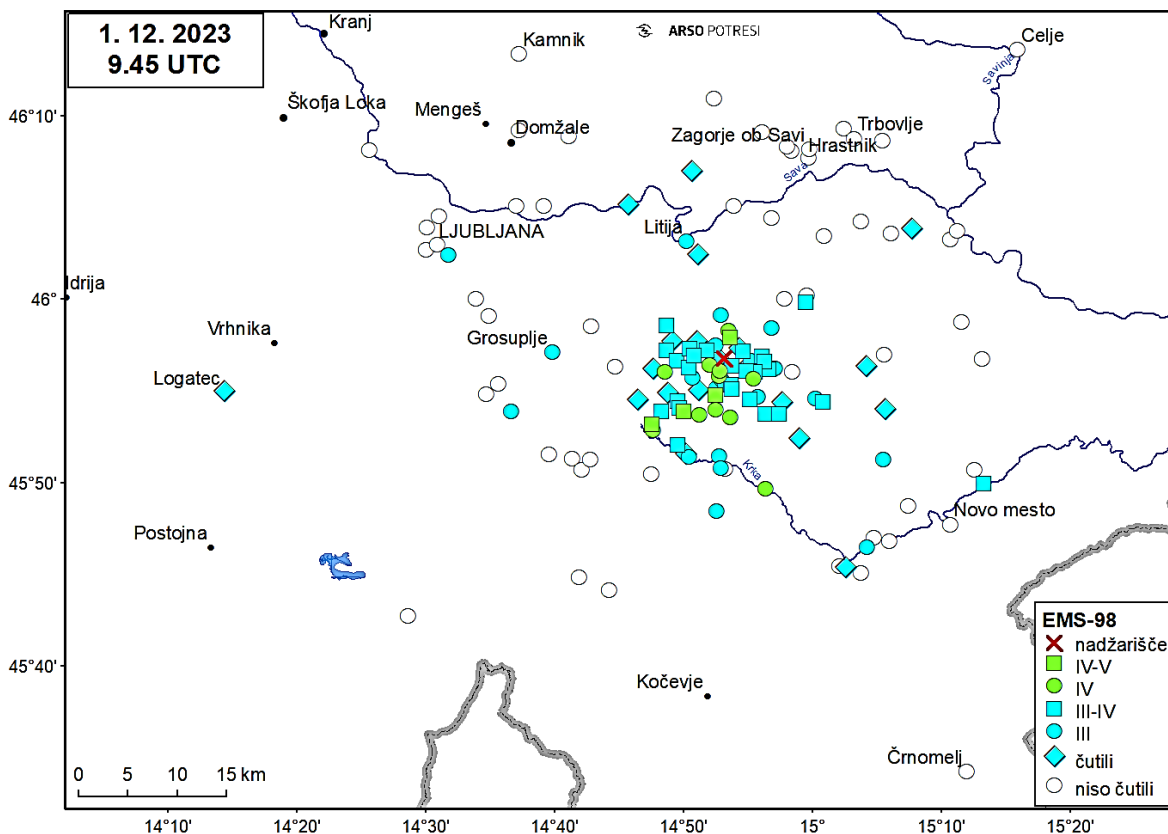


Slika 9: Intenziteta potresa magnitude 2,7 pri Dolenji vasi pri Krškem 28. novembra 2023 ob 18.00 po UTC v posameznih naseljih

Figure 9: Intensity map of the earthquake near Dolenja vas pri Krškem ($MLV=2.7$) on 28 November 2023 at 18:00 UTC in individual settlements. Nadžarišče = epicentre; čutili = felt; niso čutili = not felt

Potres 1. decembra 2023 ob 9.45 po UTC pri Grmu v občini Ivančna Gorica (slika 10)

Potres magnitude 2,2, za katerega smo prejeli 177 izpolnjenih vprašalnikov, se je zgodil 1. decembra 2023 ob 9.45 po UTC (ob 10.45 po lokalnem času) pri Grmu. Največjo intenziteto IV–V EMS-98 je imel v naseljih Male Kompolje, Sad, Temenica, Znojile pri Krki. Prebivalci so opisovali bobnenje in kratkotrajno tresenje tal. Potres so čutili do 51 kilometrov daleč od nadžarišča.

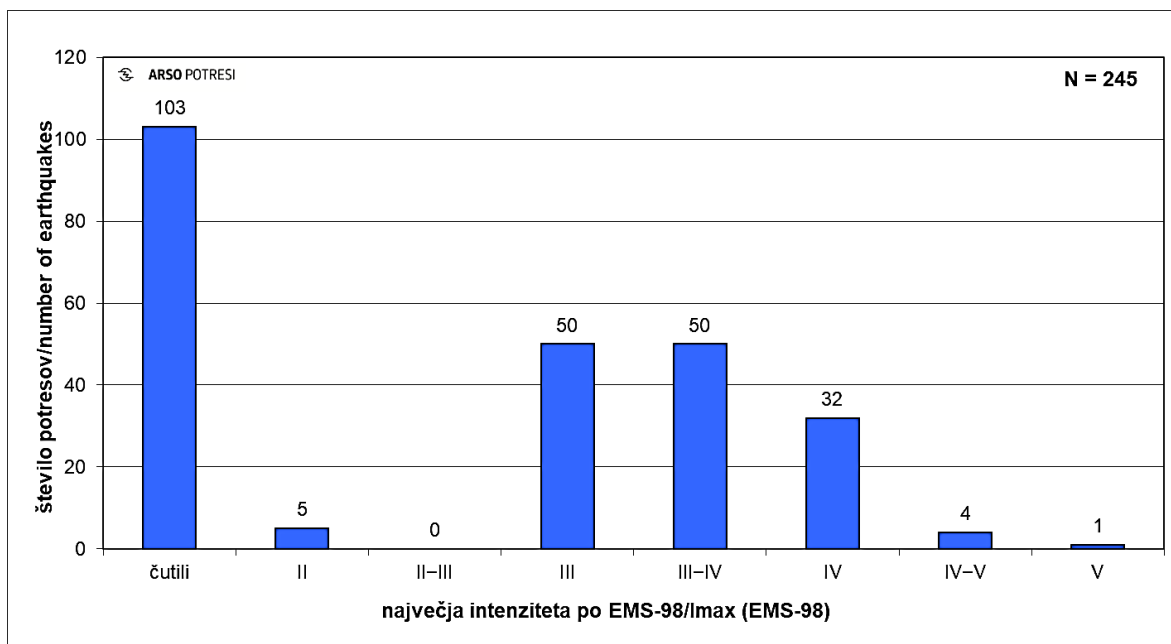


Slika 10: Intenziteta potresa magnitude 2,2 pri Grmu 1. decembra 2023 ob 9.45 po UTC v posameznih naseljih
Figure 10: Intensity map of the earthquake near Grm (municipality Ivančna Gorica) (MLV=2.2) on 1 December 2023 at 9:45 UTC in individual settlements. Nadžarišče = epicentre; čutili = felt; niso čutili = not felt

Sklepne misli

Leta 2023 je imelo šestintrideset potresov lokalno magnitudo med 2,0 in 2,9, dva pa sta imela magnitudo vsaj 3,0. Večina potresov (98 odstotkov) je imela lokalno magnitudo manjšo od 2,0. Vsi potresi v Sloveniji in bližnji okolici so imeli žarišča do globine 24 kilometrov (sliki 1 in 3).

V Sloveniji so leta 2023 prebivalci čutili vsaj 245 potresov (sliki 4 in 11). En potres je dosegel intenziteto V EMS-98, štiri potresi pa intenziteto IV–V EMS-98. Za preostale potrese (240) smo uporabili samodejno ocenjeno intenziteto: 32 potresov je imelo največjo intenziteto IV EMS-98, 50 jih je imelo intenziteto III–IV EMS-98, 50 potresov intenziteto III EMS-98 in 5 intenziteto II EMS-98. Za 103 potrese nismo prejeli dovolj informacij o učinkih za določitev intenzitete, zato smo jim dali oznako »čutili« (slika 11).



Slika 11: Porazdelitev največje intenzitete potresov (EMS-98), ki so jih prebivalci v Sloveniji čutili leta 2023
Figure 11: Distribution of the earthquakes in Slovenia in 2023 with respect to maximum EMS-98 intensity. Čutili = felt

Zahvala

Vsem registriranim poročevalcem se za sodelovanje lepo zahvaljujemo, prav tako pa tudi številnim neregistriranim poročevalcem, ki izpolnjujejo spletne vprašalnike o učinkih potresov.

Zapise potresov na opazovalnicah v Avstriji, na Madžarskem, v pokrajini Furlanija – Julijska krajina v Italiji in na Hrvaškem smo pridobili v okviru Mednarodnega sporazuma o izmenjavi seizmoloških podatkov v stvarnem času v okviru Srednje in vzhodno evropske mreže za raziskave potresov CE3RN (2023) in v arhivu seizmičnih zapisov pri ORFEUS (2023). Pri lociranju potresov smo uporabili tudi zapise, zabeležene na opazovalnicah mreže SLO Karst NFO (Šebela in drugi, 2023), postavljene v okviru projekta RI-SI-EPOS (RI-SI-EPOS, 2023).

Viri in literatura

ARSO, 2023. Letni seizmološki bilteni, 2000–2023. Arhiv Agencije RS za okolje, Ljubljana.

ARSO, 2024. Državna mreža potresnih opazovalnic. <https://potresi.arso.gov.si/potresne-opazovalnice>, 5. 9. 2024.

Čarman, M., Lanjšček, M., Pahor, J., Rajh, G., Živčič, M., 2023. Seizmografi v slovenskih šolah. Ujma, 37. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/9320/8753>, 14. 3. 2024.

Central and Eastern European Earthquake Research Network – CE3RN. <http://www.ce3rn.eu/>, 5. 9. 2024.

- GEOF-PMF, 2023. Data reports (online). Geofizički odsjek Prirodoslovno-Matematičnog Fakulteta, Zagreb, Hrvatska. http://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/seizmoloski_bilteni, 13. 3. 2024.
- Google Maps, 2024. <https://www.google.com/maps>, 13. 3. 2024.
- GURS, 2018. Centroidi naselij (geografske koordinate), računalniški seznam.
- 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. http://media.gfz-potsdam.de/gfz/sec26/resources/documents/PDF/EMS-98_Original_englisch.pdf, 14. 3. 2024.
- Lienert, B. R., Berg, E., Frazer, L. N., 1986. HYPOCENTER: An earthquake location method using centered, scaled, and adaptively least squares. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 76, 771–783. <https://doi.org/10.1785/BSSA0760030771>, 15. 03. 2024
- Lienert, B. R., 1994. HYPOCENTER 3.2 – A Computer Program for Locating Earthquakes Locally, Regionally and Globally. Hawaii Institute of Geophysics & Planetology, Honolulu, 70 str.
- Michelini, A., Živčić, M., Suhadolc, P., 1998. Simultaneous inversion for velocity structure and hypocenters in Slovenia. *Journal of Seismology*, 2(3), 257–265. <https://doi.org/10.1023/A:1009723017040>, 15. 3. 2024
- Poljak, M., Živčić, M., Zupančič, P., 2000. The Seismotectonic Characteristics of Slovenia. *Pure appl. Geophys.*, Vol. 1, 57, 37–55. <https://doi.org/10.1007/PL00001099>, 15. 3. 2024
- RI-SI-EPOS, 2024. <http://epos-ip.zrc-sazu.si/ri-si-epos/>, 5. 9. 2024.
- Šebela, S., Tasič, I., Pahor, J., Mali, M., Novak, U., Năpăruș Aljančič, M., 2023. Development of SLO KARST Near Fault Observatory site in SW Slovenia. *Carbonates Evaporites* 38, 43. <http://doi.org/10.1007/s13146-023-00864-y>, 5. 9. 2024.
- Tasič, I., 2024. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2023. Potresi v letu 2023, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792.
- Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., Gosar, A., Godec, M., Živčić, M., 2006. Državna mreža potresnih opazovalnic. Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 287 str.
- ZAMG, 2022–2023. Preliminary bulletin of regional and teleseismic events recorded with ZAMG-stations in Austria. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- 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. <https://doi.org/10.1007/PL00001091>, 15. 3. 2024

Kazalo

Milka Ložar Stopar, Mladen Živčić

Žariščni mehanizmi močnejših potresov v Sloveniji v letu 2023

Fault Plane Solutions of Earthquakes in Slovenia in 2023

Povzetek

Močnejšim potresom, ki so se leta 2023 zgodili v Sloveniji oz. njeni neposredni bližini, smo s seizmogramov odčitali smeri prvih premikov ob vstopu vzdolžnega (longitudinalnega) valovanja. Pri devetih potresih smo zbrali zadostno število podatkov za določitev žariščnega mehanizma. Lokalna magnituda (M_{LV}) obravnavanih potresov je v razponu od 2,2 do 4,0. Žariščni mehanizem večine nakazuje na kombinacijo zmika in nariva.

Abstract

The first onsets of the arrivals of the longitudinal waves were picked on the seismograms of selected earthquakes that occurred in Slovenia and its vicinity in 2023. For nine events, we had sufficient data to determine fault plane solutions. Their local magnitude (M_{LV}) ranged from 2.2 to 4.0. The determined focal mechanisms are mostly of transpressive type.

Uvod

Z žariščnim mehanizmom opišemo izvor potresnega valovanja. Uporabljali smo postopek, s katerim določimo žariščni mehanizem potresa iz smeri prvega premika vzdolžnega potresnega valovanja na lokaciji potresne opazovalnice (Snook in drugi, 1984). Smer premika odčitamo na navpični komponenti zapisa potresa kot zgoščino (kompresija) ali razredčino (dilatacija). Uporabljeno metodo smo natančneje opisali v publikacijah preteklih let (Ložar Stopar in Živčić, 2008, 2011).

Rezultati

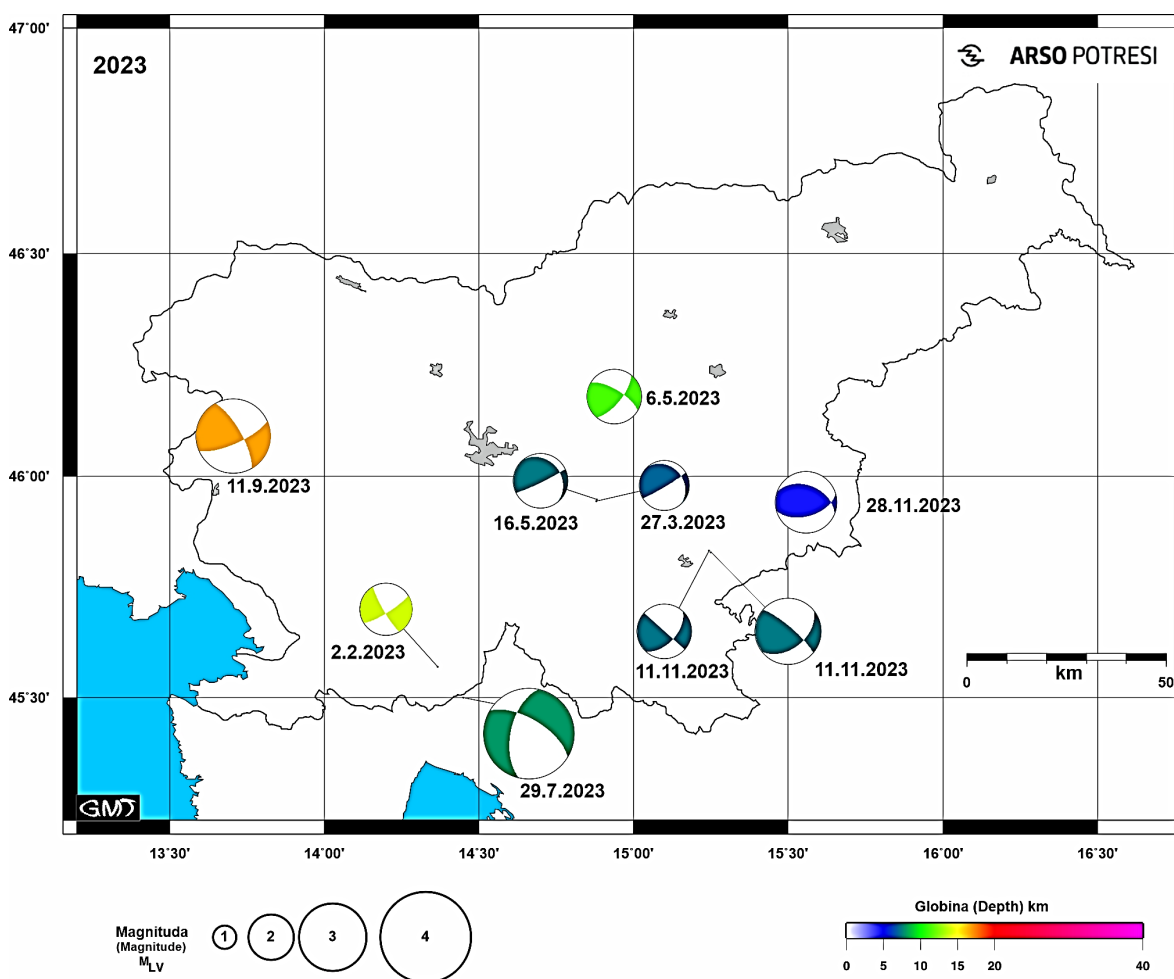
V prispevku podajamo parametre žariščnih mehanizmov za potrese, ki so se v letu 2023 zgodili v Sloveniji ali njeni neposredni bližini. Če želimo določiti žariščni mehanizem, potrebujemo zadostno število seizmogramov, s katerih lahko na navpični komponenti zapisa posamezne opazovalnice odčitamo smer vstopa vzdolžnega valovanja. Število vstopov, ki jih uspemo določiti posameznemu potresu, je odvisno predvsem od sproščene potresne energije, tehničnih lastnosti in prostorske razporeditve potresnih opazovalnic.

Za leto 2023 smo parametre žariščnega mehanizma uspeli določiti devetim potresom, z lokalno magnitudo (M_{LV}) od 2,2 do 4,0. Število seizmogramov, na katerih je bila smer premika jasno določljiva, je od potresa do potresa različno. Potres z največjo magnitudo $M_{LV} = 4,0$, se je zgodil 29. julija 2023 v Gorskem kotarju (Hrvaška) na južni strani Snežniškega pogorja, v bližini danes opuščene gozdarskega naselja na Gomancah. Smer premika tal pod seizmometrom pri prihodu vzdolžnega valovanja do potresne opazovalnice smo pri tem potresu določili na seizmogramih petindevetdesetih opazovalnic, kar je bilo tudi največ odčitanih prvih premikov za posamezen potres v tem letu. Najbolj oddaljena opazovalnica, na kateri smo odčitali prvi premik valovanja za ta potres, ima oznako NKC (Novy Kostel, Češka) in je bila od žarišča potresa oddaljena 550 km. Najšibkejšemu potresu, z magnitudo $M_{LV} = 2,2$, ki se je zgodil 27. marca v okolici Ivančne Gorice, smo odčitali enaintrideset vstopov. Najmanj smo jih določili potresu magnitude $M_{LV} = 2,3$, ki se je zgodil 2. februarja pri Ilirski Bistrici.

Temu potresu je bilo določenih triindvajset smeri vstopov valovanja, kar je zadoščalo za zanesljivo meritev.

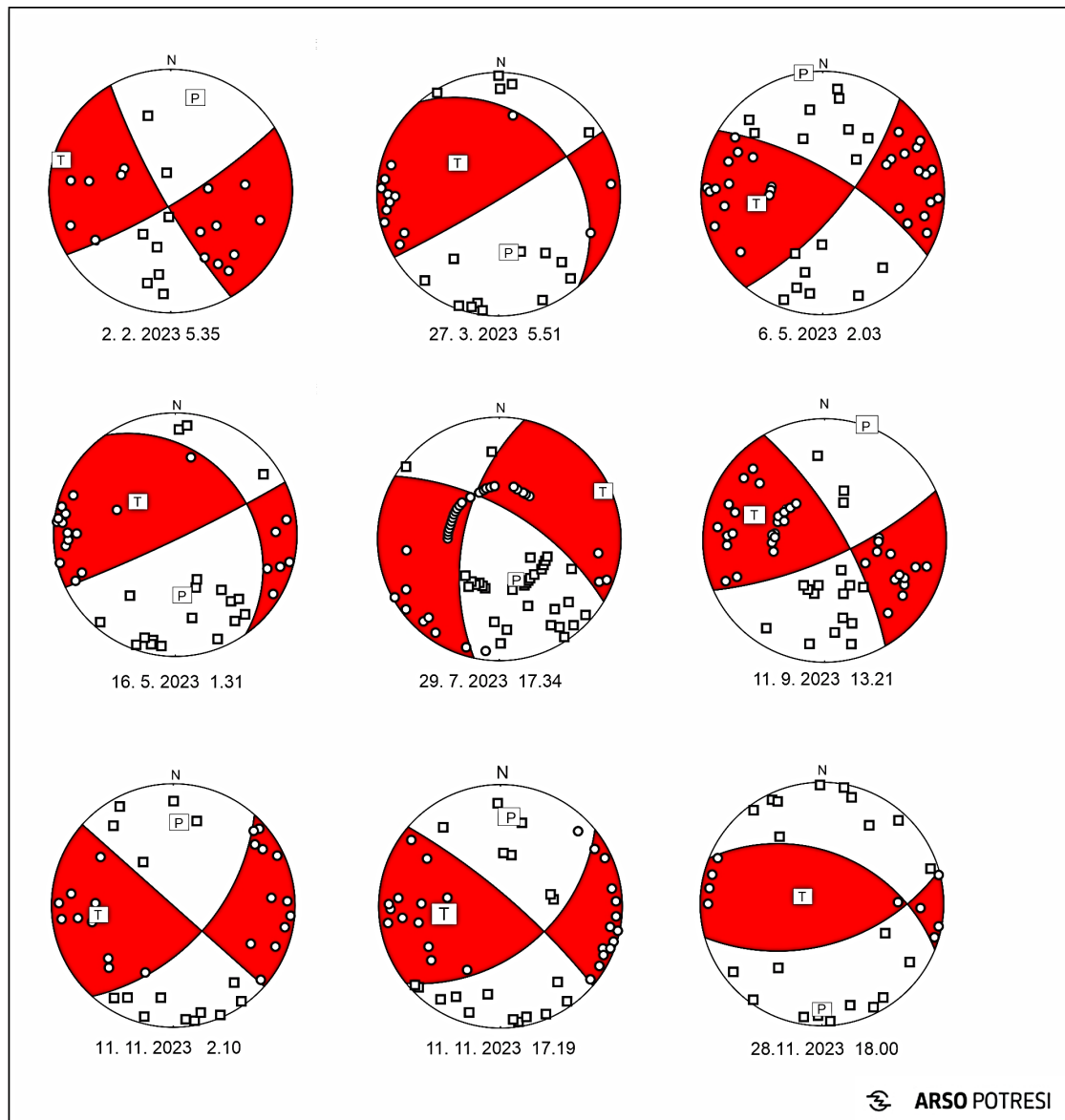
Za vse potrese so bili poleg seizmogramov državne in dopolnilne mreže potresnih opazovalnic v Sloveniji (ARSO, 2024) pregledani tudi seizmogrami iz drugih držav, ki so dostopni v evropskem arhivu seizmičnih zapisov (ORFEUS, 2024) ter seizmogrami SLO Karst NFO mreže (SLO KARST NFO, 2020; Šebela in drugi, 2023), ki deluje v okviru raziskovalnega projekta RI-SI-EPOS (RI-SI-EPOS, 2024). Pri nekaterih potresih smo uporabili tudi seizmograme z začasnih potresnih opazovalnic (AdriaArray Temporary Network; Schlömer in drugi, 2022), ki so vključene v mednarodno seizmološko mrežo AdriaArray (Meier in Kolínský, 2023).

