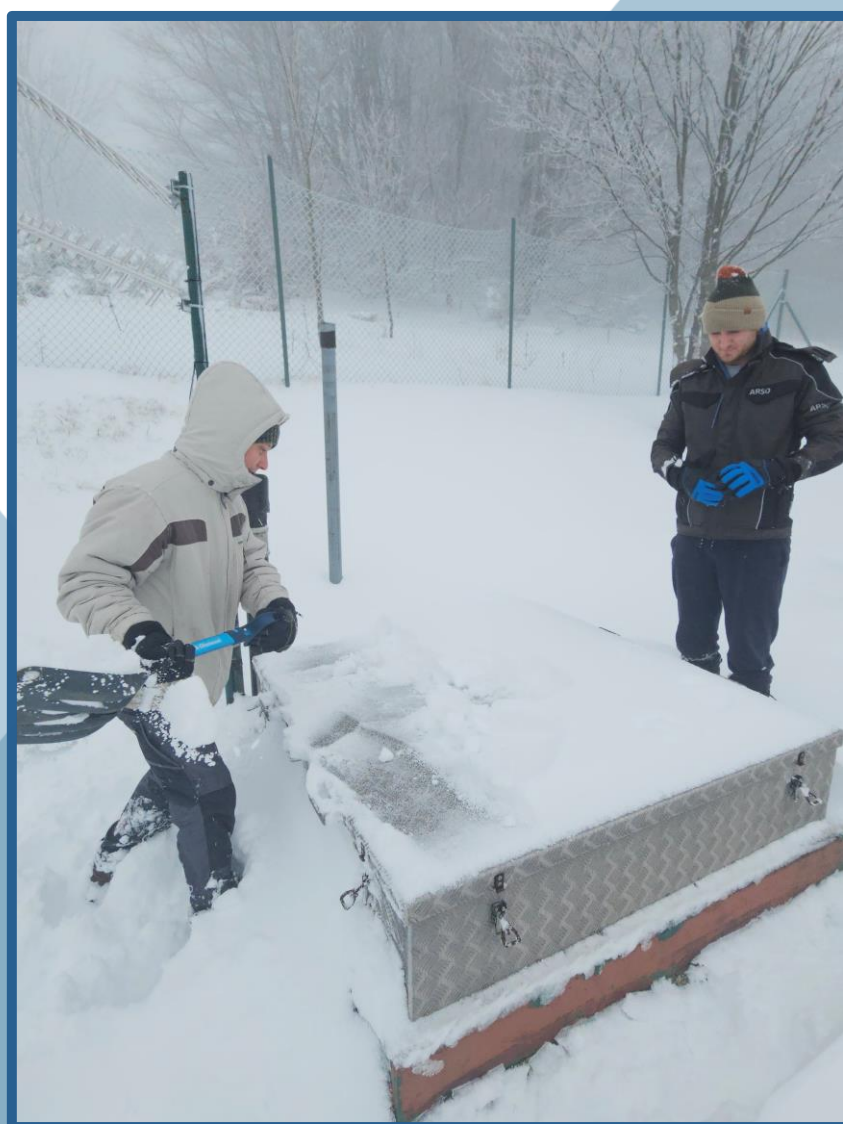




REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Potresi v letu 2025 ***Earthquakes in 2025***



Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 2026

ISSN 1318 – 4792

Potresi v letu 2025, letnik 35

Izdajatelj

Ministrstvo za okolje in prostor
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 Cekić
dr. Martina Čarman
Damjan Delač
Anita Jerše Sharma
Polona Kuhar
mag. Marko Mali
Matej Nemec
Jurij Pahor
Tatjana Prosen
dr. Gregor Rajh
dr. Barbara Šket Motnikar
mag. Izidor Tasič
dr. Blaž Vičič
Polona Zupančič

Oblikovanje

Miha Lanjšček

Naslovnica:

Potresne opazovalnice so praviloma postavljene v čim bolj mirnem okolju, daleč stran od naselij, zato dostop do njih lahko predstavlja tudi različne izzive. Na naslovnici je fotografija opazovalnice JAVS (Javornik) v snegu 18. novembra 2025. Foto: Izidor Tasič

Cover Page:

Seismic stations are generally located in as quiet an environment as possible, far from settlements, so access to them can sometimes present various challenges. The cover photo shows the JAVS (Javornik) seismic station in the snow on November 18, 2025. Photo: Izidor Tasič

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.



Katalogni 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>	
<i>Potresi v Sloveniji leta 2025</i>	
<i>Earthquakes in Slovenia in 2025</i>	6
<i>Milka Ložar Stopar, Mladen Živčič</i>	
<i>Žariščni mehanizmi močnejših potresov v Sloveniji v letu 2025</i>	
<i>Fault Plane Solutions of Earthquakes in Slovenia in 2025</i>	26
<i>Martina Čarman, Mladen Živčič</i>	
<i>Digitizacija analognih seizmogramov in pripadajočih metapodatkov</i>	
<i>Digitization of analogue seismograms and associated metadata</i>	32
<i>Barbara Šket Motnikar, Blaž Vičič</i>	
<i>Analiza ocen potresne nevarnosti Slovenije zaradi predvidenih sprememb v standardu Evrokod 8</i>	
<i>Analysis of seismic hazard estimates due to the expected changes in Eurocode 8 standard</i>	54
<i>Tamara Jesenko</i>	
<i>Najmočnejši potresi po svetu leta 2025</i>	
<i>The World's Largest Earthquakes in 2025</i>	73
<i>Izidor Tasič</i>	
<i>Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2025</i>	
<i>Seismic Stations in Slovenia in 2025</i>	83
<i>Marko Mali, Izidor Tasič, Damjan Delač, Matej Nemec, Jože Prosen, Milka Ložar Stopar</i>	
<i>Delovanje DMPO_R v letu 2025</i>	
<i>Operation of SNRS_R in 2025</i>	93
<i>Dogodki v letu 2025</i>	
<i>Events in 2025</i>	102
<i>Objave v letu 2025</i>	
<i>Publications in 2025</i>	123

Predgovor

Izšla je petintrideseta 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 2171 lokalnih potresov, prebivalci različnih območij Slovenije so jih čutili vsaj 195. Najmočnejši potres z nadžariščem v Sloveniji se je zgodil 3. oktobra ob 18.30 po UTC z lokalno magnitudo 3,0 in nadžariščem pri Rogaški Slatini. Potres je dosegel največjo intenziteto IV–V EMS-98. Prebivalci Slovenije so čutili tudi 5 regionalnih potresov, najmočnejše tistega, ki se je zgodil 11. februarja ob 17.42 po UTC v bližini Starigrada na Hrvaškem. V Sloveniji je ta potres imel največjo intenziteto IV–V EMS-98, zaznan pa je bil po celotnem ozemlju Slovenije.