Parametri žariščnih mehanizmov potresov so zbrani v preglednici 1, njihova geografska lega je prikazana na sliki 1. Rešitve prelomnih ravnin z relativno lego potresnih opazovalnic in odčitano smerjo vstopa vzdolžnega valovanja so predstavljene na sliki 2. Na obeh slikah so žariščni mehanizmi izrisani s stereografsko projekcijo geometrije prelomne ravnine na spodnjo poloblo.



Slika 1: Lokacije in žariščni mehanizmi devetih močnejših potresov na ozemlju Slovenije oz. v bližini njene državne meje za leto 2023. Obarvani kvadranti predstavljajo zgoščine, njihova barva žariščno globino in beli kvadranti razredčine. Velikost simbolov je sorazmerna z vrednostjo lokalne magnitude (M_{LV}).

Figure 1: Locations and fault plane solutions of nine earthquakes with epicentres in Slovenia or near its state border in 2023. Coloured quadrants represent compression and white quadrants dilatation. Colour of the quadrants represent focal depth. Size of the symbols is proportional to local magnitude (M_{LV}).



Slika 2: Žariščni mehanizmi devetih močnejših potresov na ozemlju Slovenije oziroma v bližini njene državne meje za leto 2023. Kvadrati oziroma krogi predstavljajo projekcijo izstopnega mesta glede na geometrijo poti potovanja valovanja od žarišča potresa do opazovalnice na spodnjo poloblo žariščnega prostora. Kvadrati predstavljajo opazovalnice, ki so kot prvi premik tal zaradi potresa zabeležile razredčino, krogi pa opazovalnice, ki so zabeležile zgoščino. Označeni sta smeri največje (P) in najmanjše (T) napetosti. Izrisana je stereografska projekcija na spodnjo poloblo.

Figure 2: Fault plane solutions of eight selected earthquakes in Slovenia or near its state border in 2023. Squares or circles denote take-off position based on the geometry of the path that seismic waves take between a hypocentre and a specific station. Squares denote stations with dilatation as the first onset, while circles denote stations with compression. P and T describe the axes of maximum and minimum stress, respectively. The stereographic projection on the lower hemisphere is applied.

Rešitve prelomnih ravnin so podane v preglednici 1 in prikazane na sliki 2. Večino potresov najboljše opišejo različne kombinacije zmičnih in reverznih premikov ob prelomnih ploskvah. Glede na odčitane vstopne valovanja smo izrazitejši zmični žariščni mehanizem določili potresu 2. februarja pri Ilirski Bistrici. Reverzna komponenta prevladuje za oba potresa pri Ivančni Gorici (27. 3. in 16. 5.). Potrese smo glede na vrsto žariščnega mehanizma razvrstili z računalniškim programom FMC (Álvarez-Gómez, 2014). Razvrstitev po tej metodi je podana v zadnji vrstici preglednice 1.

Preglednica 1: Parametri žariščnih mehanizmov obravnavanih potresov na ozemlju Slovenije oz. v bližini njene državne meje v letu 2023. Smer je merjena od severa proti vzhodu, tako da ravnina prelomne ploskve pada v desno, naklon prelomne ploskve je merjen od vodoravne ravnine, smer premika na prelomu je merjena na prelomni ploskvi v nasprotni smeri urinega kazalca od vodoravne lege (po Aki in Richards, 2002). P je os največje in T os najmanjše napetosti. N_p je število uporabljenih smeri prvih premikov. N_{np} je število odčitkov, neskladnih z rešitvijo. Razvrstitev potresov glede na vrsto žariščnega mehanizma je določena s programom FMC (Álvarez-Gómez, 2014), kjer posamezne črke predstavljajo vrsto preloma. SS: zmični prelom; SS-N: zmično-normalni prelom; R-SS: reverzno-zmični prelom in R: reverzni prelom

Table 1: Focal mechanism solutions of the selected earthquakes with epicentres in Slovenia or near its state border in 2023. Strike is the azimuth of the fault direction taken so that the plane dips to the right, measured in the clockwise direction (after Aki and Richards, 2002), dip of the fault is measured from the horizontal plane 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 is minimum pressure axis, respectively. N_p is the number of P-wave first motion polarities used. N_{np} is number of P-wave first motion polarities inconsistent with the solution. Classification diagram after Álvarez-Gómez (2014) is used. SS: Strike-slip; SS-N: Strike-slip - Normal; R-SS: Reverse - Strike-slip; R: Reverse

datum / date		2. 2. 2023	27. 3. 2023	6. 5. 2023	16. 5. 2023	29. 7. 2023	11. 9. 2023	11. 11. 2023	11. 11. 2023	28. 11. 2023
Čas / time (UTC)	hh.mm	5.35	5.51	2.03	1.31	17.34	13.21	2.10	17.19	18.00
zem. šir. / lat.	°N	45,57	45,944	46,18	45,948	45,5	46,09	45,83	45,83	45,94
zem. dolž. / lon.	°E	14,367	14,88	14,937	14,881	14,45	13,706	15,249	15,243	15,558
globina / depth	km	14,1	7	11,4	7,4	8fix	16,8	7,3	7,4	4,6
M_{LV}		2,3	2,2	2,4	2,4	4,0	3,3	2,4	2,9	2,7
ravnina 1 / nodal plane 1	smer / strike	58	59	39	64	192	66	42	51	74
	naklon / dip	79	85	69	85	57	73	55	47	53
	premik / rake	-9	65	22	65	-32	18	0	15	65
ravnina 2 / nodal plane 2	smer / strike	150	318	301	323	301	331	312	311	292
	naklon / dip	81	25	70	25	64	73	90	79	44
	premik / rake	-169	168	158	168	-143	162	145	136	119
P	smer / azimuth	14	170	350	175	159	198	3	8	181
	naklon /plunge	14	35	0	35	44	0	24	20	5
T	smer / azimuth	284	304	260	309	65	288	261	261	285
	naklon /plunge	2	44	30	44	4	25	24	38	70
N_p	število vstopov / all polarities	23	31	46	40	95	53	37	46	30
N_{np}	neskladni vstopi / inconsistent polarities	0	0	0	0	1	0	0	1	0
tip žariščnega mehanizma / rupture type		SS	R	SS-R	R	SS-N	SS-R	SS-R	SS-R	R

Za primerjavo naših rešitev smo preverili tudi spletne strani tujih institucij, ki določajo rešitve žariščnih mehanizmov močnejših potresov na regionalni ali globalni ravni. Našli smo le dve rešitvi, ki pripadata potresu magnitude 4,0, ki se je zgodil 29. julija. Zanj so parametre žariščnega mehanizma z metodo inverzije tenzorja potresnega navora določili na Ameriškem geološkem zavodu (United States Geological Survey – USGS, 2024) in Italijanskem nacionalnem inštitutu za geofiziko in vulkanologijo (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – INGV, 2024). Njihovi rezultati so zbrani v preglednici 2. Rešitve določene z metodo inverzije tenzorja potresnega navora lahko odstopajo od rešitev, določenih z metodo prvega premika, še posebej pri močnejših potresih s kompleksnim dogajanjem v žarišču.

Preglednica 2: Primerjava parametrov žariščnih mehanizmov za potres 29. julija 2023 ob 17.34 UTC, določenih z inverzijo tenzorja potresnega navora na INGV (INGV, 2024) in USGS (USGS, 2024).

Table 2: Comparison of focal mechanism parameters for earthquake on 29. July 2023 at 17:43 UTC, determined by inversion of seismic moment tensor at INGV (INGV, 2024), and at USGS (USGS, 2024).

datum, čas (UTC)	avtor	zem. šir.	zem. dolž.	globina	Mw	ravnina 1			ravnina 2			N
dd. mm. yyyy, h.min		°N	°E	km		smer	na-klon	pre-mik	smer	na-klon	pre-mik	št. opazovalnic
date, time (UTC)	author	lat.	lon.	depth	Mw	nodal plane 1			nodal plane 2			N
dd. mm. yyyy, h.min		°N	°E	km		strike	dip	rake	strike	dip	rake	number of stations
29. 7. 2023, 17.34	INGV	45,5007	14,4573	8	3,78	66	82	79	302	14	146	12
29. 7. 2023, 17.34	USGS	45,478	14,479	13	3,88	63	82	70	312	22	158	42

Zahvala

Zapise potresov na opazovalnicah v Avstriji, Nemčiji, na Češkem, v pokrajini Furlanija - Julijska krajina v Italiji in na Hrvaškem smo pridobili v okviru Mednarodnega sporazuma o takojšnji izmenjavi seizmoloških podatkov v okviru Srednje in vzhodno evropske mreže za raziskave potresov (CE3RN, 2024) in v arhivu seizmičnih zapisov pri ORFEUS (2024). Uporabili smo tudi seizmogramе iz SLO Karst NFO mreže (SLO KARST NFO, 2020; Šebela in drugi, 2023), ki je del raziskovalnega projekta RI-SI-EPOS (RI-SI-EPOS, 2024) in iz začetnih potresnih opazovalnic mednarodne mreže AdriaArray (Schlömer in drugi, 2022). Sliko 1 smo izdelali s programom GMT 4.5.15 (Wessel in Smith, 1991, 1998).

Literatura

- Aki, K., Richards, P. G., 2002. Quantitative Seismology. University Sausalito Books, Sausalito CA, 700 str.
- Álvarez-Gómez, J.A., 2014. FMC: a one-liner Python program to manage, classify and plot focal mechanisms. Geophysical Research Abstracts, 16, EGU2014-10887.
- ARSO, 2024. Arhiv seizmičnih zapisov za leto 2023. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.

- CE3RN, 2024. The Central and Eastern European Earthquake Research Network - CE3RN. <http://www.ce3rn.eu>, 3. 7. 2024.
- INGV, 2024. Scognamiglio, L., Tinti, E., Quintiliani, M. (2006). Time Domain Moment Tensor (TDMT) [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://terremoti.ingv.it/en/event/35685881#MeccanismoFocale>, <https://doi.org/10.13127/TDMT>, 3. 7. 2024.
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2008. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letih 2006 in 2007. Potresi v letu 2007. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 48–53. ISSN 1318 4792.
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2011. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letih 2008 in 2009. Potresi v letu 2010. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 71–75. ISSN 1318-4792.
- Meier, T., Kolínský, P., 2023. AdriaArray seismic network – status in June 2023, XXVIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) (Berlin 2023). <https://doi.org/10.57757/IUGG23-1570>, 1. 7. 2024.
- ORFEUS, 2024. Observatories & Research Facilities for European Seismology. <https://www.orfeus-eu.org/data/eida/>, 23. 7. 2024.
- RI-SI-EPOS, 2024. <https://epos-ip.zrc-sazu.si/ri-si-epos/>, 3. 7. 2024.
- Schlömer, A., Wassermann, J., Plomerová, J., Vecsey, L., Süle, B., Wéber, Z., Xhahysa, A., Rama, B., Tomanović, M., Dedić, J., Mustafa, S., Fojtikova, L., Csicsay, K., Müller, J., van Laaten, M., Wegler, U., Meier, T., 2022. AdriaArray Temporary Network: Albania, Austria, Czech Rep., Germany, Hungary, Kosovo, Montenegro, Slovakia [Baza podatkov]. International Federation of Digital Seismograph Networks. <https://doi.org/10.7914/2cat-tq59>, 15. 7. 2024.
- SLO KARST NFO, 2020. Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, & Slovenian Environment Agency. (2020). Slovenian Karst NFO Network [Data set]. ZRC SAZU and Slovenian Environmental Agency. <https://doi.org/10.7914/7w0j-ge89>, 3. 7. 2024.
- 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, 3, 15. str.
- Šebela, S., Tasič, I., Pahor, J., Mali, M., Novak, U., Năpăruș Aljančič, M., 2023. Development of SLO KARST Near Fault Observatory site in SW Slovenia. *Carbonates Evaporites* 38, 43. <http://doi.org/10.1007/s13146-023-00864-y>, 3. 7. 2024.
- USGS, 2024. U.S. Geological Survey. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/event-page/us6000kwj4/>, 16. 9.2024.
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1991. Free software helps map and display data. *Eos, Trans. Amer. Un.*, 72 (441), 445–446.
- Wessel, P., Smith, W.H.F., 1998. New, improved version of the Generic Mapping Tools released. *EOS Trans. AGU*, 79, 579.

Kazalo

Tamara Jesenko

Najmočnejši potresi po svetu leta 2023

The World's Largest Earthquakes in 2023

Povzetek

Leta 2023 je bilo po svetu 55 potresov z magnitudo vsaj 6,5. Noben potres ni imel magnitude, večje ali enake 8,0, devetnajst pa jih je imelo magnitudo med 7,0 in 7,9. Vsaj 29 potresov je zahtevalo človeška življenja, skupaj je bilo vsaj 64.343 žrtev, kar je največ po letu 2010. Večino življenj sta zahtevala dva močna potresa z žariščem v jugovzhodni Turčiji, v bližini meje s Sirijo, ki sta se zgodila 6. februarja, le nekaj ur narazen na različnih segmentih Vzhodnoanatolskega prelomnega sistema. Prvi izmed njiju je bil z magnitudo 7,8 tudi najmočnejši potres leta 2023. Veliko življenj je bilo izgubljenih tudi septembra v Maroku in oktobra v Afganistanu. Najmočnejši potres v Evropi (z magnitudo 5,6) se je zgodil 14. februarja z žariščem v bližini kraja Lelești v Romuniji.

Abstract

In 2023, there were 55 earthquakes with a moment magnitude (M_w) of at least 6.5 around the world. None of the earthquakes had a magnitude greater than or equal to 8.0, and nineteen had magnitudes between 7.0 and 7.9. At least 29 earthquakes claimed human life, with a total of at least 64,343 victims, the highest since 2010. Most of the lives were claimed by two strong earthquakes with the epicentre in southeastern Turkey, near the border with Syria, which occurred 6 February, only several hours apart on different segments of the East Anatolian Fault System. The first of them, with a moment magnitude of 7.8, was also the strongest earthquake in 2023 in terms of energy release. Many lives were also lost in September in Morocco and in October in Afghanistan. The strongest earthquake in Europe in 2023 ($M_w = 5.6$) occurred on 14 February with an epicentre near Lelești in Romania.

Uvod

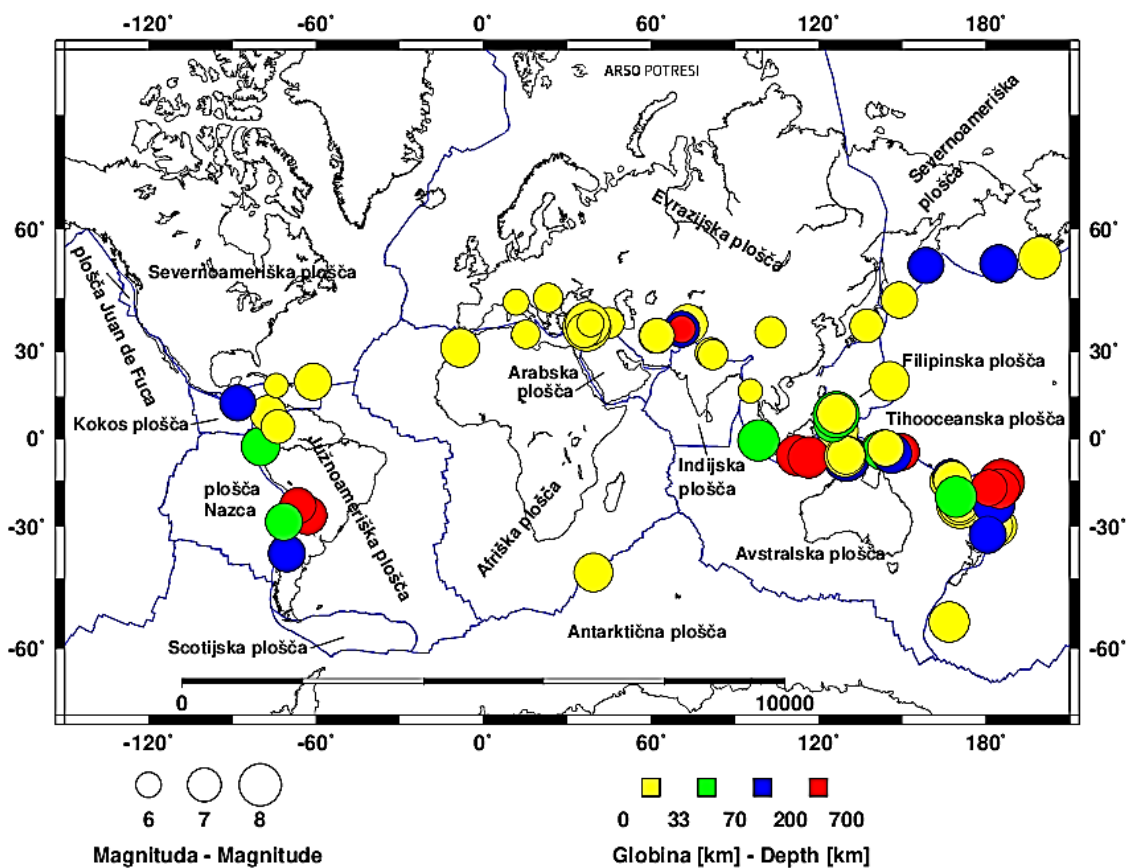
Potresi so posledica pretrga in zdrsa tektonskih blokov ob prelomih. Zemlja v svoji notranjosti ni homogena, temveč je razdeljena na več plasti, ki se med seboj razlikujejo po kemični in fizikalni sestavi, reološkem stanju, temperaturi in drugih lastnostih. Glede na kemične lastnosti jo lahko razdelimo na skorjo, zgornji in spodnji plašč ter zunanje in notranje jedro. Glede na mehanske lastnosti pa ločimo litosfero, astenosfero, mezosfero in zunanje ter notranje jedro. Litosfera je Zemljina trdna lupina, ki obsega Zemljino skorjo in vrhnji del zgornjega plašča ter je povprečno debela približno 100 kilometrov pod celinami in 50 kilometrov pod oceani. Sestavlja jo več večjih in manjših tektonskih plošč. Pod litosfero je astenosfera oziroma preostali del zgornjega plašča, ki je zaradi visokih temperatur viskozen oziroma židek. Tu nastajajo počasni konvekcijski tokovi, ki v dolgem obdobju premeščajo snov. Zato se nenehno počasi premikajo tudi tektonske plošče, s hitrostjo od 0,6 do 10 centimetrov na leto. Med seboj se lahko razmikajo (razmične ali divergentne meje), primikajo (primične ali konvergentne meje) ali drsijo druga ob drugi (zmične ali transformne meje plošč). Mezosfera ali spodnji plašč je bolj vroč in gostejši od zgornjega plašča. Kljub visoki temperaturi, ki bi v normalnih razmerah ustrezala temperaturi taljenja kamnin, ostaja zaradi visokega tlaka spodnji plašč trden. Zemljino jedro delimo na tekoče zunanje jedro in trdno notranje jedro (Lapajne, 2013; Tasič in Vidrih, 2007).

Potresi nastajajo predvsem na stikih in v bližini stikov tektonskih plošč. Površino, ob kateri sta se premaknili prelomni krili, imenujemo prelomna ploskev, žarišče potresa je točka, v kateri se je pretrg začel, nadžarišče pa mesto na Zemljinem površju, navpično nad žariščem (Lapajne, 2013). Čeprav se v povprečju vsak dan po svetu zgodi več sto potresov (ISC, 2023),

je večina šibkih in so zabeleženi le instrumentalno – ljudje jih ne čutijo. Vsako leto pa je nekaj takih, ki vzbudijo pozornost ne le strokovne, ampak tudi širše javnosti. To so predvsem potresi, ki povzročijo večje razdejanje, žrtve in trpljenje ljudi.