Žariščni mehanizem potresa pri Rogaški Slatini je predstavljen v naslednjem prispevku, kot tudi žariščni mehanizmi še štirih močnejših lokalnih potresov, za katere smo na zadostnem številu seizmogramov na navpični komponenti zapisa posamezne opazovalnice odčitali smer vstopa vzdolžnega valovanja. Lokalna magnituda obravnavanih potresov je v razponu od 2,5 do 3,0. Žariščni mehanizem obravnavanih potresov je največkrat zmik.

Ohranjanje analognih seizmogramov predstavlja izjemno pomemben del slovenske znanstvene in tehniške dediščine, digitizacija teh zapisov pa je nujna tako zaradi njihove zaščite pred propadanjem, kot tudi zaradi bistveno boljše dostopnosti, uporabnosti in povezljivosti s sodobnimi bazami podatkov. Od začetkov instrumentalnega beleženja potresov leta 1897 pa do leta 2023, ko je bil ugasnjen zadnji seizmograf z beleženjem na papir, se je v seizmološkem arhivu nabrala obširna zbirka zapisov in pripadajočih dokumentov. Iz zgodnjega obdobja so ohranjeni predvsem seizmološki bilteni. Od začetka delovanja opazovalnice na Golovcu leta 1958 pa se je v seizmološkem arhivu nabralo tudi preko 240.000 seizmogramov. Analogni seizmogrami, skupaj z metapodatki, matičnimi knjigami, poročili o kalibracijah in seizmološkimi bilteni, tvorijo neprecenljiv arhiv informacij za rekonstrukcijo zgodovinskih potresov in validacijo sodobnih modelov potresne nevarnosti.

V letu 2027 se na evropski ravni pričakuje objava standarda Evrokod 8 (EC8) druge generacije, ki med drugim na novo zahteva, da je projektni pospešek tal zasnovan na dveh spektralnih pospeških (S_α : pri nihajnem času, kjer spekter enotne potresne nevarnosti (UHS) doseže vrh oziroma izravnavo; S_β : pri nihajnem času 1 s). Pred sprejemom ustreznega slovenskega standarda je treba posodobiti Nacionalni dodatek, kar med drugim vključuje nove referenčne karte potresne nevarnosti in faktorje zmogljivosti. V prispevku so za večja slovenska naselja predstavljeni izračuni krivulj potresne nevarnosti za izbrane spektralne pospeške ter spektre UHS za različne povratne dobe. Najpomembnejši rezultat članka je izračun dveh različnih referenčnih kart S_α za priporočeno povratno dobo 475 let ter faktorjev zmogljivosti za tri mejna stanja in štiri razrede posledic (pomembnost stavb). Opravljene analize bodo v pomoč pri pripravi strokovnih podlag za slovenski tehnični odbor za EC8 (SIST/TC 250 SC 8).

Med močnimi potresi v svetu so za leto 2025 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 2025 vzeli vsaj 7957 življenj. Najbolj uničujoč je bil potres, ki se je zgodil 23. marca v Mjanmaru, v katerem je umrlo najmanj 5456 ljudi.

Leta 2025 je ARSO upravljal 45 potresnih opazovalnic. Državno mrežo potresnih opazovalnic je sestavljalo 26 potresnih opazovalnic prvega reda, ki so opremljene s širokopasovnim seizmometrom in pospeškometro, in 19 dopolnilnih potresnih opazovalnic, ki so opremljene z raznovrstno seizmološko opremo. ARSO 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".

Sledi članek o analizi delovanja potresnih opazovalnic prvega reda (DMPO_R) v letu 2025 in učinkovitosti pridobivanja podatkov. Zajem podatkov v letu 2025 je bil 99,58 %, kar je rezultat sprotnega vzdrževanja in izvedenih posodobitev. Do izgube podatkov je prišlo le ob namestitvi nove omarice s podporno opremo na šestih lokacijah, kjer smo morali začasno ugasniti seizmološko merilno opremo, ter ob daljšem izpadu oskrbe z električno energijo na potresni opazovalnici VNDS. Podali smo tudi analizo izpadov več potresnih opazovalnic hkrati. Posebno pozornost smo namenili predvsem tako imenovanim kritičnim izpadom, pri katerih več kot 75 % referenčnih potresnih opazovalnic (20 ali več) izpade za več kot 5 minut. V letu 2025 so bili 4 tovrstnih izpadi.

Publikacijo zaključuje popis dogodkov, ki smo se jih sodelavci Urada za seizmologijo v letu 2025 udeležili oziroma jih organizirali sami, ter seznam objav, pri izdaji katerih smo sodelovali v tem letu.

Ob izidu publikacije Potresi v letu 2025 se sodelavci Agencije Republike Slovenije za okolje, Urada za seizmologijo, zahvaljujemo vsem prebivalcem Slovenije, ki so nam z odgovori na makroseizmične vprašalnike pomagali k boljši oceni potresnih parametrov. Skupno smo prejeli 15.485 izpolnjenih vprašalnikov iz 2375 naselij.

Želimo vam prijetno branje.
urednica mag. Tamara Jesenko

Anita Jerše Sharma, Tamara Jesenko, Tatjana Prosen

Potresi v Sloveniji leta 2025

Earthquakes in Slovenia in 2025

Povzetek

Državna mreža potresnih opazovalnic je leta 2025 zabeležila 2171 potresov v Sloveniji ali bližnji okolici, 18 izmed njih je imelo magnitudo vsaj 2,0. Najmočnejši potres z nadžariščem v Sloveniji, ki je imel lokalno magnitudo 3,0, se je zgodil 3. oktobra ob 18.30 po univerzalnem koordiniranem času (UTC) v bližini Rogaške Slatine. Največja intenziteta tega potresa je bila IV–V po Evropski potresni lestvici (EMS-98). To je bil tudi edini potres z žariščem v Sloveniji, ki je leta 2025 presegel intenziteto IV EMS-98 na ozemlju Slovenije. Prebivalci Slovenije so leta 2025 čutili vsaj 195 lokalnih potresov in 5 bolj oddaljenih. Dva od njih sta imela žarišče na Hrvaškem ter trije v Italiji. Potres, ki se je zgodil 11. februarja ob 17.42 po UTC v bližini Starigrada na Hrvaškem, je imel v Sloveniji največjo intenziteto IV–V EMS-98. Potres je bil zaznan po celotnem ozemlju Slovenije, tudi v skoraj 260 km oddaljenih naseljih.