Pregled najmočnejših potresov 2023

Leta 2023 je bilo 55 potresov, ki so imeli navorno magnitudo vsaj 6,5. Zgodilo se je 19 potresov z magnitudo vsaj 7,0, tako kot leta 2022 (Jesenko, 2023) pa ni bil zabeležen noben potres z magnitudo, večjo ali enako 8,0. Na sliki 1 so prikazani potresi, ki so leta 2023 dosegli ali presegli navorno magnitudo 6,5 oziroma 5,5 za evropsko in sredozemsko območje, in šibkejši, ki so zahtevali človeška življenja. Označene so večje tektonske plošče, za svetovno potresno dejavnost pa so pomembne še številne manjše.



Slika 1: Prostorska porazdelitev najmočnejših svetovnih potresov leta 2023. Velikost kroga kaže magnitudo, barva pa globino žarišča potresa. Prikazane so večje tektonske plošče (modra črta).

Figure 1: Spatial distribution of the world's strongest earthquakes in 2023. The size of the circle indicates the magnitude, and the colour indicates the focal depth. Major tectonic plates are also shown (blue line).

V preglednici 1 so podatki o najmočnejših potresih, ki so zaznamovali leto 2023 (NEIC, 2024a; NEIC, 2024b; Wikipedia, 2024a). Za vsak potres so navedeni datum, žariščni čas po koordiniranem univerzalnem času (Universal Time Coordinated – UTC), koordinati nadžarišča, globina žarišča in navorna magnituda (M_w). Navorna magnituda je mera za velikost potresa, ki je primerna tudi za najmočnejše potrese in je določena s potresnim navorom. Ta je zmnožek strižnega modula (razmerja med strižno napetostjo in strižno deformacijo) kamnine prelomnega območja, površine potresnega pretrga in povprečne velikosti zdrsa ob prelomu. Potresni navor lahko izračunamo z modeliranjem iz zapisov potresnega valovanja ali

iz geoloških opazovanj (Lapajne, 2013). V stolpcu o številu žrtev je navedeno skupno število žrtev za posamezen potres. Preglednica se konča z navedbo širšega nadžarišnega območja potresa.

Preglednica 1: Seznam potresov leta 2023 z navorno magnitudo M_w vsaj 6,5 oziroma 5,5 za evropsko in sredozemsko območje. Dodani so tudi potresi z manjšo magnitudo (17), ki so zahtevali smrtne žrtve. * – vse žrtve so pripisane prvemu potresu.

Table 1: List of the earthquakes in 2023 with a moment magnitude (M_w) of at least 6.5 and 5.5 respectively for the European-Mediterranean area. Earthquakes with magnitudes below 6.5 (5.5) that claimed fatalities were also added. J = South; S = North; Z = West; V = East; * – all fatalities are attributed to the first earthquake

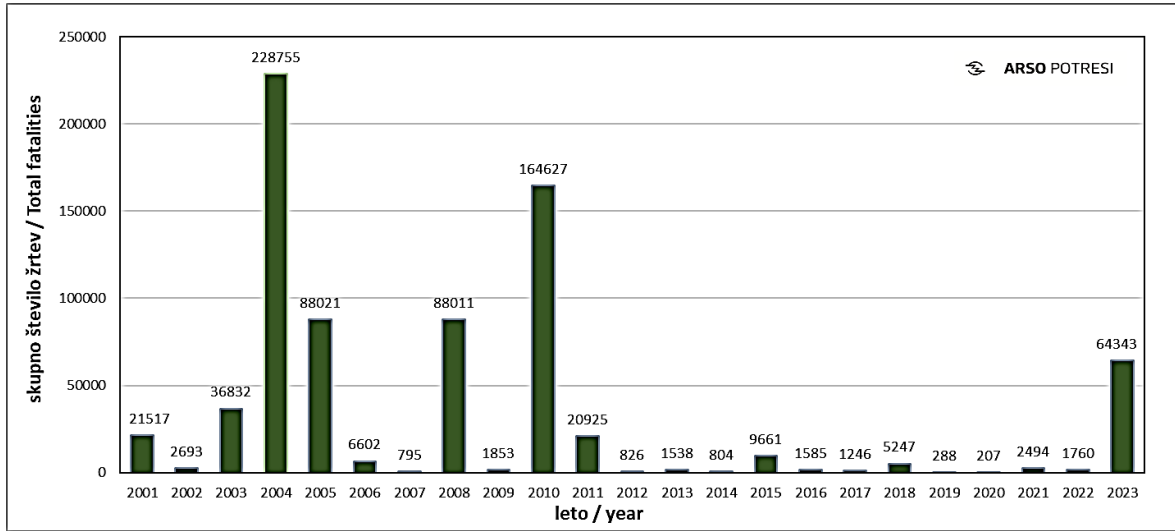
datum	čas (UTC)	koordinati nadžarišča		magnituda	globina	št. žrtev	širše nadžariščno območje
	ura.min	zem. šir. (°)	zem. dolž. (°)				
date	time (UTC)	epicentral coordinates		magnitude	depth	no. of fatalities	wider epicentral area
	h.min	lat (°)	lon (°)				
8. 1.	12.32	14,95 J	166,88 V	7,0	29		pod morskim dnom, območje Vanuatuja
9. 1.	17.47	7,07 J	130,01 V	7,6	105		pod morskim dnom, Bandsko morje
18. 1.	6.06	2,74 S	127,03 V	7,0	29		pod morskim dnom, Moluško morje
20. 1.	22.09	26,75 J	63,10 Z	6,8	597		Campo Gallo, Argentina
24. 1.	8.58	29,60 S	81,65 V	5,6	25	4	Jumla, Nepal
28. 1.	18.14	38,42 S	44,91 V	5,9	16	3	Zahodni Azerbajdžan, Iran
6. 2.	1.17	37,22 S	37,02 V	7,8	10	59.488	Kahramanmaras, Turčija
6. 2.	1.28	37,19 S	36,89 V	6,7	10	*	Kahramanmaras, Turčija
6. 2.	10.24	38,02 S	37,21 V	7,6	15	*	Kahramanmaras, Turčija
9. 2.	6.27	2,60 J	140,55 V	5,1	8	4	Abepura, Indonezija
14. 2.	13.16	45,10 S	23,19 V	5,6	10		Lelești, Romunija
20. 2.	17.04	36,16 S	36,02 V	6,3	16	13	Uzunbağ, Turčija
23. 2.	0.37	38,06 S	73,23 V	6,9	12		Murghob, Tadžikistan
27. 2.	9.04	38,23 S	38,28 V	5,2	10	2	Yeşilyurt, Turčija
1. 3.	5.36	4,83 J	149,50 V	6,6	601		pod morskim dnom, Bismarkovo morje
2. 3.	18.04	15,36 J	166,38 V	6,5	10		pod morskim dnom, območje otočja Vanuatu
4. 3.	6.41	29,50 J	178,80 Z	6,9	210		pod morskim dnom, območje otočja Kermadec
16. 3.	0.56	30,17 J	176,20 Z	7,0	10		pod morskim dnom, območje otočja Kermadec
18. 3.	17.12	2,84 J	79,85 Z	6,8	64	18	pod morskim dnom, ob obali Ekvadorja
21. 3.	16.47	36,51 S	70,95 V	6,5	192	21	Hindukuš, Afganistan
22. 3.	16.00	23,48 J	66,51 Z	6,5	210		Jujuy, Argentina
2. 4.	18.04	4,32 J	143,17 V	7,0	70	8	Ambunti, Papua Nova Gvineja

datum	čas (UTC)	koordinati nadžarišča		magnituda	globina	št. žrtev	širše nadžariščno območje
	ura.min	zem. šir. (°)	zem. dolž. (°)	M _w	km		
date	time (UTC)	epicentral coordinates		magnitude	depth	no. of fa- talities	wider epicentral area
	h.min	lat (°)	lon (°)	M _w	km		
3. 4.	3.06	52,72 S	158,50 V	6,5	101		Kamčatka, Rusija
14. 4.	9.55	6,04 J	112,05 V	7,0	597	1	pod Javanskim morjem, območje In- donezije
18. 4.	4.31	22,32 J	179,43 V	6,7	596		pod morskim dnom, območje Fidžija
21. 4.	22.19	35,03 S	15,22 V	5,5	14		pod Sredozemskim morjem, v bližini Malte
24. 4.	0.41	29,99 J	177,81 Z	7,1	29		pod morskim dnom, območje otočja Kermadec
24. 4.	20.00	0,80 J	98,52 V	7,1	34		pod morskim dnom, v bližini Zahod- ne Sumatre, Indonezija
28. 4.	3.13	25,19 J	178,46 V	6,6	563		pod morskim dnom, območje Fidžija
5. 5.	5.42	37,55 S	137,30 V	6,2	10	1	pod morskim dnom, območje Japon- ske
10. 5.	16.02	15,63 J	174,49 Z	7,6	210		pod morskim dnom, območje Tonge
19. 5.	2.57	23,19 J	170,73 V	7,7	33		pod morskim dnom, območje otočja Loyalty
20. 5.	1.50	23,05 J	170,51 V	7,1	26		pod morskim dnom, območje otočja Loyalty
20. 5.	2.09	22,98 J	170,54 V	6,5	10		pod morskim dnom, območje otočja Loyalty
21. 5.	14.56	43,44 J	39,36 V	6,8	10		pod morskim dnom, območje otočja Prince Edward
25. 5.	3.05	8,92 S	77,09 Z	6,5	13		pod morskim dnom, ob obali Pa- name
28. 5.	5.49	36,61 S	71,05 V	5,3	229	1	Afganistan
6. 6.	9.11	18,70 S	74,23 Z	4,9	10	4	pod morskim dnom, ob obali Haitija
7. 6.	9.53	16,89 S	95,55 V	4,8	10	3	Mjanmar
15. 6.	18.06	22,99 J	177,11 Z	7,2	179		pod morskim dnom, območje Tonge
2. 7.	10.27	17,88 J	174,95 Z	6,9	229		pod morskim dnom, območje Tonge
10. 7.	20.28	20,05 S	61,07 Z	6,6	14		pod morskim dnom, severno od An- tigve in Barbude
16. 7.	6.48	54,39 S	160,76 Z	7,2	25		pod morskim dnom, ob obali Aljaske
17. 7.	3.05	38,19 J	70,43 Z	6,6	186		Loncopué, Argentina
19. 7.	0.22	12,80 S	88,08 Z	6,5	71		pod morskim dnom, ob obali Salva- dorja
16. 8.	12.47	13,89 J	167,23 V	6,5	188		pod morskim dnom, območje Vanua- tov
17. 8.	17.04	4,35 S	73,58 Z	6,2	10	2	Restrepo, Kolumbija
28. 8.	19.55	6,81 J	116,53 V	7,1	514		pod morskim dnom, območje Indo- nezije
8. 9.	9.09	32,80 J	179,37 Z	6,6	90		pod morskim dnom, območje otočja Kermadec
8. 9.	22.11	31,06 S	8,39 Z	6,8	19	2960	Al Haouz, Maroko
18. 9.	3.10	44,02 S	11,68 V	5,1	10	1	Marradi, Italija

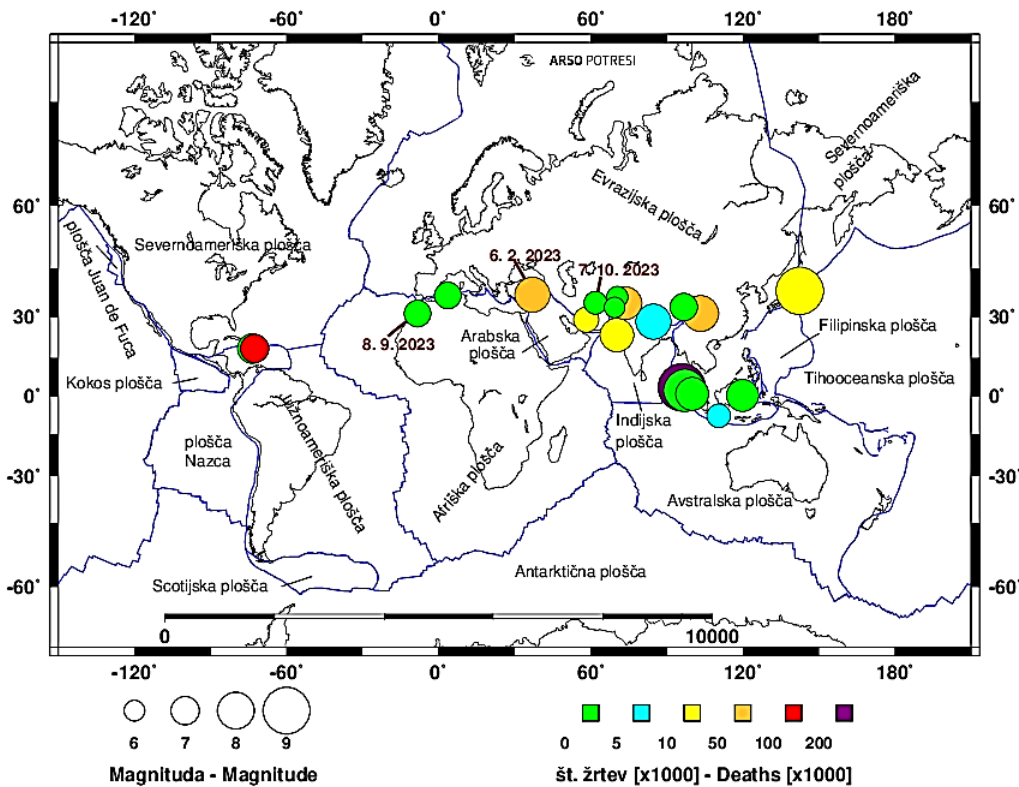
datum	čas (UTC)	koordinati nadžarišča		magnituda	globina	št. žrtev	širše nadžariščno območje
	ura.min	zem. šir. (°)	zem. dolž. (°)				
date	time (UTC)	epicentral coordinates		magnitude	depth	no. of fa- talities	wider epicentral area
	h.min	lat (°)	lon (°)				
3. 10.	1.56	29,49 S	81,24 V	5,7	20	1	Dipayal, Nepal
7. 10.	6.41	34,60 S	61,93 V	6,3	10	1482	Herāt, Afganistan
7. 10.	7.12	34,58 S	61,89 V	6,3	10	*	Herāt, Afganistan
7. 10.	8.34	5,60 J	146,14 V	6,7	55	1	Orinma, Papua Nova Gvineja
7. 10.	8.40	5,48 J	146,15 V	6,9	74		pod morskim dnom, ob obali Papue Nove Gvineje
11. 10.	0.41	34,54 S	62,05 V	6,3	9	3	Herāt, Afganistan
15. 10.	3.36	34,66 S	62,13 V	6,3	6	4	Herāt, Afganistan
16. 10.	11.35	53,10 S	175,50 Z	6,7	187		pod morskim dnom, območje Aljaske
31. 10.	11.10	17,52 J	179,01 Z	6,5	550		pod morskim dnom, območje Fidžija
31. 10.	12.33	28,75 J	71,57 Z	6,6	34		pod morskim dnom, ob obali Čila
3. 11.	18.02	28,85 S	82,16 V	5,7	17	153	Dhime, Nepal
8. 11.	4.52	6,44 J	129,75 V	6,7	10		pod morskim dnom, Bandsko morje
8. 11.	4.53	6,42 J	129,55 V	7,1	10		pod morskim dnom, Bandsko morje
8. 11.	13.02	6,13 J	129,87 V	6,7	10		pod morskim dnom, Bandsko morje
17. 11.	8.14	5,57 S	124,99 V	6,7	52	11	pod morskim dnom, Celebeško morje
22. 11.	4.47	14,96 J	167,97 V	6,7	13		pod morskim dnom, območje Vanuatov
24. 11.	9.05	20,13 S	145,52 V	6,9	16		pod morskim dnom, območje Severnih Marianskih otokov
27. 11.	21.46	3,56 J	144,04 V	6,5	8		pod morskim dnom, območje Papue Nove Gvineje
2. 12.	14.37	8,53 S	126,42 V	7,6	40	3	pod morskim dnom, Filipinsko morje
3. 12.	10.35	8,49 S	126,75 V	6,6	56		pod morskim dnom, Filipinsko morje
3. 12.	19.49	8,93 S	126,59 V	6,9	31		pod morskim dnom, Filipinsko morje
7. 12.	12.56	20,62 J	169,31 V	7,1	48		pod morskim dnom, območje Vanuatov
18. 12.	15.59	35,74 S	102,81 V	5,9	10	151	Gansu, Kitajska
28. 12.	9.15	44,58 S	148,99 V	6,5	24		pod morskim dnom, območje Kurilskih otokov

Potresi so leta 2023 po svetu zahtevali veliko življenj, skupaj vsaj 64.343, kar je največ po letu 2010, ko je zaradi potresov umrlo več kot 160.000 ljudi (histogram na sliki 2; Wikipedia, 2024b). Trije potresi leta 2023 so uvrščeni med 20 najbolj smrtonosnih potresov v 21. stoletju (slika 3; Wikipedia, 2024b). Februar sta zaznamovala dva potresa v Turčiji, ki sta se zgodila na različnih segmentih Vzhodnoanatolskega prelomnega sistema, septembra so po do zdaj najmočnejšem instrumentalno zabeleženem potresu v državi preštevali mrtve v Maroku, oktobra pa je bilo veliko žrtev tudi v Afganistanu. Na lestvici dvajsetih potresov sicer le trije

(Indonezija 26. decembra 2004 z $M_W = 9,1$ in 28. marca 2005 z $M_W = 8,6$ ter Japonska 11. marca 2011 z $M_W = 9,1$) spadajo tudi med 20 najmočnejših potresov v istem obdobju (NEIC, 2024b).



Slika 2: Skupno število žrtev potresov v posameznem letu v 21. stoletju.
 Figure 2: Total number of victims of earthquakes in each year in the 21st century.



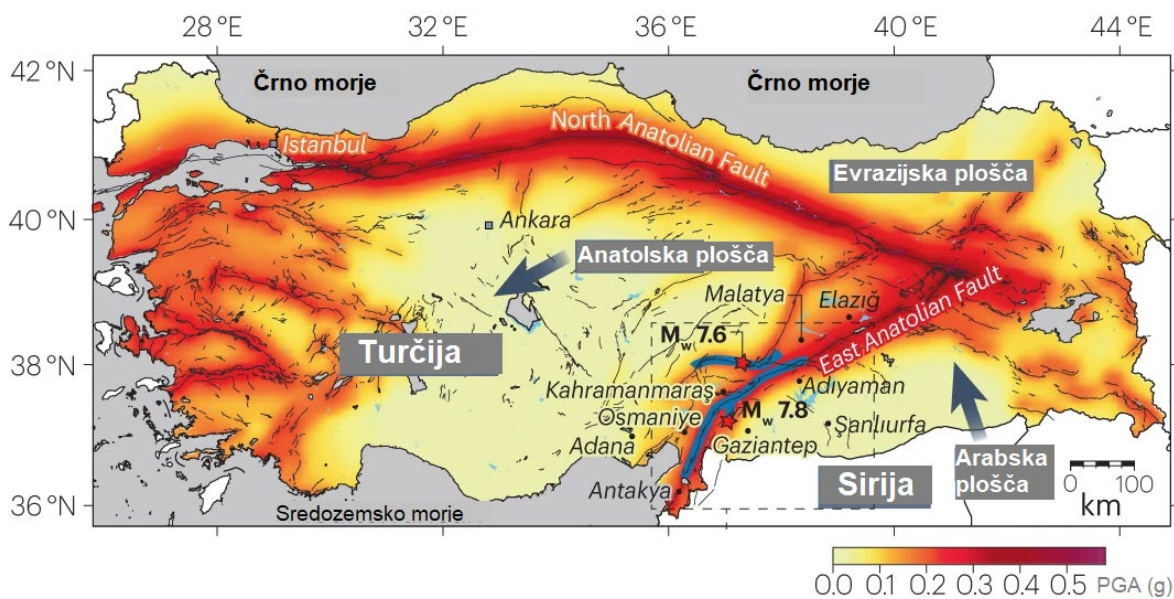
Slika 3: Prostorska porazdelitev 20 najbolj smrtonosnih potresov v 21. stoletju (po podatkih do 13. 5. 2024). Velikost krogov kaže potresno magnitudo, barva pa število žrtev. Prikazane so glavne tektonske plošče (modra črta). Z datumom so označeni trije, ki so se zgodili leta 2023.

Figure 3: Spatial distribution of the 20 deadliest earthquakes in the 21st century (according to data up to 13. May 2024). The size of the circle indicates the magnitude of the earthquake, and the colour indicates the number of victims. The main tectonic plates are also shown (blue line). Three earthquakes that occurred in 2023 are labelled (marked?) with the date.

Potres v Turčiji

Jugovzhod Turčije je 6. februarja ob 1.17 po UTC (4.17 po lokalnem času) strelsel rušilni potres z magnitudo 7,8, ki je bil tudi najmočnejši potres leta 2023. Nadžarišče potresa je bilo oddaljeno 37 km od turškega mesta Gaziantep z več kot milijon prebivalci. Devet ur pozneje (ob 10.24 po UTC) mu je sledil še en zelo močen potres z magnitudo 7,6, z žariščem 95 km severovzhodno od prvega. Obema so sledili številni popotresi, v enem dnevu več kot 570 in več kot 30.000 do maja 2023. Nekateri izmed njih so imeli magnitudo nad 6,0 (NEIC, 2023a; NEIC, 2023b; NEIC, 2024b).