Abstract

In 2025, the Seismic Network of the Republic of Slovenia recorded 2171 earthquakes in Slovenia and its vicinity, 18 of which had a magnitude of at least 2.0. The strongest earthquake with an epicenter in Slovenia, with a local magnitude of 3.0, occurred on October 3 at 18:30 UTC near Rogaška Slatina. The maximum intensity of this earthquake was IV–V EMS-98. This was also the only earthquake with an epicenter in Slovenia in 2025 that exceeded intensity IV EMS-98. In 2025, residents of Slovenia felt at least 195 local earthquakes and 5 regional earthquakes (two with their epicentres in Croatia and three in Italy). The earthquake that occurred on February 11 at 17:42 UTC in Croatia, near Starigrad, reached a maximum intensity of IV–V EMS-98 in Slovenia. The earthquake was felt throughout the country of Slovenia, at a distance of approximately 260 km from the epicenter.

Uvod

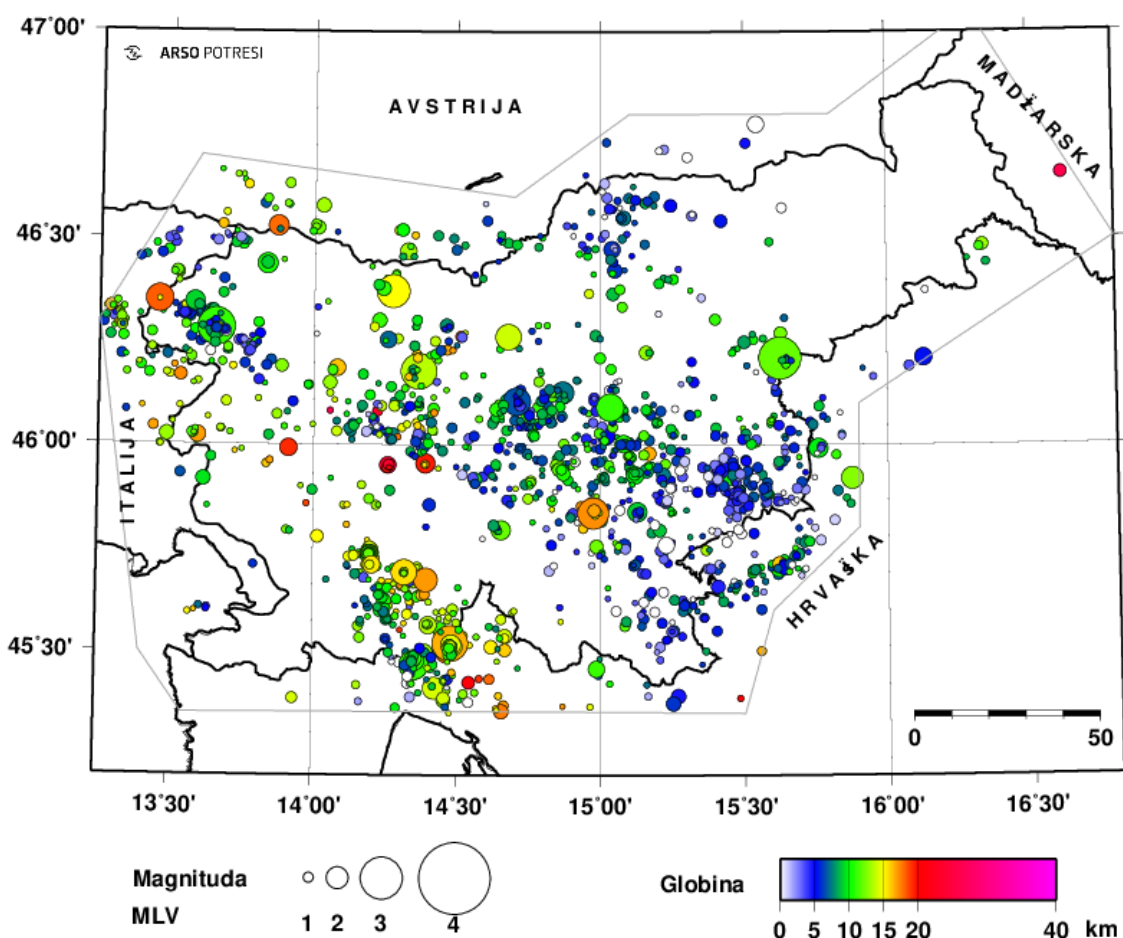
Leta 2025 je v državni mreži delovalo 26 digitalnih potresnih opazovalnic 1. reda z neprekinjenim prenosom podatkov v podatkovno središče na Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO) in rezervno središče na observatoriju na Golovcu, oboje v Ljubljani (Vidrih in drugi, 2006; ARSO, 2026). Mrežo je leta 2025 v različnih časovnih obdobjih dopolnjevalo skupno 19 dopolnilnih opazovalnic (Tasič, 2026) in enajst šolskih seizmografov za poučne namene, ki smo jih leta 2022 začeli upoštevati pri določevanju parametrov potresa (Čarman in drugi, 2023). 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, 2026). Podatki opazovalnic v sosednjih državah omogočajo natančnejše določanje parametrov potresov, še posebej, kadar so njihova žarišča blizu državne meje.

Za spremljanje potresne dejavnosti Slovenije ni pomembno le instrumentalno beleženje potresov, temveč tudi zbiranje podatkov o njihovih učinkih na ljudi, predmete, stavbe in naravo, s čimer ocenimo intenziteto potresa v posameznem naselju. Vprašalnike o učinkih po potresu pošljemo registriranim prostovoljnim poročevalcem ali pa jih občani sami izpolnijo na spletni strani ARSO. Makroseizmičnih podatkov, predvsem za nižje intenzitete, ne bi bilo mogoče

zbrati brez pomoči prostovoljnih poročevalcev. Februarja 2026 je bilo registriranih 5110 aktivnih poročevalcev, leta 2025 se je registriralo kar 110 novih poročevalcev. Veseli nas, da njihovo število iz leta v leto narašča.

Registriranim poročevalcem smo leta 2025 poslali 12.577 makroseizmičnih vprašalnikov za 16 potresov, vrnjenih pa je bilo 6459 vprašalnikov (51 odstotkov). Skupno smo prejeli 15.485 izpolnjenih vprašalnikov (zaprošenih ali poslanih na lastno pobudo) iz 2375 naselij, med katerimi je bilo:

- 7558 poročil, da so zaznali potres,
- 6249 poročil, da niso zaznali potresa,
- 1678 poročil, ki se niso nanašala na potrese (rudniški dogodek, razstreljevanje, promet, brez podane lokacije idr.).