Potresa sta se zgodila na različnih segmentih Vzhodnoanatolskega prelomnega sistema. Vzhodnoanatolski prelom je 600 kilometrov dolg zmični prelom, ki loči manjšo Anatolsko ploščo od Arabske. Ta se premika proti severu in potiska Anatolsko ploščo proti zahodu (modri puščici na sliki 4). Karta potresne nevarnosti Turčije jasno prikazuje visoko potresno nevarnosti vzdolž tega preloma. Kmalu po potresih 6. februarja so meritve in primerjave satelitskih posnetkov, terenske raziskave ter lokacije popotresov potrdile, da je potres magnitude 7,8 pretrgal 300 km dolg odsek Vzhodnoanatolskega preloma med Antiohijo in Çelikhanom. Drugi potres z magnitudo 7,6 se je zgodil na ločeni, 150 km dolgi prelomni coni, ki vključuje preloma Çardak in Doğanşehir, severno od prvega pretrga (Hussain in drugi, 2023; Rajh in Cecić, 2023).



Slika 4: Karta potresne nevarnosti Turčije. Z rdečo zvezdico sta označena potresa, ki sta se zgodila 6. februarja 2023, z modro črto pa aktiviran del preloma (prirejeno po: Hussain in drugi, 2023). North Anatolian Fault – Severnoanatolski prelom; East Anatolian Fault – Vzhodnoanatolski prelom.

Figure 4: Seismic hazard map of Turkey. The two earthquakes that occurred on 6 February 2023 are marked with a red star and the activated part of the fault with a blue line (adapted from: Hussain et al., 2023).

Potresi so razdejali cela naselja v Turčiji in Siriji, zahtevali so vsaj 59.488 življenj (53.537 v Turčiji in 5951 v Siriji), poškodovanih je bilo več kot 121.000 ljudi, 1,5 milijona pa jih je ostalo brez strehe nad glavo. S poškodbami prizadeto območje se je raztezalo na 350.000 km² površine, kar ustreza površini približno sedemnajstih Slovenij (Wikipedia, 2024c).

Do tako tragičnih posledic je pripeljalo več dejavnikov. Prvi potres se je zgodil ponoči, ko so ljudje še spali in bili zato večinoma doma. Drugi močen potres je stanje ujetih pod ruševinami

še poslabšal. Poškodovane ceste, zimske razmere in motnje v komunikacijah so ovirale reševanje. Pri potresih se je aktiviralo veliko območje ob Vzhodnoanatolskem prelomnem sistemu, ki je večje od Slovenije in gosto poseljeno zaradi naravnih danosti (voda, rodovitna zemlja). Potresi so bili plitvi (žarišče približno 10 km globoko), prelomni pretrgi so segali tudi do površja, kjer so se pojavile razpoke in zdrsi tal, prišlo je tudi do obsežne likvifikacije oziroma utekočinjenja tal (npr. Gosar, 2017). Zgradbe so v kratkem času prestale zelo velike premike, zato so se poškodbe hitro kopičile. Na območjih, ki sta jih prizadela dva močna potresa, so bile kljub uveljavljenim gradbenim predpisom številne, tudi armiranobetonske zgradbe zgrajene s slabšimi materiali in mnogimi konstrukcijskimi nepravilnostmi (slika 5a).

Dodaten dejavnik je revščina. V najbolj prizadetih turških provincah je stopnja revščine višja kot v zahodnem delu Turčije. Poleg tega je na tem območju, tako na turški kot sirske strani, zaradi vojnih razmer v Siriji zelo veliko beguncev. Begunci in obubožani domačini so bolj ranljivi za naravne nesreče, saj zaradi razmer pogosteje živijo v prenatrpanih stanovanjih slabše kakovosti. Prav zaradi državljanske vojne v Siriji je pomoč do Sircev, prizadetih v potresu, prihajala zelo počasi (slika 5b). Tudi poročila o škodi in umrlih s tega območja so bila sprva zelo skopa (Mavroulis in drugi, 2023; Hussain in drugi, 2023; Wikipedia, 2024c).

Potres v Maroku

Septembra je močen potres prizadel tudi Maroko. Zgodil se je 8. septembra pozno zvečer ob 22.11 po UTC (ob 23.11 po lokalnem času) 74 km jugozahodno od Marakeša, ki ima približno 929.000 prebivalcev in leži ob vznožju Visokega Atlasa. Maroko je blizu Azorsko-Gibraltarskega transformnega preloma, ki ločuje Afriško in Evrazijsko tektonsko ploščo. Potres z magnitudo 6,8 je zahteval skoraj 3000 žrtev (večino zunaj mest), več kot 5600 je bilo ranjenih. To je najmočnejši instrumentalno zabeležen potres v Maroku in najsmrtonosnejši v državi po potresu v Agadirju leta 1960, ko je umrlo več kot 12.000 ljudi. Poškodovanih je bilo najmanj 40.759 hiš iz 2930 vasi. Večina škode je nastala zunaj mest, a nekatere vasi so bile popolnoma porušene. Pomemben dejavnik za veliko število žrtev je bil tudi v tem primeru nočni čas potresa. Agadirski potres je sicer spodbudil spremembe v gradbenih pravilih v Maroku, vendar številne, zlasti podeželske zgradbe, še vedno niso zgrajene tako, da bi zdržale tako tresenje tal (slika 5c; Wikipedia, 2024č).

Potres v Afganistanu

Oktobra 2023 so štirje močni potresi in številni šibkejši popotresi prizadeli provinco Herāt v zahodnem delu Afganistana. Afganistan leži znotraj širokega in zapletenega stika med Arabsko ploščo, Indijsko ploščo in Evrazijsko ploščo. Je eno izmed najbolj potresno dejavnih območij na svetu s številnimi aktivnimi prelomi (Shnizai in drugi, 2022). Prva dva potresa z magnitudo 6,3 sta se zgodila 7. oktobra ob 6.11 in 6.42 po UTC (ob 11.11 in 11.42 po lokalnem času). V potresih je izgubilo življenje 1482 oseb. Devetdeset odstotkov žrtev so bile ženske in otroci, ki so bili v času potresa doma. Uničenih je bilo več kot 21.500 domov (slika 5č), še vsaj 17.080 pa je bilo močno poškodovanih. Poškodovanih je bilo tudi veliko bolnic in šol. Nekaj vasi je bilo zravnanih s tlemi. Dodatno sta k uničenju prispevala še potresa, ki sta se zgodila 11. oktobra ob 5.11 in 15. oktobra ob 8.06 po lokalnem času, oba z magnitudo 6,3. Na tem območju so uničujoči učinki potresov zelo pogosti. Poleg plitvega žarišča tokratnih potresov k temu prispevajo tudi bližina gosto naseljenih območij, nizka kakovost gradnje (npr. hiše iz blata) in težke vsesplošne razmere v državi, kjer se spoprijemajo z dolgoletno sušo, humanitarno krizo, pomanjkanjem sredstev in razseljevanjem, ki ga povzročajo desetletja vojne. Po potresu je pomoč zelo težko prišla do prizadetih ljudi. Na tisoče ljudi je pred zimo ostalo brez strehe nad glavo (Wikipedia, 2024d).



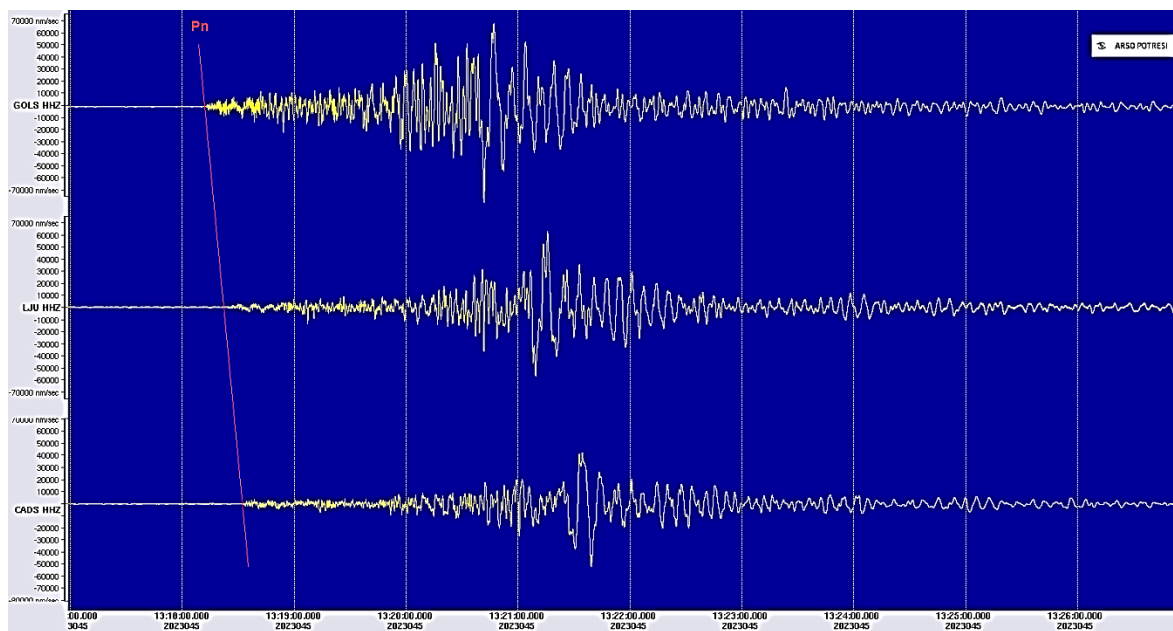
Slika 5: a) Uničenje v kraju Kahramanmaraş, Turčija (Wikipedia, 2024c); b) Uničenje v kraju Jindires, Sirija (Wikipedia, 2024c); c) Uničena vas v Atlaškem gorovju (Wikipedia, 2024č); č) Uničena hiša v Haratu, Afganistan (EMSC, 2023).

Figure 5: a) Destruction in Kahramanmaraş, Turkey (Wikipedia, 2024c); b) Destruction in Jindires, Syria (Wikipedia, 2024c); c) A destroyed village in the Atlas Mountains (Wikipedia, 2024č); d) A destroyed house in Harat, Afghanistan (EMSC, 2023).

Najmočnejši potres v Evropi leta 2023

Najmočnejši potres v Evropi ($M_w = 5,6$) se je zgodil 14. februarja ob 13.16 po UTC (ob 15.16 po lokalnem času) v bližini kraja Lelești v Romuniji. V potresu so bila prizadeta okrožja Dolj, Hunedoara in Mehedinți, najbolj pa okrožje Gorj, kjer je bilo poškodovanih najmanj 484 hiš in dve cerkvi. Skalni podori so se sprožili v narodnem parku Defileul Jiului. Devetnajst ljudi je bilo poškodovanih, potres pa ni zahteval življenj (Wikipedia, 2024a).

Potresno valovanje, ki se je širilo od žarišča potresa v Romuniji, so zabeležile tudi potresne opazovalnice v Sloveniji. Na sliki 8 je prikazan seizmični zapis navpične komponente potresa na treh slovenskih potresnih opazovalnicah. Opazovalnica GOLS v Pavlovi vasi je od nadžarišča potresa oddaljena približno 600 km. Primarno potresno valovanje (P_n) je do nje potovalo 82 sekund, do opazovalnice LJU v Ljubljani na razdalji 685 km 93 sekund in do 748 km oddaljene opazovalnice CADS v Čadrgu 101 sekundo (slika 6).



Slika 6: Seizmogram navpične komponente potresa 14. februarja 2023 (Romunija) na potresnih opazovalnicah v Pavlovi vasi (GOLS), Ljubljani (LJU) in v Čadrgu (CADS). Prikazan je 10-minutni zapis, izrisan v enakem merilu amplitude nihanja tal. Na zapisu so označeni vstopni časi Pn faze potresnega valovanja.

Figure 6: Vertical (Z-component) seismogram of the earthquake on 14 February 2023 in Romania, recorded at stations in Pavlova vas (GOLS), Ljubljana (LJU) and Čadrg (CADS). The figure shows a 10-minute recording of the earthquake plotted on the same ground motion amplitude scale. The arrival times of the Pn phase are marked in the plot.

Sklepne misli

Leta 2023 je bilo po svetu 55 potresov z navorno magnitudo vsaj 6,5. Med njimi jih je bilo le dvanajst, ki svojega žarišča niso imeli pod morskim dnom. Človeška življenja je zahtevalo 29 potresov, ki so skupaj terjali vsaj 64.343 žrtev, največ po letu 2010. Februarja 2023 so svet pretresle posledice dveh močnih potresov z žariščem v bližini turško-sirske meje. Prvi je bil z magnitudo 7,8 tudi najmočnejši potres leta 2023. Veliko žrtev sta povzročila tudi potresa septembra v Maroku in oktobra v Afganistanu. Najmočnejši potres v Evropi z navorno magnitudo 5,6 je februarja stresel Romunijo.

Viri in literatura

EMSC, 2023. Earthquake sequence in Western Afghanistan, October 2023. Euro-Mediterranean Seismological Centre. https://emsc-csem.org/Special_reports/?id=318, 15. 5. 2024.

Hussain, E., Kalaycıoğlu, S., Milliner, C.W.D., Çakir, Z., 2023. Preconditioning the 2023 Kahramanmaraş (Türkiye) earthquake disaster. *Nat Rev Earth Environ* 4, 287–289. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00411-2>, 13. 5. 2024.

Gosar, A. 2017. Likvifikacija sedimentov ob potresu, *Ujma* št. 31, 151–156. ISSN 0353-085X

ISC, 2023. International Seismological Centre, *Summ. Bull. Intern. Seismol. Cent.*, July - December 2020, Vol 57 (No II), Thatcham, United Kingdom, 2023, <http://publications.isc.ac.uk/index.php/summary>, 20. 8. 2024.

Jesenko, T., 2023. Močnejši potresi po svetu 2022, *Ujma*, št. 37, 108–115. ISSN 0353-085X.

- 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/seizmoloski-slovar>, 19. 8. 2024.
- Mavroulis, S., Agryropoulos, I., Vassilakis, E., Cayridis, P., Lekkas, E., 2023. Controlling Damage Caused by the 6 February 2023 Earthquakes in East Anatolia. *Geosciences* 2023, 13, 303. <https://doi.org/10.3390/geosciences13100303>, 19. 8. 2024.
- NEIC, 2023a. M 7.8 - Pazarcik earthquake, Kahramanmaras earthquake sequence. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jlz/executive>, 20. 8. 2024.
- NEIC, 2023b. M 7.5 - Elbistan earthquake, Kahramanmaras earthquake sequence. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jlqa/executive>, 20. 8. 2023.
- NEIC, 2024a. Significant Earthquakes – 2023. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/significant.php?year=2023>, 20. 8. 2024.
- NEIC, 2024b. Search Earthquake Catalogue. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>, 19. 8. 2024.
- Rajh, G., Cecić, I., 2023. Potresi v jugovzhodni Turčiji 6. februarja 2023. Potresi v jugovzhodni Turčiji 6. februarja 2023. *Življenje in tehnika*, 2023, 74 (4), 24–35.
- Shnizai, Z., Talebian, M., Valkanotis, S., and Walker, R., 2022, Multiple factors make Afghan communities vulnerable to earthquakes, *Temblor*, <http://doi.org/10.32858/temblor.266>, 19. 8. 2024.
- Tasič, I., Vidrih, R. 2007. Zapisi oddaljenih potresov in notranja zgradba Zemlje, *Ujma št. 21*, 155–163. ISSN 0353-085X, 20. 8. 2024.
- Wikipedia, 2024a. List of earthquakes in 2023. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_earthquakes_in_2023, 19. 8. 2024.
- Wikipedia, 2024b. Lists of 21st-century earthquakes. https://en.wikipedia.org/wiki/Lists_of_21st-century_earthquakes#List_of_deadliest_earthquakes, 19. 8. 2024.
- Wikipedia, 2024c. 2023 Turkey–Syria earthquakes. https://en.wikipedia.org/wiki/2023_Turkey-Syria_earthquakes, 20. 8. 2024
- Wikipedia, 2024č. 2023 Al Haouz earthquake. https://en.wikipedia.org/wiki/2023_Al_Haouz_earthquake, 20. 8. 2024.
- Wikipedia, 2024d. 2023 Herat earthquakes. https://en.wikipedia.org/wiki/2023_Herat_earthquakes, 20. 8. 2024.

Kazalo

Izidor Tasič

Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2023

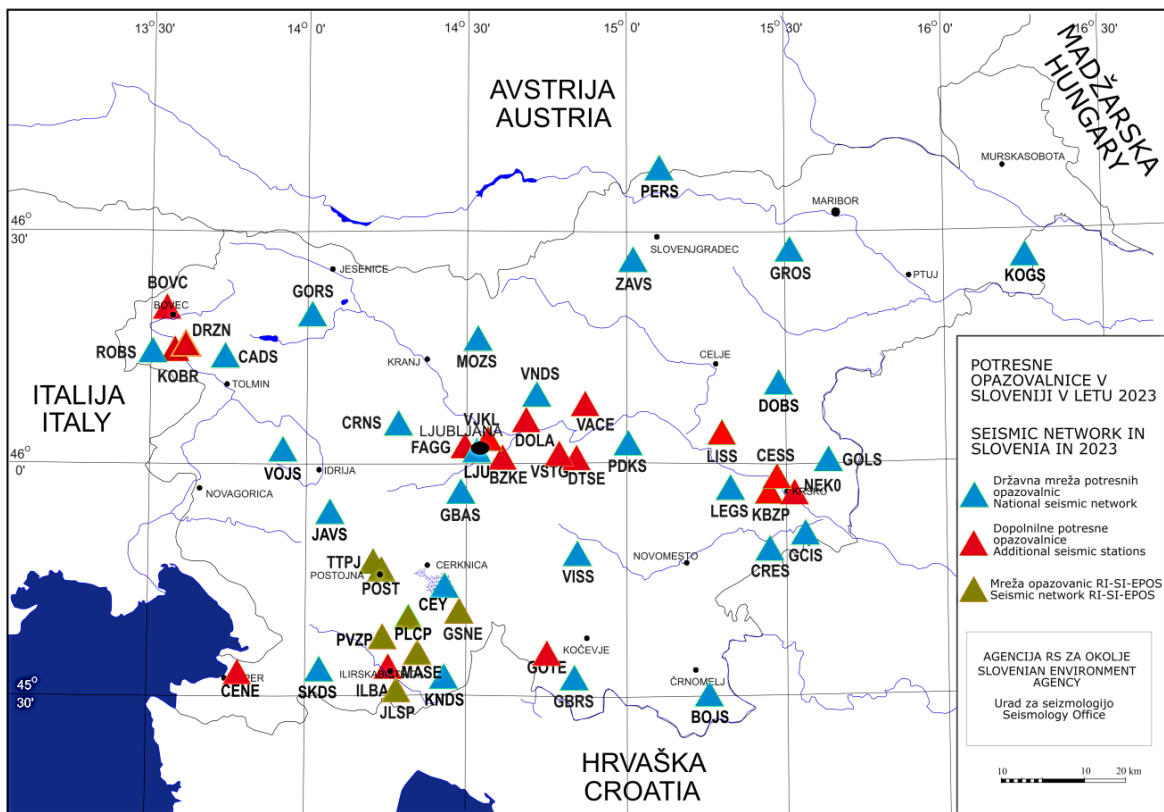
Seismic Network in Slovenia in 2023

Povzetek

Leta 2023 je na območju Slovenije delovala Državna mreža potresnih opazovalnic s 26 potresnimi opazovalnicami. V različnih časovnih obdobjih tega leta je delovalo še 17 dopolnilnih potresnih opazovalnic. ARSO v sodelovanju ZRC SAZU soupravlja še sedem opazovalnic, ki tvorijo mrežo SLO Karst NFO in so del projekta "Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS".

Abstract

In 2023, Seismic network of the Republic of Slovenia with 26 seismic stations was operating on the territory of Slovenia. At different times of the year, 17 additional seismological stations (not part of SNRS) operated. ARSO, in cooperation with ZRC SAZU, manages another seven stations that form the SLO Karst NFO network and are part of the project "Development of Research Infrastructure for the International Competitiveness of the Slovenian RRI area - RI-SI-EPOS".



Slika 1: Potresne opazovalnice ARSO (rdeči in modri trikotniki) in SLO Karst NFO (zeleno-rjavi trikotniki; RI-SI-EPOS, Šebela, 2021) leta 2023.

Figure 1: Seismic network in Slovenia, monitored by ARSO (red and blue triangles) in 2023 and Slovenian Karst NFO Seismic Network (SLO Karst NFO, greenish brown triangles, Šebela, 2021).

Uvod

Potresne opazovalnice ARSO (ARSO, 2024) delimo v dve skupini (slika 1). Državna mreža potresnih opazovalnic (DMPO; ARSO, 1990) s 26 potresnimi opazovalnicami tvori hrbtenico potresnega opazovanja v Sloveniji (modri trikotniki na sliki 1). V drugi skupini (rdeči trikotniki na sliki 1) so tako imenovane dopolnilne potresne opazovalnice (DoPO). Njihov osnovni namen je boljša parcialna geografska pokritost prostora in s tem natančnejše določanje potresnih parametrov. Potresne opazovalnice v obeh skupinah se med seboj ločijo glede na protokol delovanja, kvaliteto seizmološke merilne opreme, kvaliteto lokacije in čas delovanja.

V letu 2023 je ARSO v okviru projekta Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS (RI-SI-EPOS, 2024) v sodelovanju ZRC SAZU soupravljal šečasne opazovalnice Slo Karst NFO mreže južno od Postojne (zeleni trikotniki na sliki 1) (Šebela in drugi, 2020, 2023).