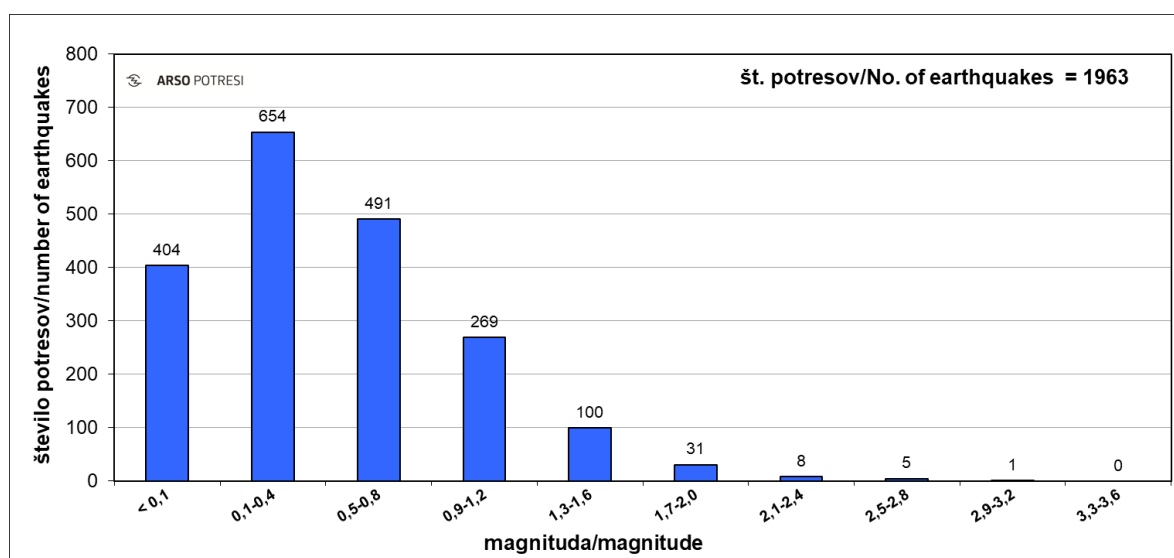
Slika 1: Potresi v Sloveniji in bližnji okolici leta 2025, ki smo jim določili žariščni čas (čas nastanka potresa), koordinati nadžarišča in globino žarišča, in ki ležijo znotraj poligona (siva črta), ki ga uporabljamo za izračun letnih statistik potresov (po magnitudi, globini ...). Barva simbola ponazarja 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 2025, with calculated hypocentral time, epicentral coordinates, and focal depth that lie within the polygon (gray line), which we use to calculate annual earthquake statistics (by magnitude, depth, etc.); 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 in the same area. Magnituda = magnitude; globina = depth

Potresna dejavnost v Sloveniji leta 2025

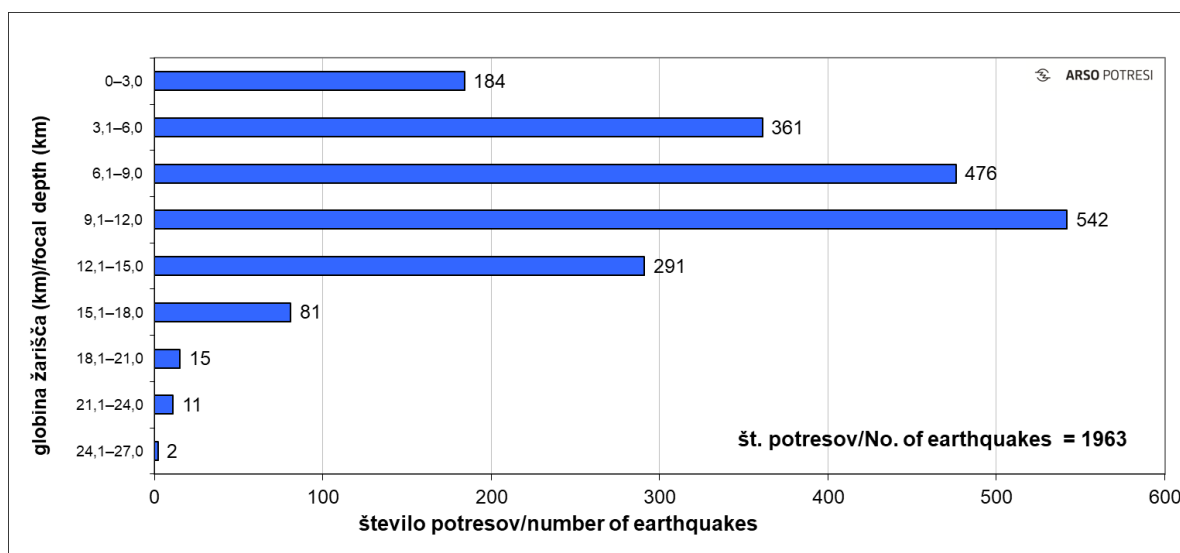
Potresne opazovalnice državne mreže so leta 2025 zabeležile 2171 lokalnih potresov. Lokalni potresi so tisti, ki so nastali v Sloveniji ali njeni bližnji okolici (do 50 km od najbližjega slovenskega obmejnega kraja). Za oddaljene potrese veljajo tisti potresi, katerih žarišče je od Ljubljane oddaljeno več kot 11 stopinj (nekaj več kot 1200 km, $1^\circ \approx 111$ km). Preostale potrese imenujemo bližnji oziroma regionalni potresi. Seizmografi so zabeležili tudi 494 primerov tresenja tal, ki so povezani z razstreljevanjem ali rudniškimi dejavnostmi, ter tri skalne podore.

Na sliki 1 je prikazanih 1963 lokalnih potresov, za katere smo zbrali dovolj podatkov (zapisov z vsaj treh opazovalnic, da smo lahko izračunali lokacijo nadžarišča), in ki ležijo znotraj poligona, ki ga na Uradu za seizmologijo uporabljamo za pripravo letnih statistik (označeno s sivo črto). Za ta poligon lahko s podatki slovenskih opazovalnic in opazovalnic sosednjih držav zagotovimo, da je izračun lokacije nadžarišča potresa čim bolj natančen. Hkrati pa lahko statistike primerjamo med seboj tudi za leta, ko je bila pokritost ozemlja s potresnimi opazovalnicami manj številčna. Vsem omenjenim lokalnim potresom smo lahko določili tudi magnitudo (slika 2). Po podatkih za obdobje od 2000 do 2025 se znotraj poligona vsako leto v povprečju zgodi 33 potresov z lokalno magnitudo vsaj 2,0. Dva potresa na leto imata v povprečju lokalno magnitudo vsaj 3,0 (ARSO, 2025). Leta 2025 je 18 potresov imelo lokalno magnitudo vsaj 2,0, eden pa magnitudo vsaj 3. Potresna dejavnost v Sloveniji je bila leta 2025 pod dolgoletnem povprečjem. Večina vseh lociranih potresov v Sloveniji in bližnji okolici je imela lokalno magnitudo manjšo od 2,0 (98 % primerov; slika 2) ter žarišče do globine 12 kilometrov. Le približno 5 % jih je imelo žarišče globlje (slika 3).



Slika 2: Porazdelitev magnitude (M_{LV}) potresov v Sloveniji leta 2025

Figure 2: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2025 with respect to M_{LV} magnitude



Slika 3: Porazdelitev globine žarišča potresov v Sloveniji leta 2025 (v kilometrih)

Figure 3: Distribution of earthquakes in Slovenia in 2025 with respect to focal depth (in kilometres)

Največjo intenziteto v Sloveniji v letu 2025 sta dosegla potres z nadžariščem na območju Narodnega parka Paklenica, v bližini Starigrada (Hrvaška), in potres z nadžariščem pri Rogaški Slatini. Oba sta dosegla intenziteto IV–V EMS-98. Prvi se je zgodil 11. februarja ob 17.42 po univerzalnem koordinatnem času (UTC) in je imel lokalno magnitudo 4,8 (po podatkih hrvaške seizmološke službe). Drugi, ki je imel nadžarišče v bližini Kamenc (JZ od Rogaške Slatine), se je zgodil 3. oktobra ob 18.30 po UTC in je imel lokalno magnitudo 3,0.

V preglednici 1 so osnovni podatki za 79 lokalnih potresov z izračunano magnitudo vsaj 1,5, med katerimi so jih prebivalci Slovenije čutili 52. Poleg teh je navedenih še 143 šibkejših potresov, ki so jih prebivalci Slovenije čutili in smo jim lahko izračunali lokacijo nadžarišča. Med lokalne potrese uvrščamo potrese z nadžariščem v Sloveniji ali bližnji okolici, zato so v preglednici 1 navedeni tudi potresi z žariščem na Hrvaškem (31), v Italiji (3) in v Avstriji (6), 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 je v primerjavi s slovenskim lokalnim časom zamaknjen za eno uro v zimskem času in za dve uri v poletnem času), koordinati nadžarišča (zemljepisna širina °N, zemljepisna dolžina °E), globina žarišča (km), število opazovalnic, ki so zabeležile posamezen potres (nst), lokalna magnituda (M_{LV}) in največja intenziteta (I_{max}) po EMS-98 (Grünthal, 1998), ki jo je potres dosegel v Sloveniji. V primerih, ko potresa ljudje niso čutili, polje ostane prazno. V stolpcu *Nadžariščno 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). Kadar je nadžarišče več kot pet kilometrov oddaljeno od najbližjega naselja iz omenjenega seznama ali pa je zunaj slovenskih meja, pa smo toponim poiskali s storitvijo Google Zemljevidi (Google Maps, 2026). 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. Algoritem nato povpreči intenziteto vseh učinkov vseh vprašalnikov iz danega naselja. Če je največja samodejna ocena intenzitete potresa večja od IV EMS-98, ali če je taka ocena dežurnega seizmologa, smo za tista naselja, kjer je ocena samodejnih intenzitet presegala III–IV EMS-98, intenzitete tudi ročno preverili. Če podatki za neko naselje niso zadoščali za nedvoumno določitev intenzitete, smo mu pripisali razpon

vrednosti (na primer IV–V EMS-98). Kadar z razpoložljivimi podatki o učinkih nismo mogli določiti niti razpona vrednosti, smo mu pripisali oznako »čutili«.

Za določitev osnovnih parametrov potresov smo analizirali zapise na DMPO (ARSO, 2026), na šolskih opazovalnicah (Čarman in drugi, 2023), na opazovalnicah mreže SLO Karst NFO (Šebela in drugi, 2023) ter na opazovalnicah sosednjih držav, ki podatke pošiljajo v stvarnem času. Uporabili smo tudi seizmološke biltene iz Avstrije (ZAMG, 2025–2026). 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 (Michellini in drugi, 1998) in modela za površinsko valovanje (Živčič in drugi, 2000). Potresom, katerim smo 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 DMPO. Največja intenziteta (I_{max}), ki jo je potres dosegel na ozemlju Slovenije, je ocenjena po EMS-98.

Preglednica 1: Seznam lokalnih potresov leta 2025, 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 143 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 $M_{LV} \geq 1.5$ in 2025, 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 143 earthquakes of a lower magnitude felt by inhabitants of Slovenia, for which we also calculated the hypocentral time, epicentral coordinates, and focal depth. * – maximum 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	M_{LV}	I_{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2025	1	1	22	35	19,5	46,40	15,26	10	35	1,1	III	Spodnji Dolič
2025	1	3	8	35	2,8	46,08	15,17	12	4	0,3	čutili	Zavrate
2025	1	4	2	37	43,7	46,48	13,75	10	16	1,1	III	Podkoren
2025	1	6	20	52	31,6	45,76	15,08	6	33	1,3	IV	Drganja sela
2025	1	8	21	33	24,2	46,49	13,74	8	10	0,1	čutili	Podkoren
2025	1	9	0	45	31,7	46,11	14,67	9	29	1,4	IV	Osredke
2025	1	11	20	49	45,8	46,54	15,42	5	10	1,3	III	Činžat
2025	1	12	2	44	24,5	46,13	14,87	7	59	2,0	III–IV	Log pri Mlinšah
2025	1	12	14	52	47,2	45,94	15,45	4	43	2,0	IV	Brezje pri Senušah
2025	1	14	1	21	41,3	46,25	15,53	10	7	0,9	čutili	Pijovci