Preglednica 1: Državna mreža potresnih opazovalnic

Table 1: National seismic network in Slovenia.

oznaka	ime opazovalnice	začetek delovanja	zem. šir.	zem. dol.	n. viš.	litološka podlaga
code	station name	the start of operation	lat.	lon.	elev.	lithology
		leto / year	°N	°E	[m]	
BOJS	Bojanci	2004	45,5043	15,2518	252	apnenec / limestone
CADS	Čadrg	2003	46,2281	13,7369	751	apnenec / limestone
CEY	Cerknica	1975	45,7381	14,4221	579	apnenec / limestone
CRES	Črešnjevce	2002	45,8259	15,4569	431	dolomit / dolomite
CRNS	Črni Vrh	2005	46,0807	14,2613	712	dolomit, apnenec / dolomite, limestone
DOBS	Dobrina	1996	46,1495	15,4695	465	lapor / marlstone
GBAS	Gorenja Brezovica	2008	45,9348	14,4434	525	dolomit / dolomite
GBRS	Gornja Briga	2007	45,5311	14,8101	610	dolomit / dolomite
GCIS	Gornji Cirknik	2003	45,8672	15,6275	385	dolomit / dolomite
GOLS	Goliše	2002	46,0108	15,6245	559	dolomit / dolomite
GORS	Gorjuše	2004	46,3174	13,9999	1048	apnenec / limestone
GROS	Grobnik	2002	46,461	15,5018	930	tonalit / tonalite
JAVS	Javornik	2003	45,8934	14,0643	1100	dolomit / dolomite
KNDS	Knežji dol	2003	45,5278	14,3807	1035	apnenec / limestone
KOGS	Kog	2004	46,4481	16,2504	245	glinavec / mudstone
LEGS	Legarje	2002	45,9488	15,3177	390	dolomit / dolomite
LJU	Ljubljana	1958	46,0438	14,5278	396	peščenjak / sandstone
MOZS	Možjanca	2005	46,2941	14,4433	660	apnenec / limestone
PDKS	Podkum	2002	46,0612	14,9977	679	dolomit / dolomite
PERS	Pernice	2002	46,6365	15,1139	795	filit / schist
ROBS	Robič	2002	46,2445	13,5094	245	apnenec / limestone
SKDS	Skadaščina	2006	45,5464	14,0143	552	apnenec / limestone
VISS	Višnje	2003	45,8033	14,8393	399	apnenec / limestone
VNDS	Vrh pri Dolskem	2006	46,1016	14,7014	531	kremenov peščenjak / quartz sandstone
VOJS	Vojsko	2004	46,0322	13,8877	1072	dolomit / dolomite
ZAVS	Zavodnje	2005	46,4342	15,0246	741	granodiorit / granodiorite

Državna mreža potresnih opazovalnic

Državno mrežo potresnih opazovalnic (DMPO) sestavlja 26 potresnih opazovalnic (preglednici 1 in 2), ki so opremljene s širokopasovnim seizmometrom in s pospeškometrom (Tasič, 2018). Prvi meri hitrost, drugi pospešek nihanja tal. Kombinacija obeh merilnih sistemov na enem mestu omogoča večje skupno dinamično območje merjenja. Zaradi take postavitve lahko na potresni opazovalnici merimo zelo šibke seizmične signale, ki jih zaznajo samo občutljivi seizmometri, lahko pa zabeležimo tudi velika nihanja tal. Primer slednjega je močen Petrinjski potres leta 2020 na Hrvaškem, kjer so bili na nekaterih lokacijah v Sloveniji seizmometri prekrmljeni, pospeškometri pa so pravilno zabeležili tudi največje nihanje tal (Tasič, 2018). Merilna sistema sta povezana s sodobnim seizmološkim 6-kanalnim podatkovnikom (zajemalno enoto) tipa Q330HRS podjetja Kinometrics, ki podatke digitalizira in opremi s točnim časom ter jih nato samodejno neprekinjeno prenaša v središče za obdelavo podatkov (SOP) na Vojkovo 1b v Ljubljani (Vidrih in drugi, 2006) in v rezervno središče na observatorij na Golovcu v Ljubljani.

V letu 2023 smo na lokacijah DMPO izvedli nekaj večjih posodobitev seizmološke opreme, ki so opisane v članku Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2023 (Mali in drugi, 2024). Popis opreme na DMPO leta 2023 je zapisan v preglednici 2.

Preglednica 2: Oprema na opazovalnicah DMPO v letu 2023

* - opazovalnica je delovala že prejšnje leto;

** - delovanje opazovalnice se nadaljuje v prihodnjem letu

¹ - oprema je bila postavljena 4. 10. 2023, delovati pa je začela 22. 12. 2023.

^x - oprema je del projekta Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega prostora RRI – RI-SI-EPOS (RI-SI-EPOS, 2023).

Table 2: Equipment on National seismic network in Slovenia in 2023.

* - station has been in function in previous year;

** - station continues to operate in 2024

¹ - the equipment was installed on 4 October 2023 and started operating on 22 December 2023.

^x - the equipment is a part of the project "Development of Research Infrastructure for the International Competitiveness of the Slovenian RDI area – RI-SI-EPOS" (RI-SI-EPOS, 2023).

oznaka opazovalnice	senzor/ser. št.	čas delovanja (od-do)	zajemalna naprava/ser.št.	čas delovanja (od-do)
station code	sensors type/ser. no.	operating (from-to)	acquisition unit/ser. no.	operating (from-to)
BOJS	T360 ^(x) /1001	*_**	Q330HRS/6309	*_**
	EpiSensor/1723	*_**		
CADS	TRILLIUM 120QA/3091	*_**	Q330HRS 6087	*_**
	CMG-T5/T5JD6	*_**		
CEY	CMG-3ESPC/T35617	*_**	Q330HRS/6104	*_**
	Fortis/TF465	*_**		
CRES	STS-2/90733	*_**	Q330HRS/5878	*_**
	EpiSensor/782	*_**		
CRNS	CMG-3T/T37529	*_9. 8. 2023;	Q330HRS/6105	*_**
	TH120/3183	4. 10. 2023 ¹ _**		
CMG-T5/T5JD4	*_**			
DOBS	CMG-3ESPC/T34749	*_**	Q330HRS/6314	*_**
	CMG5T/T5HL8	*_**		

oznaka opazovalnice	senzor/ser. št.	čas delovanja (od-do)	zajemalna naprava/ser.št.	čas delovanja (od-do)
station code	sensors type/ser. no.	operating (from-to)	acquisition unit/ser. no.	operating (from-to)
GBAS	TH120/2080	*_**	Q330HRS/5655	*_**
	CMG-5T/T5HL9 TITAN/2985	*_12. 1. 2023 12. 1. 2023-**		
GBRS	CMG-3ESPC/T35893 STS-2.5/192454	*_27. 9. 2023 27. 9. 2023-**	Q330HRS/6315	*_**
	CMG-5TC/T5KU6 FORTIS/TF467	*_27. 9. 2023 27. 9. 2023-**		
GCIS	STS-2/120925	*_**	Q330HRS/6311	*_**
	EpiSensor/9755	*_**		
GOLS	CMG-40TBH/T4B26	*_**	Q330HRS/6311	*_**
	FORTIS/TF459	*_**		
GORS	STS-2.5/151206	*_**	Q330HRS/5657	*_**
	EpiSensor/785	*_**		
GROS	T120QA/2973	*_**	Q330HRS/6312	*_**
	EpiSensor /9756	*_**		
JAVS	STS 2.5/192434	*_**	Q330HRS/5881	*_**
	CMG-5TC/T5HL6	*_**		
KNDS	STS-2/10416	*_**	Q330HRS/5798	*_**
	CMG-5TC/T5HL5	*_**		
KOGS	CMG-3T/T37085	*_2. 2. 2023	Q330HRS/5653 Q330HRS/5797 Q330HRS/7462	*_30. 1. 2023 30. 1.-20. 6. 2023 20. 6. 2023-*
	CMG-3T/T37540	2. 2. 2023-**		
	EpiSensor/784	*_**		
LEGS	CMG-40TB/T4B29	*_**	Q330HRS/7331	*_**
	FORTIS/TF466	*_**		
LJU	STS-2/40316	*_**	Q330HRS/5656	*_**
	EpiSensor/783	*_**		
MOZS	STS-2/10417	*_**	Q330HRS/5654	*_**
	Fortis/TF089	*_**		
PDKS	CMG-40TB/T4B28	*_**	Q330HRS/7329	*_**
	Episenzor/9754	*_**		
PERS	CMG-3ESPC/T35616	*_**	Q330HRS/6102	*_**
	CMG-5T/T5JD5	*_**		
ROBS	TH120/2079	*_**	Q330HRS/5880	*_**
	Fortis/TF090	*_**		
SKDS	STS-25/172109	*_**	Q330HRS/5658	*_**
	EpiSensor/786	*_**		
VISS	STS-2.5/151206	*_**	Q330HRS/5879	*_**
	CMG 5T/T5HL7	*_**		
VNDS	CMG-3T/T37725	*_**	Q330HRS/6100	*_**
	EpiSensor/1722	*_**		
VOJS	STS 2.5/172149	*_**	Q330HRS/6103	*_**
	CMG 5T/T5V48	*_**		
ZAVS	T120QA/2976	*_**	Q330HRS/6310	*_**
	EpiSensor/10026	*_**		

Dopolnilne potresne opazovalnice

Dopolnilne potresne opazovalnice (DoPO; preglednici 3 in 4), ki dopolnjujejo potresno opazovanje DMPO, so opremljene z raznovrstno seizmološko opremo. V letu 2023 je na ozemlju Slovenije skupno delovalo 17 dopolnilnih potresnih opazovalnic. Ob koncu leta je bilo devet opazovalnic opremljenih s pospeškometri ETNA, ki pošiljajo v SOP samo prožene dogodke, se pravi dogodke, katerih amplituda nihanja tal je večja od neke vnaprej določene amplitude za to lokacijo. Ostale dopolnilne potresne opazovalnice pošiljajo v SOP podatke v neprekinjenem načinu (preglednica 4). Nekatero od teh so opremljene samo s seizmometri (LISS, GOTE, VSTG), potresne opazovalnice VJKL, CESS in KBZP imajo pospeškometer in seizmometer, še dve (ILBA, NEK0) pa samo pospeškometer.

Preglednica 3: Dopolnilne potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2023

(NEK) - oprema je v lasti Nuklearne elektrarne Krško (NEK).

Table 3: Additional seismic stations in Slovenia in 2023.

(NEK) – the equipment is owned by Krško Nuclear Power Plant (NEK).

oznaka	ime opazovalnice	začetek delovanja	zem. šir.	zem. dol.	n. viš.	litološka podlaga
code	station name	the start of operation	Lat.	Long.	elev.	Lithology
		leto / year	°N	°E	[m]	
BOVC	Bovec	2000	46,3382	13,5543	455	prod, pesek / gravel, sand
BZKE	Bizovik - Ljubljana	2020	46,0380	14,5645	288	prod, pesek, melj / gravel, sand, silt
CENE	Čentur	2020	45,5097	13,7700	161	lapor, peščenjak, breča, apnenec / marlstone, sandstone, limestone
CESS	Cesta	1996	45,9733	15,4632	372	dolomit / dolomite
DOLA	Dolsko	1995	46,0938	14,6781	265	prod, pesek / gravel, sand
DRZN	Drežnica	1998	46,2586	13,6126	544	lapor, peščenjak / marlstone, sandstone
DTSE	DSO Tisje	2019	46,0251	14,8395	279	glina, prod / clay, gravel
FAGG	FGG - Ljubljana	1995	46,0459	14,4944	295	prod, pesek, melj / gravel, sand, silt
GOTE	Gotenica	1997	45,6095	14,7464	670	dolomit / dolomite
ILBA	Ilirska Bistrica	1995	45,5638	14,2446	404	lapor, peščenjak / marlstone, sandstone
KBZP	Brezje pri Senušah	1990	45,9405	15,439	208	apnenec, lapor / limestone, marlstone
KOBR	Kobarid	2000	46,2474	13,5786	234	konglomerat / conglomerate
LISS	Lisca	2002	46,0674	15,2907	948	dolomit / dolomite
NEK0 ^(NEK)	Krško (NEK)	1994	45,9391	15,5185	156	prod, pesek / gravel, sand
VACE	Vače	2020	46,1193	14,8380	521	apnenec / limestone
VJKL	ARSO - Ljubljana	2019	46,0652	14,5131	298	glina, prod / clay, gravel
VSTG	Velika Štanga	2020	46,0428	14,7704	465	kremenov peščenjak / quartz sandstone

Preglednica 4: Oprema na opazovalnicah DoPO v letu 2023

* - opazovalnica je delovala že prejšnje leto;

** - delovanje opazovalnice se nadaljuje v prihodnjem letu

^(x) - oprema je del projekta »Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS« (RI-SI-EPOS, 2024),^(xx) – serijska številka senzorja je povezana s ser. številko zajemalne enote^(NEK) - oprema je v lasti NEK.**Table 4: Equipment on additional seismic stations in Slovenia in 2023.**

* - station has been in function in previous year;

** - station continues to operate in 2023

^(x) – the equipment is part of the project "Development of research infrastructure for the international competitiveness of the Slovenian RDI area – RI-SI-EPOS« (RI-SI-EPOS, 2024),^(xx) – serial number of sensor is connected to a serial number of acquisition unit^(NEK) – the equipment is owned by NEK.

oznaka opazovalnice	senzor/ser. št.	čas delovanja (od-do)	zajemalna naprava/ser.št.	čas delovanja (od-do)
station code	sensors type/ser. no.	operating (from-to)	acquisition unit/ser. no.	operating (from-to)
BOVC	FBA-23 1g ^(xx)	*_**	Etna/811	*_**
BZKE	FBA-23 1g ^(xx)	*_**	Etna/1245	*_**
CENE	EpiSensor 2g ^(xx)	*_**	Etna/6352	*_**
CESS	CMG-3ESPC/ T3S67	*_**	Centaur SN/0105	*_**
	Fortis/TF455	*_**		
DOLA	FBA-23 1g ^(xx)	*_**	Etna/810	*_**
DRZN	EpiSensor 2g ^(xx)	*_**	Etna/6354	*_**
DTSE	EpiSensor 2g ^(xx)	*_**	Etna/6349	*_**
FAGG	FBA-23 2g ^(xx)	*_**	Etna/6597	*_**
GOTE	FBA-23 1g ^(xx)	*-8. 3. 2023	Etna/1246	*-8. 3. 2023
	EpiSensor 2g ^(xx)	8. 3.–31. 8. 2023	Etna/6353	8. 3.–31. 8. 2023
	LE-3D/5s /0059	31. 8. 2023–**	PR6-24/4976	31. 8. 2023–**
ILBA	TITAN /2984 (2g)	*_**	CENTAUR/ 101	*_**
KBZP	CMG-40T /T4B23	*_**	PR6/4977	*- 8. 11. 2023
	FBA-23 1g/32206	*_**	PR6/4975	8. 11. 2023–**
KOBR	EpiSensor 2g ^(xx)	*_**	Etna/2133	*_**
LISS	CMG-40T/T4B06	*_**	Q730/2000104	*_**
NEK0 ^(NEK)	AC-XX 2g ^(xx)	*_**	GMS-scai/ 200024	*_**
VACE	LE-3D/5s /0059	*-17. 5. 2023	PR6-24/4976	*-17. 5. 2023
	EpiSensor 2g ^(xx)	17. 5. 2023–**	Etna/6351	17. 5. 2023–**
VJKL	CMG-40T/T4B11	*-21. 3. 2023	Q730/2000092	*_**
	CMG-40T/T4B05	21. 3. 2023–**		
	FBA-23/26045	*_**		
VSTG	LE-3D/5s /0768	*_**	PR6-24/4653	*_**

Mreža potresnih opazovalnic SLO Karst NFO

Sedem opazovalnic tvori Mrežo SLO Karst NFO (Šebela in drugi, 2020, 2023; SLO KARST NFO, 2020). V letu 2023 je delovalo 6 prenosnih opazovalnic na območju Postojna-Jelšane-Kozarišče (preglednici 5 in 6), ki so bile postavljene v letu 2020 v okviru projekta Razvoj

raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS (RI-SI-EPOS, 2024) v sodelovanju ZRC SAZU in ARSO. V letu 2022 je bila zaradi prenove objekta Muzeja presihajočih jezer (oznaka MPJP) oprema prenesena na novo lokacijo, in sicer v vas Palčje, v staro osnovno šolo (oznaka PLCP). Na potresni opazovalnici v Postojnski jami je od let 2010 delovala merilna oprema v lasti Univerze v Trstu, vendar brez točnega časa. V letu 2023 smo postavili dodatni merilni sistem - zajemalna enota s točnim časom in pospeškometer, ki hkrati zajema še podatke iz seizmometra v lasti univerze.

Preglednica 5: Mreža SLO Karst NFO v Sloveniji v letu 2023.

Table 5: Network SLO Karst NFO - "RI-SI-EPOS" in Slovenia in 2023.

oznaka	ime opazovalnice	začetek delovanja	zem. šir.	zem. dol.	n. viš.	litološka podlaga
code	station name	the start of operation	Lat.	Long.	elev.	Lithology
		leto / year	°N	°E	[m]	
GSNE	Grad Snežnik	2020	45,6829	14,4692	575	dolomit, apnenec / dolomite, limestone
JLSP	Jelšane	2020	45,5008	14,2734	509	apnenec / limestone
MASE	Mašun	2020	45,629	14,3734	1043	apnenec / limestone
PLCP	Palčje	2022	45,6762	14,2562	598	apnenec / limestone
POST	Postojna	2020	45,7756	14,2129	553	lapor, peščenjak / marlstone, sandstone
PVZP	Pivka, Park vojaške zgodovine	2020	45,6685	14,1885	559	apnenec / limestone
TTPJ	Postojnska Jama -Tartus	2010	45,7914	14,2041	519	apnenec / limestone

Preglednica 6: Oprema na mreži SLO Karst NFO v Sloveniji v letu 2023.

* - opazovalnica je delovala že prejšnje leto; ** - delovanje opazovalnice se nadaljuje v prihodnjem letu;

^(x) - oprema je del projekta »Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS« (RI-SI-EPOS, 2024).

Table 6: Equipment on Network SLO Karst NFO in Slovenia in 2023.

* - station has been in function in previous year; ** - station continues to operate in 2023;

^(x) – the equipment is part of the project "Development of research infrastructure for the international competitiveness of the Slovenian RDI area – RI-SI-EPOS« (RI-SI-EPOS, 2024).

oznaka opazovalnice	Senzor	čas delovanja (od-do)	zajemalna naprava/ser.št.	čas delovanja (od-do)
station code	sensors type	operating (from-to)	acquisition unit/ser. no.	operating (from-to)
GSNE	EpiSensor 2g ^(x)	*_**	Etna2 ^(x) /103029	*_**
JLSP	EpiSensor 2g ^(x)	*_**	Etna2 ^(x) /103028	*_**
MASE	EpiSensor 2g ^(x)	*_**	Etna2 ^(x) /103025	*_**
PLCP	EpiSensor 2g ^(x)	*_**	Etna2 ^(x) /103024	*_**
POST	EpiSensor 2g ^(x)	*_**	Etna2 ^(x) /103026	*_**
PVZP	EpiSensor 2g ^(x)	*_**	Etna2 ^(x) /103027	*_**
TTPJ	TITAN 2g/2023 ^(x)	12. 1. 2023_**	CENTAUR/7058	12. 1. 2023_**

Sklepne misli

Na ARSO smo v letu 2023 skrbeli za nemoteno delovanje enainpetdesetih potresnih opazovalnic v Sloveniji. Podatke teh opazovalnic smo uporabljali pri seizmoloških analizah in raziskavah.

Literatura

- ARSO, 1990. Seismic Network of the Republic of Slovenia [Data set]. International Federation of Digital Seismograph Networks. <https://doi.org/10.7914/SN/SL>, 3. 7. 2024.
- ARSO, 2024. Potresne opazovalnice na ozemlju Slovenije, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. <https://potresi.arso.gov.si/potresne-opazovalnice/>, 3. 7. 2024.
- Mali, M., Tasič, I., Pfundner, I., Uran B., Prosen, J., Nemec, M., 2024. Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2023. Potresi v letu 2023, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792.
- RI-SI-EPOS, 2024. <http://epos-ip.zrc-sazu.si/ri-si-epos/>, 6. 3. 2024.
- SLO KARST NFO, 2020. Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, & Slovenian Environment Agency. (2020). Slovenian Karst NFO Network [Data set]. ZRC SAZU and Slovenian Environmental Agency. <https://doi.org/10.7914/7w0j-ge89>, 3. 7. 2024
- Šebela, S., 2021. Potential near fault observatory site in Slovenia: overview of the area south of Postojna. [S. l.: s. n., 2021]. 1 spletni vir (videoposnetek (11 min, 15 sek)). <https://www.youtube.com/watch?v=pRGHu4o0FEM>. [COBISS.SI-ID 85580803], 6. 3. 2024.
- Šebela S., Tasič I., Živčič, M., Mali, M., Krebelj, M., Čeligoj Biščak, J., Pančur, L., Pahor, J., Čarman, M., Zupančič, P., Gosar, A., 2020. Mreža prenosnih potresnih opazovalnic južno od Postojne-„RI-SI-EPOS“ https://www.zrc-sazu.si/sites/default/files/prenosne_potresne_opazovalnice_a3_format.pdf, 3. 7. 2024.
- Šebela, S., Tasič, I., Pahor, J., Mali, M., Novak, U., Năpăruș Aljančič, M., 2023. Development of SLO KARST Near Fault Observatory site in SW Slovenia. Carbonates Evaporites 38, 43. <http://doi.org/10.1007/s13146-023-00864-y>, 3. 7. 2024.
- Tasič, I., 2018. Seizmometer in pospeškometer – merilni par na potresni opazovalnici. Ujma 2018, 32, 210–217. ISSN 0353-085X.
- Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., Gosar, A., Godec, M., Živčič, M., 2006. Državna mreža potresnih opazovalnic. Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 287 str.