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	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2025	1	14	23	20	12,0	45,95	14,88	8	33	1,0	IV	Grm
2025	1	20	2	45	21,4	46,17	14,52	11	19	0,7	čutili	Koseze
2025	1	21	17	38	50,5	46,20	14,37	17	42	1,9	III–IV	Meja
2025	1	22	3	15	10,9	46,37	15,04	9	40	1,3	čutili	Lokovica
2025	1	22	18	35	43,2	45,88	15,24	1	8	0,2	čutili	Brezovica
2025	1	25	2	24	57,5	45,98	15,10	14	15	0,8	čutili	Vrh
2025	1	25	4	49	46,2	45,79	14,65	12	41	1,8		Pusti Hrib
2025	1	27	21	12	8,0	45,78	14,02	15	28	1,3	čutili	Lozice
2025	1	28	16	52	41,2	45,95	15,43	1	7	0,3	čutili	Brezovska Gora
2025	1	29	17	9	54,4	46,08	15,06	10	52	1,9	III–IV	Borovak pri Podkumu
2025	1	30	4	4	29,2	46,47	15,04	6	20	1,6	čutili	Raduše
2025	1	30	21	52	24,8	45,79	15,41	1	10	0,8	čutili*	Žumberak, meja Hrvaška - Slovenija
2025	2	1	18	23	23,3	45,84	15,01	5	17	0,7	IV	Podlipa
2025	2	2	23	49	23,2	46,28	13,70	6	21	0,8	čutili	Lepena
2025	2	6	15	39	6,4	45,88	15,46	4	13	0,9	čutili	Kalce-Naklo
2025	2	9	23	59	37,3	46,42	15,05	6	24	1,5	III	Zavodnje
2025	2	10	2	56	28,1	45,62	15,30	1	10	0,5	čutili	Otok
2025	2	14	6	6	36,2	46,47	14,33	13	29	1,6		Zell-Oberwinkel (Sele-Zvrh-nji Kot), Avstrija
2025	2	14	20	56	39,9	45,51	15,21	2	14	1,0	III–IV	Črešnjevce pri Dragatušu
2025	2	14	23	31	33,5	46,10	14,82	7	16	0,9	čutili	Bitiče
2025	2	16	22	46	22,5	45,99	15,76	10	49	1,8	čutili*	Radakovo, Hrvaška
2025	2	18	12	2	26,9	45,70	15,62	10	34	1,8		Malunje, Hrvaška
2025	2	24	21	10	51,7	46,49	14,68	9	29	1,0	čutili*	Koprein (koprivna), Avstrija
2025	2	28	23	58	17,9	46,32	13,64	8	30	1,5	III–IV	Lepena
2025	3	5	11	53	25,3	45,92	14,56	10	38	1,4	čutili	Želimlje
2025	3	5	15	46	48,8	46,02	15,02	5	37	1,7	čutili	Prevale
2025	3	6	23	2	30,0	45,58	14,26	8	26	1,2	IV	Ilirska Bistrica
2025	3	11	13	29	50,9	45,71	15,23	5	11	0,8	čutili	Jugorje pri Metliki
2025	3	11	19	51	38,8	45,57	15,21	5	26	1,1	III	Dolenja vas pri Črnomlju

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	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2025	3	17	3	41	6,4	46,53	13,87	18	32	1,9	III–IV*	Finkenstein am Faaker See (Bekštajn), Avstrija
2025	3	17	17	32	7,7	45,62	14,25	11	33	1,5	III	Knežak
2025	3	22	14	17	16,6	46,21	16,13	5	19	1,7		Ivanec, Hrvaška
2025	3	22	20	35	17,4	45,89	14,00	9	22	1,0	čutili	Žagolič
2025	3	23	18	15	55,0	45,63	15,32	0	9	0,3	čutili*	Jurovski Brod, meja Hrvaška - Slovenija
2025	3	24	0	51	38,0	46,18	14,37	14	88	2,7	IV	Godešič
2025	3	24	21	23	19,8	45,98	14,34	9	17	0,9	III–IV	Blatna Brezovica
2025	3	25	21	9	59,5	45,98	14,35	5	6	0,4	III	Blatna Brezovica
2025	3	27	8	42	35,2	46,20	15,32	5	8	0,9	čutili	Šentjanž nad Štorami
2025	3	29	12	15	6,3	45,93	14,80	8	5	0,2	čutili	Malo Črnelo
2025	3	29	15	53	30,6	45,69	14,16	13	17	0,8	čutili	Gradec
2025	4	3	23	30	53,9	45,50	14,47	18	40	1,8	čutili*	Trstenik, Hrvaška
2025	4	5	0	15	46,7	45,90	14,68	4	11	0,1	čutili	Mala Račna
2025	4	5	4	12	45,9	45,75	14,20	13	34	1,2	čutili	Rakitnik
2025	4	5	5	27	26,3	45,75	14,20	14	27	1,4	čutili	Rakitnik
2025	4	5	6	55	22,6	46,31	13,56	7	20	1,2	III	Čezsoča
2025	4	5	22	50	19,4	46,27	14,98	9	28	1,2	IV	Stopnik
2025	4	6	23	53	11,4	45,75	14,20	15	45	1,5	čutili	Rakitnik
2025	4	7	16	52	7,2	46,78	15,55	1	11	1,6		Leibnitz (Lipnica), Avstrija
2025	4	8	11	20	35,7	45,95	14,85	12	23	1,1	čutili	Radohova vas
2025	4	9	8	13	18,4	46,27	15,63	12	23	1,3	čutili	Zgornje Ngonje
2025	4	12	22	35	37,8	45,67	14,33	13	49	1,0	čutili	Juršče
2025	4	14	18	0	34,1	46,22	15,16	13	37	1,4	III–IV	Migojnice
2025	4	15	14	49	21,6	45,83	14,90	4	29	1,1	III–IV	Budganja vas
2025	4	16	5	25	56,3	45,95	15,03	12	29	1,1	čutili	Ševnica
2025	4	17	4	38	7,7	45,92	13,62	10	23	1,5	III–IV*	Sant'Andrea (Štandrež), meja Italija - Slovenija
2025	4	18	2	27	8,1	45,55	15,25	7	25	1,2	III	Tribuče
2025	4	18	14	21	28,1	46,32	13,57	7	11	1,0	čutili	Čezsoča
2025	4	20	0	18	27,2	46,32	13,57	8	21	1,0	čutili	Čezsoča

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	M _{LV}	I _{max}	nadžariško območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2025	4	22	21	15	45,4	45,62	15,29	4	9	0,3	čutili	Otok
2025	4	23	5	24	6,4	46,55	15,08	7	10	1,5		Pameče
2025	4	24	21	11	27,3	45,58	15,15	6	4	< 0,1	čutili	Tušev Dol
2025	4	25	0	56	41,4	45,56	15,14	7	21	0,8	III–IV	Dobliče
2025	4	30	22	14	41,0	46,29	14,81	11	10	0,5	čutili	Gornji Grad
2025	5	1	5	39	43,8	45,94	14,86	12	42	1,4	čutili	Radohova vas
2025	5	3	2	18	40,0	46,15	14,06	13	27	1,4	III	Gorenji Novaki
2025	5	8	3	15	13,1	45,99	13,91	19	36	1,7	III	Vojsko
2025	5	13	17	20	52,3	45,95	15,17	13	25	1,0	čutili	Sv. Vrh
2025	5	15	23	28	42,7	45,92	15,01	10	25	0,7	čutili	Pekel
2025	5	18	6	58	0,9	45,50	14,39	13	26	1,5		Zabiče
2025	5	19	23	30	59,2	45,72	15,13	5	18	0,8	III–IV	Uršna sela
2025	5	23	0	30	49,3	45,46	14,99	11	35	1,6	čutili*	Brod Moravice, Hrvaška
2025	5	23	3	12	33,4	45,86	15,13	4	7	0,2	čutili	Selo pri Zagorici
2025	5	23	11	54	11,0	46,15	14,43	3	6	0,6	čutili	Zbilje
2025	5	24	4	1	20,8	45,88	15,46	4	9	1,1	III	Kalce-Naklo
2025	5	30	16	50	3,0	45,96	14,39	20	30	1,8	III	Prevalje pod Krimom
2025	5	30	22	15	20,2	46,53	14,00	12	14	0,6	čutili*	Rosenbach (Področca), Avstrija
2025	6	1	5	24	44,0	45,92	15,88	13	23	2,0		Oborovo Bistransko, Hrvaška
2025	6	4	22	47	51,0	46,33	13,29	16	19	1,3	čutili*	Musi (Mužac), Italija
2025	6	5	9	9	24,3	45,60	13,64	4	7	0,7	čutili	pod morskim dnem, v bližini Debelega Rtiča
2025	6	7	15	46	24,3	46,44	13,83	10	49	1,9	III–IV	Škrlatica
2025	6	12	20	55	27,0	45,60	15,15	5	5	0,2	IV	Rodine
2025	6	14	16	4	52,6	45,95	14,26	23	29	1,2	čutili	Strmica
2025	6	16	3	58	16,2	45,74	14,19	12	23	1,3	čutili	Matenja vas
2025	6	16	3	58	55,6	45,74	14,19	11	23	1,5		Matenja vas
2025	6	16	4	45	34,8	45,74	14,19	13	21	1,5		Matenja vas
2025	6	16	4	45	39,5	45,74	14,20	13	17	1,6	čutili	Matenja vas
2025	6	16	4	50	31,1	45,74	14,19	12	24	1,3	čutili	Matenja vas

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	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2025	6	16	5	29	58,0	45,74	14,20	12	25	1,5		Matenja vas
2025	6	16	5	50	46,8	45,74	14,20	13	25	1,5		Matenja vas
2025	6	16	6	23	18,3	45,74	14,20	12	27	1,6	III	Matenja vas
2025	6	16	6	27	33,4	45,74	14,20	12	23	1,5		Matenja vas
2025	6	16	7	43	2,0	45,74	14,19	12	26	1,4	čutili	Matenja vas
2025	6	18	22	33	18,3	45,86	15,22	3	10	0,1	čutili	Šmarješke Toplice
2025	6	19	3	15	14,6	45,86	15,22	3	8	0,2	čutili	Šmarješke Toplice
2025	6	19	21	51	37,5	46,04	14,41	13	39	1,1	čutili	Podsmreka
2025	6	21	2	11	18,8	45,95	14,26	24	49	1,6	čutili	Strmica
2025	6	21	16	3	41,8	45,98	15,64	2	6	0,4	čutili	Dednja vas
2025	6	26	4	32	49,5	45,39	15,27	5	34	1,5	čutili*	Rendulići, Hrvaška
2025	6	27	2	40	13,6	46,29	14,46	8	36	1,4	čutili	Možjanca
2025	6	28	17	5	6,2	45,36	14,66	18	25	1,5		Mrzla Vodica, Hrvaška
2025	6	29	11	3	43,5	45,69	15,16	4	27	1,1	čutili	Pribišje
2025	6	29	12	59	51,2	45,87	15,21	5	36	1,1	III–IV	Žaloviče
2025	6	29	13	12	22,8	45,86	15,23	1	5	0,1	čutili	Šmarješke Toplice
2025	7	2	19	58	3,2	45,75	15,22	6	10	0,3	čutili	Vinja vas
2025	7	6	3	8	12,6	46,02	13,60	17	29	1,6	III–IV	Zagora
2025	7	7	9	31	50,8	46,16	14,35	8	10	0,5	čutili	Godešič
2025	7	9	2	55	44,0	46,30	14,23	11	45	1,5	III–IV	Spodnja Dobrava
2025	7	9	20	43	21,7	45,93	15,22	7	43	1,4	IV	Dolenje Laknice
2025	7	12	20	31	49,3	45,54	14,67	14	43	1,5		Požarnica, Hrvaška
2025	7	14	9	27	38,8	45,47	14,36	11	45	2,3	IV*	Lisac, Hrvaška
2025	7	14	9	27	39,8	45,47	14,35	11	49	2,4		Lisac, Hrvaška
2025	7	14	9	44	25,9	45,48	14,36	14	23	1,4	čutili*	Lisac, Hrvaška
2025	7	14	10	20	49,5	45,48	14,36	11	42	1,7	čutili*	Lisac, Hrvaška
2025	7	14	11	4	40,8	45,48	14,36	11	44	1,9	IV*	Lisac, Hrvaška
2025	7	14	12	26	15,1	45,48	14,36	11	19	1,1	čutili*	Lisac, Hrvaška
2025	7	17	10	26	31,0	45,55	15,25	3	7	1,2	čutili	Tribuče

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	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2025	7	18	0	44	17,0	45,48	14,36	11	37	1,5		Lisac, Hrvaška
2025	7	19	7	34	24,0	45,89	14,27	9	27	1,1	III–IV	Jakovica
2025	7	19	14	52	28,7	45,61	14,19	7	19	0,9	čutili	Gornja Bitnja
2025	7	20	22	13	48,4	46,49	13,72	9	15	1,0	čutili	Rateče
2025	7	24	20	37	39,0	46,29	13,66	6	17	0,9	čutili	Lepena
2025	7	28	0	57	42,8	45,88	15,19	4	21	0,5	čutili	Štravberk
2025	7	28	20	59	55,1	46,10	14,72	5	21	0,6	čutili	Križevska vas
2025	8	2	7	44	16,4	45,72	15,22	3	18	0,9	čutili	Konec
2025	8	4	17	8	27,7	46,34	13,58	8	23	1,3	III	Kal-Koritnica
2025	8	9	2	49	25,2	46,10	14,72	8	56	1,8	IV	Križevska vas
2025	8	11	11	28	1,4	45,97	15,11	10	10	0,7	čutili	Prelesje
2025	8	11	18	43	23,6	46,10	14,71	5	51	1,7	IV	Križevska vas
2025	8	12	11	21	1,7	45,89	15,21	5	4	0,1	čutili	Žaloviče
2025	8	12	15	56	45,3	45,52	14,48	17	67	2,7	III–IV*	Trstenik, Hrvaška
2025	8	12	16	0	21,2	45,52	14,49	14	42	1,6		Trstenik, Hrvaška
2025	8	12	16	37	17,2	45,51	14,49	15	51	1,8	čutili*	Trstenik, Hrvaška
2025	8	12	16	42	42,2	45,51	14,48	15	18	1,5		Trstenik, Hrvaška
2025	8	12	16	42	44,0	45,51	14,48	13	14	1,5		Trstenik, Hrvaška
2025	8	12	19	44	54,4	45,51	14,48	13	29	1,4	čutili*	Trstenik, Hrvaška
2025	8	12	20	16	12,7	45,52	14,48	15	45	1,9	čutili*	Trstenik, Hrvaška
2025	8	15	12	48	37,9	46,19	13,89	13	26	1,3	čutili	Rut
2025	8	18	2	1	23,1	45,75	14,99	12	31	1,4	čutili	Komolec
2025	8	18	3	19	22,7	45,74	15,06	7	9	0,4	III	Dolenjske Toplice
2025	8	20	18	42	57,4	45,98	15,17	17	35	1,4	čutili	Gabrijele
2025	8	21	12	28	23,7	45,56	14,40	14	41	1,7		Snežnik
2025	8	24	13	57	25,2	45,84	15,13	9	47	1,8	IV	Daljni Vrh
2025	8	25	5	46	44,2	45,84	15,13	5	19	1,1	čutili	Daljni Vrh
2025	8	25	14	11	54,2	45,61	15,29	6	16	1,1	IV*	Zaluka Lipnička, meja Hrvaška - Slovenija
2025	8	27	8	19	37,7	46,11	14,71	7	57	2,3	IV	Zagorica pri Dolskem