Kazalo

Marko Mali, Izidor Tasič, Igor Pfundner, Bojan Uran, Jože Prosen, Matej Nemeč

Delovanje Državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2023

Operation of the seismic network of the Republic of Slovenia in 2023

Povzetek

Z glavnimi parametri, ki so vplivali na zanesljivost delovanja Državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO) v letu 2023, predstavljamo povzetek analize delovanja ter pregled pomembnejših dogodkov in posodobitev. Zajem podatkov v letu 2023 je bil 98 %, kar smo dosegli s sprotnim vzdrževanjem in posodobitvami seizmološke in podporne opreme. Izjemi v letu 2023 sta bili le potresni opazovalnici Črni Vrh (CRNS) in Kog (KOGS). Na CRNS je zaradi plazov ob močnih padavinah prišlo, do pretrganja električnih in komunikacijskih vodov, na KOGS pa nam je v opazovalnico vdrla voda. Oboje smo uspešno sanirali. V prispevku podajamo število prekinitev komunikacije (izpadov) za posamezno potresno opazovalnico glede na trajanje prekinitve. Za najdaljši izpad na posamezni potresni opazovalnici podajamo njegov vzrok. Podajamo tudi časovne intervale, znotraj katerih ni delovalo po več potresnih opazovalnic hkrati, ter vzroke za omenjeno nedelovanje. Na osnovi rezultatov analize poteka tudi razvoj in izvedba posodobitev, ki prispevajo k boljšemu in zanesljivejšemu delovanju DMPO.

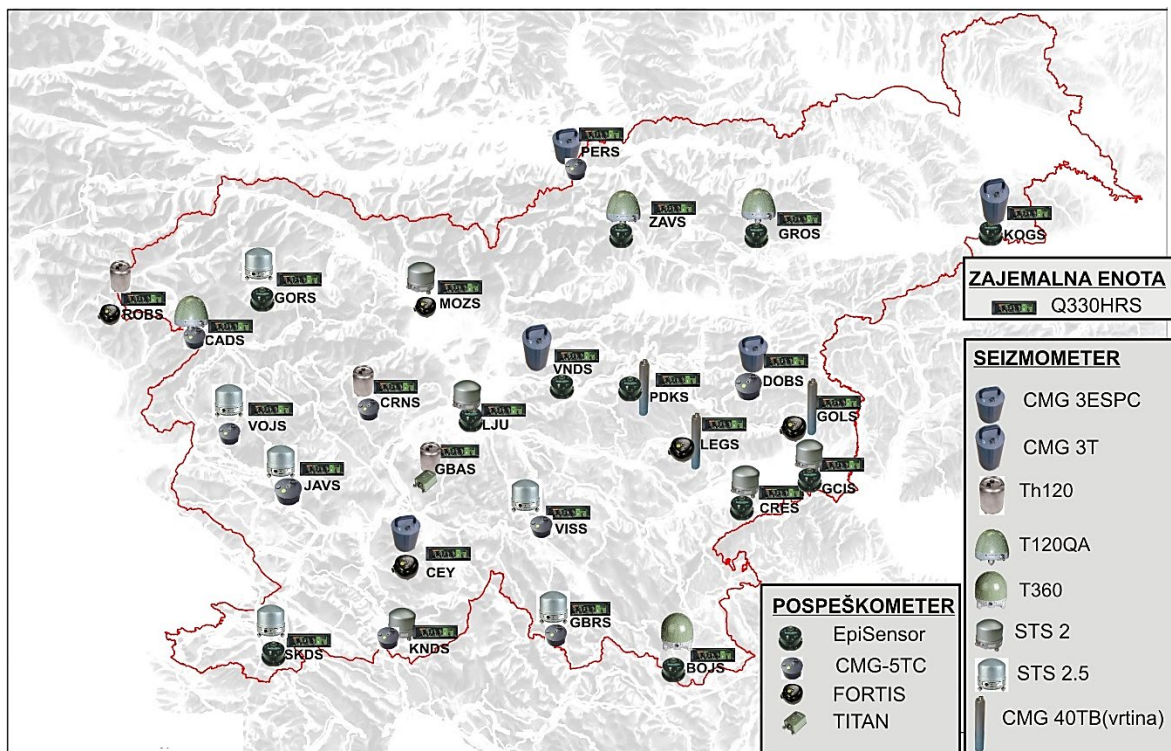
Abstract

The results of analysis of operation of the Seismic Network of the Republic of Slovenia (SNRS) in 2023 are presented. The main upgrades, as well as the events that have influenced the operating quality of SNRS are also presented, along with parameters describing its reliability. Data acquisition in 2023 was 98 %, which we achieved through ongoing maintenance and upgrades of seismological and support equipment. The only exceptions in 2023 were the Črni Vrh (CRNS) and Kog (KOGS) seismic stations. At CRNS, due to a landslide during heavy rainfall, electrical and communication lines were broken, while at KOGS, water entered our seismic station. Damage to both seismic stations was successfully repaired. In the article we provide the number and duration of out-of-operation periods (OOOP) for all seismic stations based on the duration of the interruption. The cause of the longest OOOP for particular seismic station is presented. Time intervals, when more seismic stations were out of service simultaneously, are identified. Based on the results of the analysis, improvements are being constantly implemented, contributing to better and more reliable operation of SNRS.

Uvod

Državno mrežo potresnih opazovalnic (DMPO) sestavlja 26 sodobno opremljenih digitalnih opazovalnic. Vsaka potresna opazovalnica je opremljena z zajemalno enoto, dolgoperiodnim seizmometrom in pospeškometrom (Tasič, 2023). Tip seizmološke opreme na posamezni potresni opazovalnici, ki je bila nameščena ob koncu leta 2023, je prikazan na sliki 1. Poleg seizmološke merilne opreme se na opazovalnicah nahaja še podpora oprema v štirih sklopih: komunikacijska oprema, oprema za zagotavljanje neprekinjene oskrbe z električno energijo, oprema za dodaten nadzor delovanja zajemalnih enot ter oprema za nadzor vdora vode in beleženje temperature ob seizmometru.

Glavna naloga Sektorja za potresna opazovanja na Uradu za seizmologijo je neprestano spremljanje delovanja vse opreme na DMPO in zagotavljanje optimalne kakovosti seizmoloških podatkov ter v največjem možnem obsegu preprečevanje njihove izgube. Zato izvajamo različne analize, na osnovi katerih izboljšujemo delovanje DMPO.



Slika 1: Državna mreža potresnih opazovalnic ob koncu leta 2023. Prikazana je razporeditev različnih tipov seizmometrov, pospeškometrov in zajemalnih enot po posameznih potresnih opazovalnicah.

Figure 1: Seismic network of Slovenia at the end of the year 2023 (seizmometer = seismometer, pospeškometer = accelerometer; zajemalna enota = acquisition unit).

Vsi posegi na DMPO ter rezultati analize vseh parametrov, ki vplivajo na kakovost delovanja DMPO, so podani v internem poročilu Sektorja za potresna opazovanja (SPO, 2023). Le-to obravnava naslednje parametre, ki opisujejo kakovost delovanja DMPO:

- Podroben opis vseh del in posodobitev, ki so bile izvedene na posamezni potresni opazovalnici.
- Število izpadov komunikacije posamezne potresne opazovalnice glede na trajanje izpada. Za daljše izpade (več kot 2 uri) 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 preglednic in grafov.
- Podroben opis izpadov, ki so povzročili izgubo podatkov.
- Število samodejnih nastavitvev mirovne lege seizmometra za opazovalnice opremljene s tipom seizmometra, ki to funkcijo omogoča.
- Analiza nivoja celotnega seizmičnega nemira (predstavlja kombinacijo naravnih in umetnih seizmičnih izvorov) na potresni opazovalnici. Omenjena analiza je zelo pomembna zaradi ugotavljanja morebitnih okvar na seizmološki merilni opremi. Večina menjav seizmometrov oziroma pospeškometrov se izvede na osnovi te analize.
- Časovni potek mirovne lege seizmičnih senzorjev in napajalne napetosti na potresni opazovalnici.
- Časovni potek vrednosti temperature ob seizmometru.
- Analiza vdorov vode v jaške potresnih opazovalnic. Podajamo število vdorov vode in njihove datume.

V tem prispevku izpostavljamo le pomembnejše točke iz internega poročila (SPO, 2023). Glavne posodobitve, ki smo jih v letu 2023 izvedli na DMPO, pa so naslednje:

- Menjave seizmometrov: Seizmometer tipa CMG-3T smo na potresni opazovalnici CRNS nadomestili s seizmometrom tipa TH120. Na potresni opazovalnici GBRS smo seizmometer CMG-3ESPC nadomestili s seizmometrom STS 2.5. Na potresni opazovalnici KOGS smo seizmometer CMG-3T nadomestili s seizmometrom istega tipa.
- Menjave pospeškometrov: Na potresni opazovalnici GBAS smo namestili pospeškometer tipa NMX Titan. Na potresni opazovalnici GBRS smo namestili seizmometer tipa Guralp Fortis.
- Menjave zajemalnih enot: Na potresni opazovalnici KOGS smo zamenjali okvarjeno zajemalno enoto Q330HRS z drugo istega tipa.
- Vzdrževanje nadzornih sistemov in JetBox oziroma Raspberry Pi (RPi) enot: V letu 2023 smo izvajali kontrolo omenjenih sistemov. Na potresni opazovalnici CEY smo zamenjali RPi enoto.
- Vzdrževanje napajalnih sistemov: Na potresni opazovalnici GROS smo zamenjali akumulatorski polnilnik in razsmernik.
- Na potresni opazovalnici CRNS smo zaradi pretrganega komunikacijskega voda (posledica plaz) namestili novo komunikacijsko opremo (4G brezžična komunikacija). Komunikacijsko opremo smo zamenjali tudi na potresni opazovalnici GBAS (4G brezžična komunikacija).

Delovanje DMPO v letu 2023

V letu 2023 je bila celotna DMPO opremljena z zajemalnimi enotami Q330HRS (Tasič, 2023). Ta tip zajemalnih enot omogoča tudi hranjenje podatkov v primeru izpada komunikacije. Z dvojnimi hranjenjem podatkov na lokaciji potresne opazovalnice, na zajemalni enoti in na dodatni enoti JetBox ali RPi, do izgube podatkov zaradi daljše prekinitve komunikacije praktično ne more več priti.

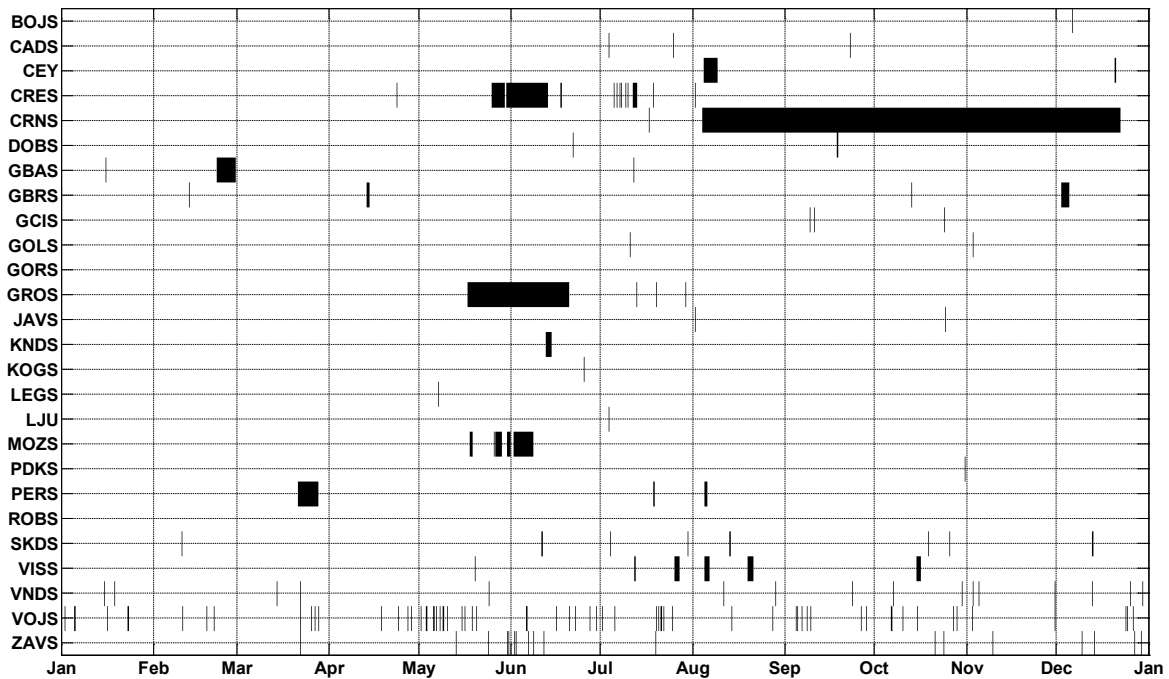
Do trajne izgube seizmičnih podatkov še vedno lahko pride zaradi daljše prekinitve napajanja potresne opazovalnice z električno energijo. Z nadgraditvijo napajalnih sistemov (Mali in drugi, 2008) ter ločenim napajanjem komunikacijske opreme in zunanjih pomnilniških enot je avtonomija delovanja seizmološke opreme najmanj en teden. Avtonomija delovanja komunikacijske opreme pa je najmanj en dan.

V letu 2023 je bilo 21 potresnih opazovalnic opremljenih z nadzornim sistemom, ki v obeh jaških preverja potencialni vdor vode, na nekaterih lokacijah tudi temperaturo ob seizmometru. V primeru odstopanja parametrov od mejnih vrednosti nadzorni sistem o tem obvesti dežurnega instrumentalista (Mali, 2014).

Do večje izgube seizmoloških podatkov je v letu 2023 prišlo na opazovalnicah CRNS in KOGS. Na potresni opazovalnici CRNS so bili zaradi plaz, ki se je sprožil v poplavih avgusta 2024, pretrgani komunikacijski in električni vodi, zato seizmološka merilna oprema ni delovala od 9. 8. 2023 do 4. 10. 2023. Ker je na potresni opazovalnici KOGS zaradi poškodovane dovodne cevi v oba jaška vdrla voda, smo do sanacije poškodbe odstranili seizmološko merilno opremo (od 16. 5. 2023 do 20. 6. 2023).

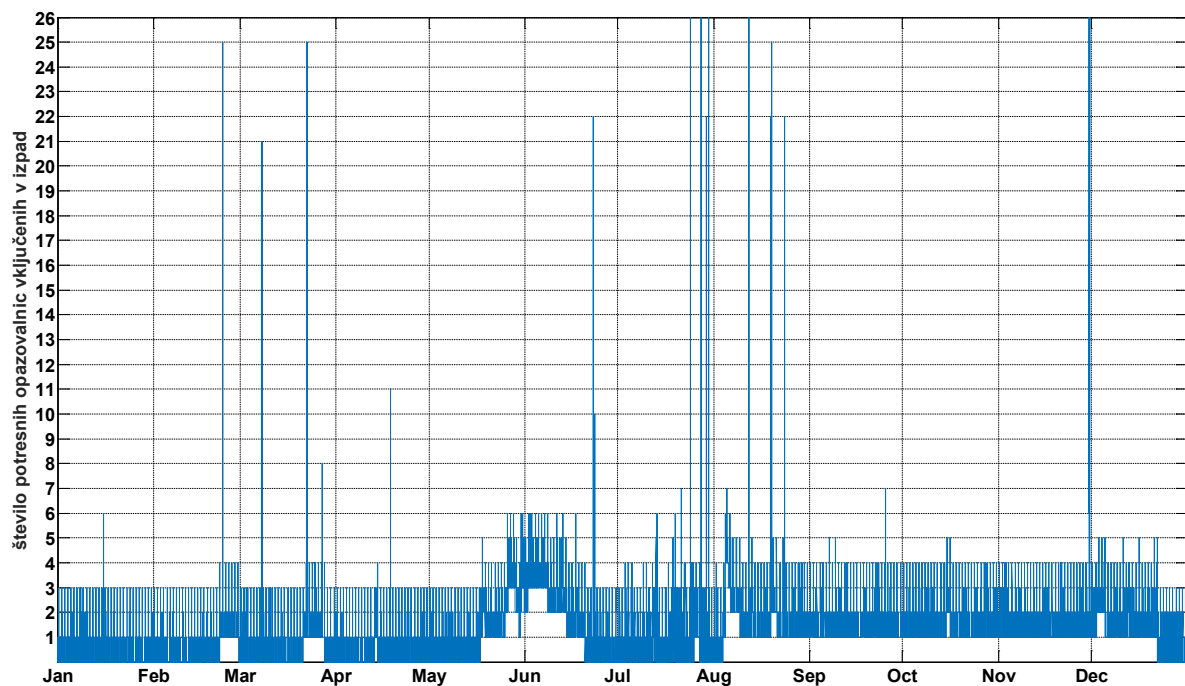
Na slikah 2a in 2b je prikazan pregled delovanja DMPO v letu 2023, kjer črna barva (slika 2a) predstavlja nedelovanje oziroma izpad potresne opazovalnice. Pregled vseh izpadov ter opis najdaljših izpadov za posamezno potresno opazovalnico so podani v preglednicah 1 in 2. Večina daljših izpadov, ki so posledica izpada na komunikacijskih poteh, ne predstavlja

več trajne izgube podatkov, ampak le nezmožnost analize morebitnega seizmičnega dogodka v realnem času.



Slika 2a: Pregled delovanja DMPO v letu 2023. Izpadi so označeni s črno barvo. Ločljivost slike omogoča, da so vidni le izpadi, daljši od treh ur.

Figure 2a: An overview of out-of-operation periods (black lines) for Seismic network of Slovenia in the year 2023. Due to the resolution, only out-of-operation periods longer than three hours are shown.



Slika 2b: Pregled delovanja DMPO v letu 2023. Izpadi so označeni z modro barvo. Na ordinatni osi je podano število opazovalnic, ki so sočasno vključene v izpad.

Figure 2b: An overview of out-of-operation periods (blue lines) for Seismic network of Slovenia in the year 2023. On the ordinate axis, the number of stations involved in the out-of-operation period is given.

Preglednica 1: Skupni podatki o številu izpadov in njihovem trajanju za DMPO v letu 2023.

Table 1: Out-of-operation periods (OOOP) for Seismic network of Slovenia in the year 2023.

oznaka opazovalnice	število vseh izpadov	skupno trajanje vseh izpadov	število izpadov, daljših od dveh ur
station code	total number of OOOP	total duration of OOOP	number of OOOP > 2 hours
BOJS	56	5h 13m 57s	0
CADS	208	13h 41m 24s	0
CEY	337	5d 12h 17m 13s	1
CRES	517	22d 15h 14m 16s	5
CRNS	91	141d 0h 10m	2
DOBS	41	13h 15m	1
GBAS	226	6d 13h 10m	1
GBRS	330	5d 2h 19m	4
GCIS	13.724	18d 0h 6m	3
GOLS	450	22h 48m	1
GORS	209	17h 7m	1
GROS	74	13h 49m	1
JAVS	549	8d 4h 2m	5
KNDS	2401	3d 15h 29m	1
KOGS	139	34d 17h 3m	3
LEGS	369	21h 54m	0
LJU	31	2d 15h 5m	7
MOZS	338	2d 12h 44m	1
PDKS	60	6h 27m 53s	0
PERS	198	7h 22m	0
ROBS	106	9h 40m	0
SKDS	59	11d 1h 13m	5
VISS	254	10h 27m	0
VNDS	73	8d 17h 43m	3
VOJS	138	10h 19m	0
ZAVS	4238	4d 22h 29m	0
Σ	25.216		45

Preglednica 2: Pregled najdaljših izpadov za posamezno potresno opazovalnico DMPO v letu 2023 in razlogi zanje.

Table 2: An overview and causes for the longest out-of-operation periods (OOOP's) for each station of the Seismic network of Slovenia in the year 2023.

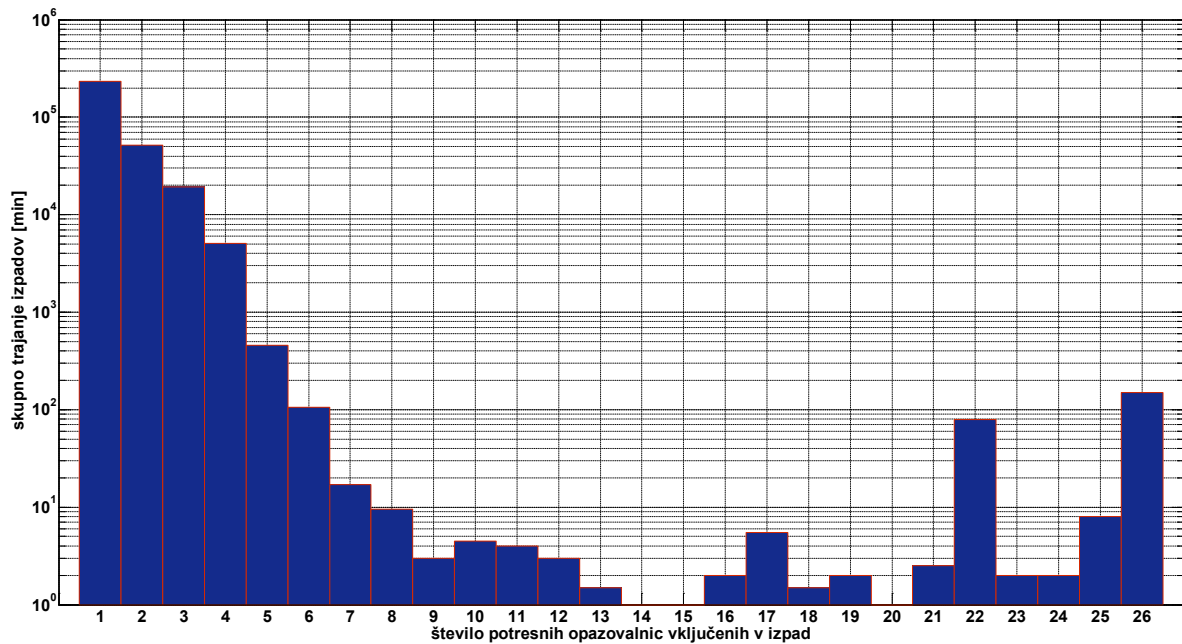
oznaka potresne opazovalnice	nastop najdaljšega izpada datum ob h.min	trajanje najdaljšega izpada	vzrok
station code	date/time of the longest OOOP date at h.min	duration of the longest OOOP	cause
BOJS	29. 7. ob 14.39	1h 7m 2s	izpad na komunikacijah
CADS	29. 7. ob 14.39	1h 6m 18s	izpad na komunikacijah
CEY	4. 8. ob 15.42	4d 16h 36m	napaka na komunikacijski opremi
CRES	30. 5. ob 9.57	13d 22h 14m	napaka na komunikacijskih vodih
CRNS	4. 8. ob 0.54	140d 8h 47m	zaradi plazu pretrgani elektro in komunikacijski vodi
DOBS	18. 9. ob 9.04	7h 36m	izpad na komunikacijah
GBAS	22. 2. ob 7.10	6d 5h 20m	napaka na komunikacijskih vodih
GBRS	2. 12. ob 13.53	2d 19h 11m	okvarjena zaščita na komunikacijah
GCIS	6. 10. ob 7.37	0d 3h 45m	izklop enote Q330 zaradi izvedbe tesnjenja jaškov
GOLS	24. 10. ob 9.33	2h 49m	izpad na komunikacijah
GORS	10. 7. ob 22.02	2h 2m	izpad na komunikacijah
GROS	30. 5. ob 6.10	6h 2m	izpad na komunikacijah
JAVS	19. 8. ob 8.43	2d 0h 58m	napaka na komunikacijski opremi
KNDS	28. 8. ob 16.26	2h 16m	izpad na komunikacijah
KOGS	17. 5. ob 10.50	33d 22h 23m	vdor vode v opazovalnico
LEGS	21. 9. ob 22.02	1h 8m	izpad na komunikacijah
LJU	12. 12. ob 18.35	12h 29m	napaka na komunikacijski opremi
MOZS	12. 6. ob 15.45	1d 20h 18m	napaka na komunikacijskih vodih
PKDS	29. 7. ob 14.39	1h 6m 21s	izpad na komunikacijah
PERS	29. 7. ob 14.39	1h 7m	izpad na komunikacijah
ROBS	29. 7. ob 14.39	1h 7m	izpad na komunikacijah
SKDS	1. 6. ob 20.20	6d 11h 34m	napaka na komunikacijski opremi
VISS	29. 7. ob 14.39	1h 7m	izpad na komunikacijah
VNDS	21. 3. ob 8.42	6d 22h 34m	napaka na komunikacijskih vodih
VOJS	29. 7. ob 2.04	1h 7m	izpad na komunikacijah
ZAVS	25. 12. ob 8.49	1h 20m	izpad na komunikacijah

Na sliki 3 je prikazano skupno trajanje izpadov glede na število sočasno nedelujočih opazovalnic. Posamezna vrednost predstavlja skupno trajanje vseh sočasnih izpadov določenega števila opazovalnic. Stolpci se med seboj izključujejo. Skupno trajanje izpadov v posameznem stolpcu sestavlja več izpadov, v katere je bilo vključeno enako število potresnih opazovalnic. Postopek samodejnega lociranja potresa vsebuje ocenjevanje številnih neznank,

zato potrebuje podatke čim večjega števila potresnih opazovalnic. Če v trenutku potresa sočasno izpade večje število potresnih opazovalnic, je določitev potresnih parametrov otežena oziroma manj natančna. Pregled sočasnih izpadov je podan v preglednici 3 (oranžno poudarjen je izpad, v katerem je bilo sočasno vključenih več kot dvajset opazovalnic in je trajal dlje kot 5 minut).

Preglednica 3: Število izpadov po dolžini in številu sočasno izpadlih potresnih opazovalnic
Table 3: Simultaneous out-of-operation periods for Seismic network of Slovenia.

število opaz. / no. of stations	dolžina trajanja izpadov / length of OOOOP [min]						
	0–5 min	5–15 min	15–30 min	30–45 min	45–60 min	60–120 min	>120 min
2	11.955	755	165	68	28	69	52
3	2999	392	118	46	13	27	16
4	1745	71	6	1	0	5	4
5	210	6	0	0	0	0	0
6	31	3	0	0	0	0	0
7	6	0	0	0	0	0	0
8	3	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0
10	2	0	0	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0
17	1	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	6	0	0	0	0	1	0
23	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
25	4	0	0	0	0	0	0
26	15	1	1	1	1	0	0



Slika 3: Skupno trajanje izpadov več potresnih opazovalnic hkrati (leto 2023).

Figure 3: Total duration of out-of-operation periods that occurred at several seismic stations simultaneously in 2023.

Zaključek

Predstavili smo povzetek analize delovanja DMPO v letu 2023 in najpomembnejše izvedene posodobitve. Ugotovili smo, da se izpadi (prekinitev v komunikaciji s posamezno potresno opazovalnico) pojavljajo neprestano. Medtem, ko je vzrok krajših izpadov vedno prekinitev na komunikacijah, pa so vzroki daljših izpadov raznovrstni in jih v grobem lahko delimo v tri skupine. V prvi skupini so problemi z napajanjem z električno energijo, v drugo skupino sodijo izpadi, ki so povezani s komunikacijsko potjo in opremo, v tretjo skupino pa uvrščamo okvare na seizmološki opremi (na seizmometrih ali zajemalnih enotah). S podpornimi sistemi, ki jih razvijamo in dopolnjujemo ter z rednimi posodobitvami in testiranjem seizmološke merilne opreme, zmanjšujemo število in dolžino izpadov zaradi vseh naštetih vzrokov.

Podali smo tudi analizo izpadov več potresnih opazovalnic hkrati. V letu 2023 smo imeli 19 izpadov, v katere je bila vključena celotna DMPO. Posebno pozornost smo namenili predvsem tako imenovanim kritičnim izpadom, pri katerih več kot 75 % potresnih opazovalnic (20 ali več) izpade za več kot 5 minut. V letu 2023 smo imeli 5 takšnih izpadov.

Rezultati analiz delovanja opreme so nam v veliko pomoč pri nadaljnjem delu. Na njihovi osnovi vsakoletno izluščimo najpogostejše napake, ki povzročijo posamezen izpad oziroma so vzrok za slabšo kvaliteto zajetih seizmičnih signalov. S pomočjo teh spoznanj izboljšujemo opremo in postopke na mreži potresnih opazovalnic in tako izboljšujemo njeno delovanje ter preprečujemo morebitno škodo.

Literatura

Mali, M., 2014. Nadzorni sistem za kontrolo nivoja vode in stabilnosti temperature. Potresi v letu 2013, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo, Ljubljana. ISSN 1318-4792.

Mali, M., Tasič, I., Pančur, L., 2008. Vpliv brezprekinitvenega napajanja na delovanje potresne opazovalnice. Potresi v letu 2007, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo, Ljubljana. 54– 59. ISSN 1318-4792.

SPO, 2023. Državna mreža potresnih opazovalnic, delovanje v letu 2023, interno poročilo, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.

Tasič, I., 2023. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2021, Potresi v letu 2021, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792.

Kazalo

Dogodki v letu 2023

Events in 2023

Redna letna skupščina Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko

ARSO sodeluje v Slovenskem združenju za geodezijo in geofiziko (SZGG), ki je del Mednarodne zveze za geodezijo in geofiziko (IUGG). Člani na vsakoletni skupščini in posvetu združenja predstavimo dosežke in raziskave preteklega leta ter obeležimo zanimive dogodke. Na posvetu, ki se je odvijal 26. januarja 2023 v prostorih Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, je ARSO predstavil zanimiv dogodek – [izbruh vulkana Hunga Tonga-Hunga Ha'apai](#). Prispevki s posveta so dosegljivi v [spletnem Zborniku](#).

Potresi v Turčiji 6. februarja 2023

Po potresu v Turčiji so novinarji različnih medijskih hiš zaradi razsežnosti dogodka izkazali veliko zanimanja. Vsem sta bili skupni vprašanji o potresni nevarnosti in možnosti za pojav tako močnega potresa v Sloveniji. Novinarjem smo posredovali tudi podatke o samem potresnem nizu in odgovarjali na vprašanja o vzrokih za dva zelo močna potresa v Turčiji, za tako obsežne porušitve ter veliko število žrtev, možnosti za nastanek cunamija, popotresih, pripravi na potres, potresni aktivnosti pri nas, preteklih močnejših potresih v Sloveniji in napovedovanju potresov. Izjave smo dali po telefonu, v naših prostorih in na televiziji. Nastopili smo tudi v oddaji Odmevi na Radioteleviziji Slovenija. V prispevkih sta ob podpori sodelavcev sodelovala Gregor Rajh in Mladen Živčić.

O potresih v Turčiji, razlogih za veliko uničenje ter posledicah preteklih in prihodnjih močnih potresov pri nas sta govorili tudi Ina Cecić in Polona Zupančič v [97. ARSO podkastu](#), ki je bil predvajan 22. februarja 2023.

»Kdo smo in kaj počnemo?« v 96. ARSO podkastu

V času informativnih dni na srednjih šolah in fakultetah, 15. februarja 2023, se je ustvarjalec ARSO podkasta Matija Klančar sprehodil po pisarnah sodelavcev in jih povprašal o delu na ARSO, kaj so študirali in zakaj so se za študij odločili. Obenem je marsikdo namenil bodočim srednješolcem in študentom nekaj misli in napotkov za nadaljnjo karierno pot. V [96. ARSO podkastu](#) z naslovom Kdo smo in kaj počnemo? so sodelovale seizmologinje Ina Cecić, Martina Čarman in Polona Zupančič.

Vzpostavitev YouTube kanala ARSO potresi

Seizmologi ARSO smo ustvarili YouTube kanal z imenom [ARSO potresi](#). 27. februarja 2023 je bil nanj naložen prvi videoposnetek *Struktura Zemlje*, ki je slovenski prevod IRIS videa Layers of the Earth. V filmu je predstavljena kratka zgodovina znanstvenega odkrivanja sestave Zemljine notranjosti in mehanizmov, ki poganjajo tektoniko plošč ter Zemljo nenehno spreminjajo.



O potresih na Krku, v Turčiji in pri nas za N1 Slovenija

16. februarja je območje Kvarnerja stresel potres z magnitudo 4,8, ki smo ga lahko čutili tudi v Sloveniji. Potres z nadžariščem na otoku Krk je na bližnjih zgradbah povzročil manjšo škodo, na Reki pa prestrašil ljudi, da so tekli na prosto. Zaradi predhodnih potresov v Turčiji in Romuniji ter potresa na Krku je bil Miha Lanjšček, seizmolog ARSO, povabljen v studio N1, kjer je pojasnil potresno dogajanje na območju jugovzhodne Evrope. Na spletu sta dosegljiva [video posnetek](#) in [podkast](#) dogodka.

Prenovitev spletnega portala ARSO potresi

Dne 27. marca 2023 je bil zagnan prenovljen spletni portal ARSO potresi. Aplikacija SEIZMO, ki poganja spletni portal in je bila razvita v času od pomladi 2021 do pomladi 2023, je predvsem bolj odporna na povečan promet, saj je prenos podatkov na brskalnike uporabnikov dodatno optimiziran.

Statični in dinamični elementi so bili pomanjšani, seznam potresov, njihovi parametri in število izpolnjenih vprašalnikov pa so sedaj predpomnjeni. Spletni vprašalnik je bil prenovljen, izboljšana je bila njegova povezava z bazo podatkov. Nadgrajen je bil tudi uporabniški vmesnik tako, da je združljiv z oblačno storitvijo Microsoft Azure, ki sedaj deluje kot kontejner na strežniku ARSO.

O potresnem nizu pri Karamanmarašu v Turčiji v reviji Življenje in tehnika

V aprilski številki revije Življenje in tehnika je objavljen članek seizmologov Gregorja Rajha in Ine Ceciĉ o potresnem nizu pri Karamanmarašu v jugovzhodni Turĉiji, ki sta ga 6. februarja 2023 zaznamovala dva moĉna potresa na Vzhodnoanatolskem prelomnem sistemu. Prvemu potresu z navorno magnitudo 7,7 ob 4.17 po lokalnem času je po približno devetih urah sledil še en silovit potres z navorno magnitudo 7,6. Obema so sledili številni popotresi. V članku sta avtorja na kratko opisala vzroke za nastanek potresov in razložila nekaj osnovnih seizmoloških pojmov, ki jih ljudje pogosto narobe razumejo ali zamenjujejo. V nadaljevanju sta opisala seizmološke in tektonske znaĉilnosti nadžarišĉnega obmoĉja in potresnega niza, podala zgodovinsko seizmiĉnost prizadetega obmoĉja ter prikazala zapise potresov na drŹavni mreŹi potresnih opazovalnic in na seizmografih Raspberry Shake v osnovnih Źolah. Opisala sta tudi posledice potresa in podala nekaj sklepnih misli.



Źtudentje FDV posneli kader o turŹkih potresih

Seizmologinja ARSO, Anita JerŹe Sharma, je 6. aprila 2023 Źtudentom FDV v okviru Źtudijske naloge podala izjavo o turŹkih potresih. Prispevek je bil posnet le za interne namene in ni bil nikjer objavljen.

»Kaj je potres? Kako ga merimo?« v 100. ARSO podkastu

V jubilejnem [100. ARSO podkastu](#) sta se 12. aprila 2023 seizmologinji Anita JerŹe Sharma in Tatjana Prosen pogovarjali z Matijo Klanĉarjem o neinstrumentalnih metodah opazovanja in vrednotenja potresov. Pogovor so zaĉeli z osnovami seizmologije (kaj je potres, kako ga merimo, zakaj je makroseizmologija pomembna, razliĉne intenzitetne lestvice, EMS-98 in kaj vpliva na intenziteto). Pogovarjali so se predvsem o moĉnejŹih potresih in kako na ARSO ocenjujemo stopnjo poŹkodovanosti. Povedali sta nekaj o zbiranju makroseizmiĉnih podatkov in povabili posluŹalce, da se registrirajo na naŹi spletni strani <https://potresi.arso.gov.si/>. Podali sta tudi nekaj statistiĉnih vrednosti o dveh najmoĉnejŹih potresih pri nas v zadnjih letih (Posoĉje in Gorjanci), koliko potresov povpreĉno zaznamo v letu in koliko vpraŹalnikov letno poŹljemo. Pogovor sta zakljuĉili z nasveti o zaŹiti pred potresom.

Sreĉanje s predstavnikoma Evropsko mediteranskega seizmoloŹkega srediŹa (EMSC)

Predstavnik Evropsko mediteranskega seizmoloŹkega srediŹa EMSC, Remy Bossu in Laure Fallou, sta nas obiskala 18. aprila 2023 in predstavila aplikacijo LastQuake. Anita JerŹe Sharma in Barbara Źket Motnikar pa sta opisali naŹo makroseizmiĉno prakso, izkuŹnje s spletnimi vpraŹalniki ter primerjavo med piktogrami in besedilnimi vpraŹalniki. Sledila je daljŹa razprava.

Sodelovanje na okrogli mizi »Smo v Sloveniji pripravljeni na potres«

Slovensko društvo za potresno inženirstvo (SDPI), Gradbeni inštitut, Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij (ZRMK) in Inženirska zbornica Slovenije (IZS) so 12. maja 2023 organizirali strokovni posvet »Smo v Sloveniji pripravljeni na potres?« Množična udeležba preko spleta in v živo je potrdila zanimanje strokovne javnosti o osrednji temi posveta, ki je bila zajeta v Resoluciji o krepitvi potresne varnosti v Sloveniji. V prvem delu posveta je med predavatelji nastopila tudi Barbara Šket Motnikar in predstavila novo karto potresne nevarnosti Slovenije. Predavanjem je v okrogli mizi sledila intenzivna razprava.

Izid publikacije Potresi v letu 2020

Seizmološko publikacijo [Potresi v letu 2020](#) smo objavili 17. maja 2023. Opisu potresov v Sloveniji leta 2020 sledi podrobnejša obravnava potresov 22. marca 2020 pri Zagrebu in 29. decembra 2020 pri Petrinji na Hrvaškem. Močnejšim potresom, ki so se zgodili na slovenskih tleh, so v samostojnem prispevku določeni žariščni mehanizmi. Sklop prispevkov o potresih je zaokrožen s pregledom potresov po svetu leta 2020. Sledijo prispevki o potresnih opazovalnicah v Sloveniji leta 2020, delovanju državne mreže potresnih opazovalnic, vplivu betonskega podstavka na seizmične meritve na potresni opazovalnici Knežji dol ter prispevek o funkcionalnosti seizmometrov ob potresu v Zagrebu in Petrinji. Publikacijo zaključujejo trije prispevki: prispevek o zbirki vršnih pospeškov tal na slovenskih opazovalnicah, zabeleženih v potresih v obdobju 1992–2020, prispevek o možnosti Državne mreže potresnih opazovalnic za lociranje potresa v Sloveniji ter zaključni pregled dogodkov v letu 2020, ki smo se jih seizmologi na ARSO udeležili ali organizirali.

Publikacija izhaja že 30 let. Arhiv letnih publikacije za obdobje 1991–2020 je dostopen na [spletnih straneh ARSO](#).

Vabljeni k branju!



Posnetek »Kako lociramo potres?« na kanalu YouTube

Seizmografi so postavljeni na devetih slovenskih osnovnih šolah. Zabeleženi potresi so na voljo vsem radovednežem, tako šolarjem in učiteljem kot ljubiteljem seizmologije. Na ARSO smo 30. maja 2023 pripravili video navodila, kako videti seizmogram, zabeležene na slovenskih osnovnih šolah in kako z njimi določiti žarišče potresa. Navodila so dostopna na YouTube kanalu [ARSO potresi](#) pod naslov *Kako lociramo potres?*

Dnevi odprtih vrat na ARSO

ARSO je 3. junija 2023 odprl vrata obiskovalcem. Popeljali smo jih po hiši ter jim na poljuden način predstavili različna področja našega delovanja. Na vodenih ogledih smo prikazali, kako Agencija spremlja stanje okolja, kako poteka delo za objavo napovedi in opozoril ter obveščanje o potresih. Na Agenciji za okolje ponujamo informacije o okolju, s katerimi si lahko prebivalci in ustanove v Sloveniji pomagajo pri odločanju v različnih okoliščinah, pri

dopustovanju, kmetovanju, poplavah, onesnaženem zraku, varnosti letenja, energetiki, gradnji objektov ali pri alergijski občutljivosti. Z napovedmi vremena, onesnaženosti zraka, opozarjanjem pred poplavami, snežnimi plazovi, sušo, potresno nevarnostjo ter z bioproгноzo prispevamo k zmanjševanju naravne ogroženosti ljudi in njihovega premoženja.

Sodelovanje na Znanstivalu

Ekipa *ARSO potresi* je imela na Znanstivalu 3. junija 2023 stojnico na Stritarjevi ulici v Ljubljani. Predstavili smo seizmografe, ki so nameščeni na devetih osnovnih šolah, ter pokazali, kako seizmograme pogledati in z njimi locirati potres. Stojnica *ARSO potresi* je imela mnogo malih in velikih obiskovalcev. Navdušila nas je njihova dobra volja, veselje in radovednost. Odgovorili smo na številna odlično postavljena vprašanja.



Srečanje uporabnikov programskega paketa Antelope - AUG2023

Od 5. do 7. junija 2023 je na Dunaju v Avstriji potekalo letno srečanje uporabnikov in razvijalcev seizmološkega programskega paketa Antelope. Udeležili so se ga seizmologi ARSO - Marko Mali, Martina Čarman in Jurij Pahor. Strokovno srečanje je gostil GeoSphere Austria v sodelovanju z BRTT (Boulder Real Time Technologies, USA) in Kinematics (Pasadena, USA). Jurij Pahor je na srečanju predstavil slovensko seizmološko mrežo.

Na Uradu za seizmologijo ARSO uporabljamo programski paket Antelope od leta 2001, in sicer za zajem seizmičnih podatkov v realnem času, njihovo samodejno in ročno obdelavo, arhiviranje ter izmenjavo podatkov z ustanovami v tujini.

Na srečanju so predstavniki podjetja BRTT (Boulder Real Time Technologies) predstavili novosti v novi verziji Antelope 5.13. Spoznali smo nove gradnike tega programskega paketa,

posodobitve nekaterih gradnikov in izvedeli za načrte prihodnjega razvoja. Z udeleženci smo izmenjali izkušnje pri reševanju različnih težav z Antelope.

Članstvo v uredniškem odboru znanstvene revije *Frontiers in Earth Science* za področje geofizike trdne Zemlje

Mednarodna znanstvena revija *Frontiers in Earth Science*, ki izhaja v Švici, je ena vodilnih revij s področja ved o Zemlji, katerih pomemben del so tudi seizmološke raziskave. Revija, ki jo indeksira Science Citation Index (SCI), ima visok faktor vpliva 2,9, kar jo uvršča v 2. kvartil vseh znanstvenih revij s področja geoznanosti. Na povabilo uprave revije in glavnih urednikov, je na podlagi preteklega raziskovalnega, publicističnega in recenzentskega dela na področju seizmologije in geofizike dr. Andrej Gosar julija 2023 postal član uredniškega odbora za področje geofizike trdne Zemlje (Solid Earth Geophysics). To je priznanje tudi za ARSO in Urad za seizmologijo, katerega poslanstvo je tudi raziskovalno in razvojno delo na področju seizmologije. Skladno s tem je ARSO pred nekaj leti pridobil status raziskovalne organizacije in ustanovil raziskovalno skupino.

Predstavitve na osnovni šoli Kolezija

Na prošnjo učitelja geografije na OŠ Kolezija smo predavali o seizmologiji in o šolski mreži potresnih opazovalnic Raspberry Shake. Predavanje je bilo namenjeno 8. in 9. razredom in je vključevalo kratek praktičen del. Vsebina predavanja je bila široka in se je nanašala na notranjo zgradbo Zemlje, tektonske plošče, vzroke za nastanek potresov in njihovo prostorsko porazdelitev, prelome in njihove vrste, potresno valovanje, parametre potresa, evropsko makroseizmično lestvico, analizo potresa, zgradbo seizmografa in sodobnega seizmometra, državno mrežo potresnih opazovalnic in seizmografe v šolah, močnejše potrese v Sloveniji, karto potresne nevarnosti, globalno statistiko potresov ter ravnanje pred, med in po potresu. Predstavitve je za vsako predstavljeno temo vključevala vprašanja z možnimi odgovori, med katerimi so učenci lahko izbirali. V sklopu predavanja sta seizmologa dr. Gregor Rajh in Anita Jerše Sharma pokazala tudi različne spletne strani o potresih, vključno s stranmi Urada za seizmologijo in učence povabila k izpolnjevanju vprašalnika o učinkih potresa. V praktičnem delu sta prikazala delovanje seizmografa Raspberry Shake in učence povabila k sodelovanju. S poskoki so ustvarili valovanje v tleh, ki ga je instrument zabeležil in prikazal na ekranu; na isti način, kot se to zgodi pri potresu.

Predstavitve na osnovni šoli Podbočje

Na OŠ Podbočje, kjer imamo nameščen seizmograf Raspberry Shake, smo za učence višjih razredov v dveh predavanjih predstavili različna seizmološka področja. Gregor Rajh je predstavil mrežo potresnih opazovalnic, delovanje seizmometra, seizmograf Raspberry Shake in postopek lociranja potresa. Predstavitve seizmografa Raspberry Shake je vključevala namestitve in prikaz delovanja instrumenta. Učenci so s skakanjem vzbujali valovanje v tleh in pri tem lahko opazovali zapis premikanja tal na računalniškem zaslonu. Postopek lociranja potresa je bil predstavljen na enostaven in za učence razumljiv način. Razumevanje so pokazali pri odgovorih na zastavljena vprašanja v praktičnem delu naloge in s samostojnim odčitavanjem seizmičnih faz. Jurij Pahor je predstavil splošne geofizikalne teme, ter s pomočjo rekvizitov demonstriral delovanje seizmometra in učinke potresov. Učenci so izkazali izredno zanimanje za predstavljene teme in se o njih pogovarjali tudi po zaključenih predstavitvah.

Udeležba na srečanju uporabnikov programske opreme Esri

Redno letno srečanje je organiziralo podjetje GDi, ki je zastopnik programske opreme Esri v Sloveniji. Podjetje Esri je vodilno na področju geografskih informacijskih sistemov (GIS) in ponuja celovito platformo za kartiranje, analizo, upravljanje podatkov in sodelovanje. To tehnologijo uporabljamo tudi na Agenciji za okolje za zajemanje, shranjevanje, vzdrževanje, obdelavo, analize in prikazovanje prostorskih podatkov. Z uporabo programskega paketa Esri ArcGIS Dashboards je narejen tudi spletni [pregledovalnik](#) potresne nevarnosti Slovenije. Na srečanju so predstavili novosti in primere dobrih praks. Srečanja so se udeležile sodelavke Polona Kuhar, Anita Jerše Sharma in Polona Zupančič.



Udeležba na letnem srečanju EPOS- seizmologija in na delavnici za mlade seizmologe



Seizmologi ARSO - Tamara Jesenko, Polona Zupančič in Gregor Rajh - so se udeležili letnega srečanja EPOS Seizmologija 2023, ki je potekalo od 9. do 11. oktobra 2023 v Podgorici v Črni Gori.

Urad za seizmologijo v okviru ARSO je član konzorcija slovenskih institucij, ki sodelujejo pri evropskem projektu EPOS. EPOS-Seizmologija, ki ga vodita in koordinirata dve jedrni telesi ORFEUS in EMSC, skrbi za vzpostavitev infrastrukture za pretok podatkov, raziskav in znanja v seizmologiji, ki omogoča in spodbuja multidisciplinarno raziskavo na področju opazovanja dinamike tektonskih plošč. Z udeležbo na konferenci lahko spremljamo razvoj projekta, aktivno sodelujemo pri nekaterih odločitvah, prispevamo seizmološke podatke, se seznanimo z razpoložljivo infrastrukturo in možnostmi, ki jih ta ponuja.

Srečanja se je udeležilo približno 100 strokovnjakov iz Evrope in širšega sredozemskega območja. V okviru srečanja sta potekali tudi redna letna skupščina ORFEUS, letna skupščina konzorcija EFEHR (European Facilities for Earthquake Hazard and Risk) in letno srečanje generalne skupščine EMSC. Srečanje je bilo organizirano v sodelovanju z GFZ (Potsdam, Nemčija) in UCG (Univerza Črne Gore).

Glavne teme srečanja so bile:

- Raziskovalni primeri uporabe različnih podatkovnih naborov podatkov (evropske podatkovne zbirke, inovativni podatkovni seti, nove možnosti uporabe, predlogi za prihodnje delo);
- seizmološki produkti v realnem času;
- stanje in posodobitve storitev ORFEUS, izzivi in priložnosti v projektih EK;
- storitve EMSC in možnosti njihove uporabe za hitro oceno učinka potresov;
- storitve in podatkovni izdelki EFEHR.

Na Uradu za seizmologijo nekatere storitve EPOS-Seizmologije že uporabljamo ter sodelujemo s posredovanjem podatkov. V zadnjem obdobju pa so bile osnovane nove storitve, ki jih bomo s pridom uporabili pri našem vsakodnevnem delu. Aktivno smo sodelovali z EFEHR pri pripravi posodobljene evropske karte potresne nevarnosti. Poleg vseh novih informacij so za delo na Uradu za seizmologijo pomembni tudi izmenjava izkušenj in vzpostavljanje stikov s predstavniki drugih institucij.

V treh dnevih predavanj smo slišali precej novih vsebin s seizmoloških področij, ki so se dodobra razvila šele v zadnjih letih. Sem spadata predvsem strojno učenje v seizmologiji in beleženje tresenja tal s pomočjo optičnih vlaken (Distributed Acoustic Sensing). Predstavljen je bil napredek AdriaArray projekta, v katerem so bile postavljene potresne opazovalnice na širšem območju Jadranske mikroplošče in ki je podprt s strani ORFEUS. Nekaj predavanj je bilo posvečenih tudi rušilnemu potresnemu nizu v Turčiji, ki se je zgodil 6. februarja 2023. Med drugim je bila predstavljena iniciativa za vzpostavitev protokola izdelave kart tresenja tal po potresih na ravni Evrope (SHAKEMAP-EU) po vzoru sistema SHAKEMAP iz ZDA. V okviru tega in še enega predavanja je bila predstavljena spletna knjižnica eGSIM, preko katere lahko analiziramo različne modele pojemanja gibanja tal (Ground-Shaking Intensity Models). Gregor Rajh se je po končanem srečanju udeležil še tritedenskega seizmološkega izobraževanja (International Training Course on Seismology, Seismic Data Analysis, Hazard Assessment and Risk Mitigation), ki ga je organiziral Nemški inštitut za geoznanosti iz Postdama (Helmholtz Centre Postdam, GFZ German Research Centre for Geosciences).

Srečanje s predstavniki ZAG

Seizmologi smo se 18. oktobra 2023 v prostorih ARSO sestali s strokovnjaki Zavoda za gradbeništvo (ZAG). Na informativnem srečanju smo predstavili glavna področja dela na ZAG in v Sektorju za inženirsko seizmologijo. Razpravljali smo o vlogi ZAG in ARSO ob močnem potresu, predvsem o zbiranju poškodb ter o popisnih komisijah. Izpostavili smo tudi vsebine in možnosti skupnega sodelovanja v prihodnjih projektih.

Srečanje s predstavniki CORS, 18. 10. 2023

18. oktobra 2023 smo seizmologi ARSO obiskali predstavnike Centra za obveščanje RS na Vojkovi v Ljubljani. CORS je predstavil njihovo delovanje. V nadaljevanju smo se pogovarjali o medsebojnem sodelovanju in posredovanju informacij ob močnem potresu na območju

RS preko dogovorjenih komunikacijskih poti. Na podlagi obiska je bil kasneje pripravljen Interni protokol Centra za obveščanje RS in Urada za seizmologijo ARSO.

Članstvo v uredniškem odboru znanstvene revije **Geologije**

Revija *Geologija*, ki jo izdaja Geološki zavod Slovenije, je vodilna slovenska znanstvena revija za področje geologije in drugih ved o Zemlji. V letu 2023 je praznovala 70. obletnico svojega obstoja, kar jo uvršča med najstarejše znanstvene revije v Sloveniji. Revija ima mednarodni uredniški odbor in je uvrščena v mednarodno bazo Scopus. Dr. Andrej Gosar je v novembru 2023 postal član njenega uredniškega odbora, v katerem bo pokrival področja seizmologije, seizmotektonike in geofizike.

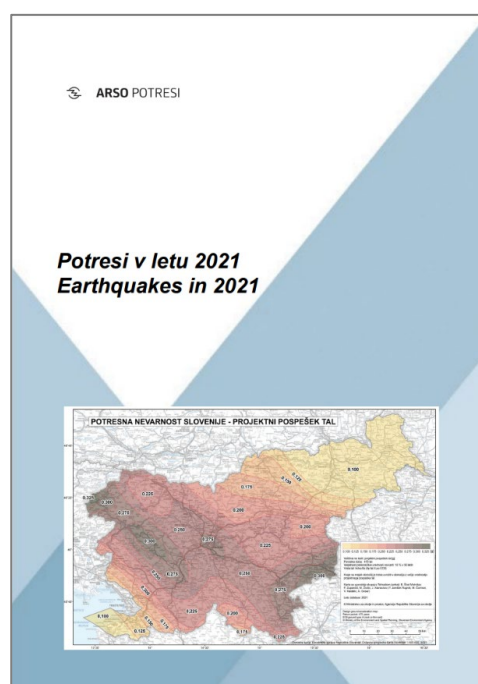
Izid publikacije **Potresi v letu 2021**

7. decembra 2023 je izšla enaintrideseta zaporedna [publikacija](#) *Potresi v letu 2021*, ki jo pripravlja Urada za seizmologijo ARSO. Vsebina zajema opis potresne dejavnosti v Sloveniji in po svetu, delovanje državne in dopolnilne mreže potresnih opazovalnic, posodobitve in izboljšave, poročila o naši dejavnosti ter seznam objav, pri katerih smo sodelovali seizmologi Urada za seizmologijo.

Publikacijo zaključuje [prispevek](#), ki izčrpno opiše razvoj novega modela potresne nevarnosti Slovenije. Najpomembnejši rezultat je karta projektnega pospeška tal, pripravljena v skladu s standardom Evrokod 8 (EC8). Karta je s 1. majem 2022 postala del slovenske zakonodaje o potresno odporni gradnji.

Arhiv letnih publikacij najdete na naših [spletnih straneh](#).

Prijetno branje!



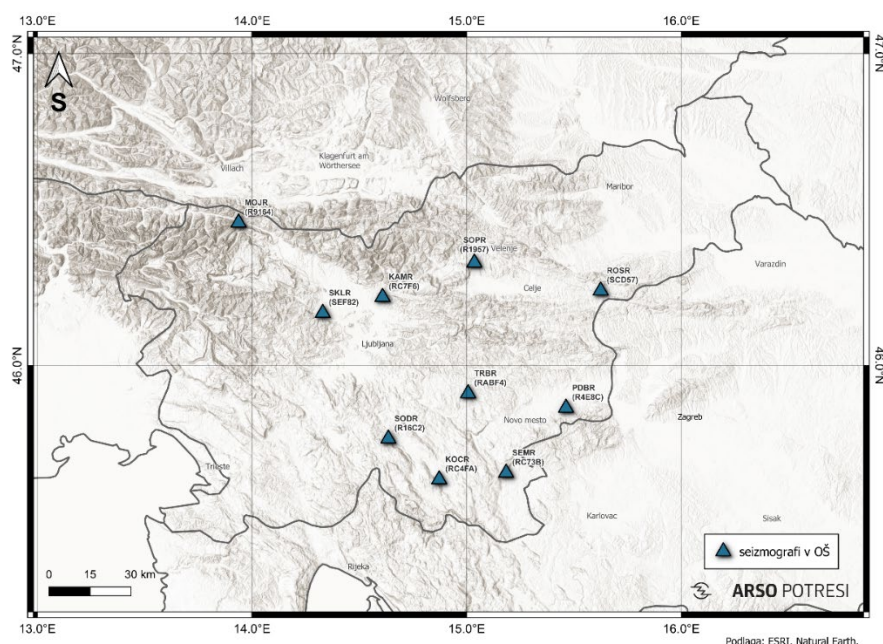
Ure seizmologije – interna predavanja

V okviru študija je obvezno delovno prakso leta 2023 pri nas opravljal Janez Aleksander Lebar. Med prakso je spoznal vsakdanji delovnik seizmologa, analizo potresov, zgradbo potresnih opazovalnic in delovanje seizmoloških senzorjev. Seznanil se je tudi s postopki vzdrževanja seizmološke opreme na potresnih opazovalnicah. Ukvarjal se je s problemom identifikacije vstopa prečnega potresnega valovanja lokalnega potresa na potresni opazovalnici DOBS. O svojem delu na to temo je ob zaključku prakse, 19. septembra 2023, seizmologom na ARSO pripravil interno predavanje z naslovom *Identifikacija valov S lokalnega potresa na potresni opazovalnici DOBS*. Na predavanju je predstavil hipotezo, zakaj je na potresni opazovalnici DOBS zaradi lokalnih pojavov identifikacija prečnega potresnega valovanja težja kot na drugih potresnih opazovalnicah Državne mreže. Predstavil je tudi, kako se lahko z naknadnim digitalnim filtriranjem zapisov zmanjša vpliv lokalnih pojavov, pri čemer je sam tudi določil ustrezne parametre filtra.

Na ta način se poveča kvaliteta seizmičnega zapisa prečnega valovanja in izboljša možnost za pravilno identifikacijo vstopa prečnega valovanja na tej lokaciji.

Šolska mreža potresnih opazovalnic se širi

Deset slovenskih osnovnih šol se je odzvalo pobudi ARSO in omogočilo postavitev seizmografov Raspberry Shake 4D v šolskih prostorih. Leta 2022 so z nami sodelovale štiri osnovne šole, leta 2023 pa že deset. S postavitvijo seizmografov v osnovnih šolah želimo vzbuditi zanimanje za seizmologijo pri osnovnošolcih in učiteljih, jih opogumiti k ogledu in analizi seizmogramov ter prek teh dejavnosti dvigniti zavest o nevarnosti potresov in hkrati izboljšati kulturo potresno varnega obnašanja.



Video navodila o tem, kje si seizmograme lahko ogledate in kako jih lahko locirate, so dostopna na YouTube kanalu [ARSO potresi](#), pod naslovom *Kako lociramo potres?*

Vabljeni k ogledu!

Kazalo

Objave v letu 2023

Publications in 2023

Izvirni znanstveni članki v letu 2023

- Gosar, A., 2023: Seizmološko zaznavanje skalnega podora 26. februarja 2021 na Rzeniku in nekatere njegove značilnosti. *Ujma*, 37, 208–218.
- Šebela, S., Tasič, I., Pahor, J., Mali, M., Novak, U., Năpăruș-Aljančičet, M., 2023. Development of SLO KARST Near Fault Observatory site in SW Slovenia. *Carbonates Evaporites* 38, 43. <https://doi.org/10.1007/s13146-023-00864-y>.
- Šket Motnikar, B., Zupančič, P., Živčič, M., Atanackov, J., Jamšek Rupnik, P., Čarman, M., Kastelic, V., Rajh, G., Gosar, A., 2023. Nov (2021) postopek ocenjevanja potresne nevarnosti Slovenije in nova karta za projektiranje. V: A. Gosar (ur.), *Potresi v letu 2021*, ARSO, 65–93.

Strokovni članki v letu 2023

- Birko, D., Cecić, I., Čarman, M., Jerše Sharma, A., Jesenko, T., Šket Motnikar, B., Zupančič, P., Živčič, M., 2023. Potres 29. decembra 2020 pri Petrinji na Hrvaškem. V: A. Gosar (ur.), *Potresi v letu 2020*, ARSO, 41–52. ISSN 1318-4792.
- Cecić, I., Birko, D., Čarman, M., Godec, M., Jesenko, T., Lanjšček, M., Ložar Stopar, M., Pahor, J., Šket Motnikar, B., Zupančič, P., Živčič, M., 2023. Potres 22. marca 2020 pri Zagrebu na Hrvaškem. V: A. Gosar (ur.), *Potresi v letu 2020*, ARSO, 30–40. ISSN 1318-4792.
- Čarman, M., 2023. Zmožnost Državne mreže potresnih opazovalnic za lociranje potresa v Sloveniji. V: A. Gosar (ur.), *Potresi v letu 2020*, ARSO, 117–131. ISSN 1318-4792.
- Čarman, M., Živčič, M., 2023. Zbirka vršnih pospeškov tal na slovenskih potresnih opazovalnicah, zabeleženih v potresih v obdobju 1992-2020. V: A. Gosar (ur.), *Potresi v letu 2020*, ARSO, 108–116. ISSN 1318-4792.
- Gosar, A., 2023: Značilnosti velikega skalnega podora 26. februarja 2021 na Rzeniku in njegova seizmološka registracija. V: Rožič, B. (ur.). *Geološki zbornik*, 26/1, 46–53, 26. posvetovanje slovenskih geologov. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta.
- Jerše Sharma, A., Jesenko, T., Šket Motnikar, B., Cecić, I., Živčič, M., 2023. Potresi v Sloveniji leta 2020. V: A. Gosar (ur.), *Potresi v letu 2020*, ARSO, 6–29. ISSN 1318-4792.
- Jerše Sharma, A., Jesenko, T., Prosen, T., Šket Motnikar, B., Živčič, M., 2023. Potresi v Sloveniji leta 2022. *Ujma: revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami*, 2023, 37, 66–80. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/9296/8729>. ISSN 0353-085X.
- Jesenko, T., 2023. Najmočnejši potresi po svetu leta 2020. V: A. Gosar (ur.), *Potresi v letu 2020*, ARSO, 60–71. ISSN 1318-4792.

- Jesenko, T., 2023. Najmočnejši potresi po svetu leta 2021. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2021, ARSO, 30–39. ISSN 1318-4792.
- Jesenko, T., 2023. Najmočnejši potresi po svetu leta 2022. Ujma: revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, 2023, 37, 108–115. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/9300/8733>. ISSN 0353-085X.
- Jesenko, T., Cecić, I., Čarman, M., Gosar, A., Rajh, G., Zupančič, P., 2023. Izbruh vulkana Hunga Tonga-Hunga Ha'apai 15. januarja 2022, njegove značilnosti in opazovanje s slovensko državno mrežo potresnih opazovalnic. V: Raziskave s področja geodezije in geofizike 2022: zbornik del: 28. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 26. januar 2023. Ljubljana: Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko, 2023, 53–58. http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2023/SZGG_2023_izbruh_Hunga_tonga_seizmologija.pdf.
- Jesenko, T., Jerše Sharma, A., Cecić, I., Šket Motnikar, B., Zupančič, P., Živčič, M., 2023. Potresi v Sloveniji v letu 2021. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2021, ARSO, 5–24. ISSN 1318-4792.
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2023. Žariščni mehanizmi močnejših potresov v Sloveniji v letu 2020. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2020, ARSO, 53–59. ISSN 1318-4792.
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2023. Žariščni mehanizmi močnejših potresov v Sloveniji leta 2021. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2021, ARSO, 25–29. ISSN 1318-4792.
- Rajh, G., Cecić, I., 2023. Potresi v jugovzhodni Turčiji 6. februarja 2023. Življenje in tehnika, 2023, 74 (4), 24–35.
- Sinčič, P., Tasič, I., 2023. Potresne opazovalnice v Sloveniji letu 2020. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2020, ARSO, 72–79. ISSN 1318-4792.
- Tasič, I., 2023. Funkcionalnost seizmometrov ob potresu v Zagrebu in Petrinji. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2020, ARSO, 102–107. ISSN 1318-4792.
- Tasič, I., 2023. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2021. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2021, ARSO, 40–47. ISSN 1318-4792.
- Tasič, I., 2023. Vpliv betonskega podstavka na seizmične meritve na potresni opazovalnici Knežji Dol (KNDS). V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2020, ARSO, 90–101. ISSN 1318-4792.
- Tasič, I., Mali, M., Pančur, L., Sinčič, P., Pfundner, I., Uran, B., Prosen, J., 2023. Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2020. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2020, ARSO, 80–89. ISSN 1318-4792.
- Tasič, I., Mali, M., Pančur, L., Sinčič, P., Pfundner, I., Uran, B., Prosen, J., 2023. Delovanje Državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2021. V: A. Gosar (ur.), Potresi v letu 2021, ARSO, 48–57. ISSN 1318-4792.
- Zupančič, P., 2023. Potresna nevarnost Slovenije in zakonodaja o potresno odporni gradnji. V: VOLFAND, Jože (ur.), AZINOVIĆ, Boris. Les, material sedanjosti in prihodnosti - prednosti in izzivi : priročnik. Celje: Fit media, 2023. Str. 99–101, ilustr. ISBN 978-961-6283-64-9. [COBISS.SI-ID 173625859]

Podcasti v letu 2023

Cecić, I., Čarman, M., Zupančič, P., 2023. [ARSO podcast](#), 96. epizoda, »[Kdo smo in kaj počnemo?](#)«, 15. 2. 2023.

Cecić, I., Zupančič, P., 2023. [ARSO podcast](#), 97. epizoda, »[Potresi v Turčiji](#)«, 22. 2. 2023.

Jerše Sharma, A., Prosen, T., 2023. [ARSO podcast](#), 100. epizoda, »[Kaj je potres? Kako ga merimo?](#)«, 12. 4. 2023.

Kazalo