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	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2025	9	5	17	54	24,5	46,00	15,08	11	38	1,7	III	Ravne nad Šentrupertom
2025	9	11	1	16	9,1	46,37	14,28	15	62	2,6	IV	Brezje pri Tržiču
2025	9	13	19	37	7,7	46,58	14,03	13	18	1,5		Frög (Breg), Avstrija
2025	9	14	19	5	17,9	46,32	13,55	6	42	1,8	III–IV	Čezsoča
2025	9	14	22	5	45,2	46,32	13,55	5	10	0,5	čutili	Čezsoča
2025	9	17	1	10	12,9	45,87	15,10	4	11	0,1	čutili	Dolenja vas pri Mirni Peči
2025	9	19	10	47	27,9	45,70	15,64	5	23	1,5		Gornja Reka, Hrvaška
2025	9	19	20	48	21,1	46,21	15,61	8	3	0,2	čutili	Gabree
2025	9	20	19	27	7,7	45,74	15,21	4	5	< 0,1	čutili	Vinja vas
2025	9	22	1	53	20,7	45,93	14,87	11	47	1,4	čutili	Sela pri Dobu
2025	9	25	13	40	56,5	46,28	13,66	11	80	2,8	IV	Lepena
2025	9	25	13	41	37,3	46,28	13,65	8	11	1,9		Koseč
2025	9	26	11	46	53,2	46,28	13,65	8	13	1,0	III–IV	Lepena
2025	9	28	21	10	26,1	46,39	15,21	9	22	1,0	čutili	Kozjak
2025	9	30	4	5	56,6	46,00	15,09	8	27	1,1	čutili	Hom
2025	9	30	6	33	10,6	45,76	15,23	0	41	1,6	IV	Mali Cerovec
2025	10	1	7	50	44,6	45,71	14,21	15	45	1,7	čutili	Slovenska vas
2025	10	1	12	49	44,6	46,16	15,60	4	7	0,8	čutili	Podčetrtek
2025	10	1	13	57	20,2	46,33	13,59	6	17	1,4	III	Kal-Koritnica
2025	10	3	14	18	11,3	46,28	13,66	7	9	0,7	čutili	Lepena
2025	10	3	18	30	49,2	46,21	15,63	12	79	3,0	IV–V	Kamence
2025	10	3	19	35	26,5	46,19	15,65	11	9	0,8	IV*	Donje Brezno, meja Hrvaška - Slovenija
2025	10	7	3	14	13,5	45,89	15,46	4	8	0,7	III	Pristava pri Leskovcu
2025	10	8	19	33	0,1	46,23	14,44	6	5	< 0,1	čutili	Voglje
2025	10	9	13	13	38,0	45,48	14,35	9	5	< 0,1	čutili*	Lisac, Hrvaška
2025	10	11	1	55	42,2	45,83	15,47	3	31	0,9	III–IV	Vrbje
2025	10	12	9	28	24,4	45,89	15,39	4	19	0,9	čutili	Koprivnik
2025	10	13	20	40	35,2	45,79	15,21	9	34	1,3	III–IV	Šentjošt
2025	10	15	9	53	27,7	45,67	14,39	17	44	2,1		Kozarišče

datum			čas (UTC)			zem. šir.	zem. dolž.	h	nst	M _{LV}	I _{max}	nadžariško območje
leto	mes.	dan	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
date			time (UTC)			lat	lon	h	nst	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2025	10	16	15	0	22,6	46,34	13,58	9	26	1,8	IV	Kal-Koritnica
2025	10	17	10	16	55,1	45,94	15,16	8	35	1,4	čutili	Gorenje Laknice
2025	10	19	0	15	26,0	46,35	13,46	18	44	2,3	IV	Kanin, meja Slovenija - Italija
2025	11	4	8	12	33,8	45,85	14,41	6	27	1,3	III–IV	Zibovnik
2025	11	5	5	30	8,9	46,09	14,64	11	32	1,4	IV	Dol pri Ljubljani
2025	11	5	23	33	53,6	45,71	15,12	7	14	1,0	čutili	Dobindol
2025	11	12	18	40	3,1	45,50	14,27	9	14	0,9	čutili	Jelšane
2025	11	13	12	18	16,9	45,93	15,12	10	37	1,7	III	Križni Vrh
2025	11	13	22	36	12,5	45,93	15,12	10	41	1,3	čutili	Križni Vrh
2025	11	16	9	59	9,0	46,09	14,28	14	21	1,2	čutili	Selo nad Polhovim Gradcem
2025	11	17	14	7	17,2	45,69	14,32	16	47	2,2	IV	Juršče
2025	11	17	14	22	50,0	45,69	14,32	13	9	0,7	čutili	Juršče
2025	11	17	19	51	44,0	45,69	14,32	13	15	0,8	čutili	Juršče
2025	11	22	19	25	48,3	46,13	14,80	6	9	0,5	čutili	Gora pri Pečah
2025	11	26	11	8	37,3	45,37	15,25	6	16	1,5		Ponikve, Hrvaška
2025	11	26	13	21	5,2	46,19	14,08	16	32	1,6		Zala
2025	11	26	13	23	6,0	45,95	14,64	9	6	< 0,1	III	Brezje pri Grosupljem
2025	11	26	19	9	15,1	45,84	14,97	17	42	1,4	čutili	Sadinja vas pri Dvoru
2025	11	26	22	47	12,0	45,84	14,98	17	78	2,5	IV	Sadinja vas pri Dvoru
2025	11	26	22	54	7,4	45,83	14,98	14	10	0,1	čutili	Mali Lipovec
2025	11	27	0	0	38,4	45,83	14,98	14	12	0,8	čutili	Mali Lipovec
2025	11	27	14	50	7,2	46,09	14,33	5	4	< 0,1	čutili	Setnica
2025	11	29	6	18	25,4	45,81	15,19	1	5	< 0,1	III	Mala Cikava
2025	12	4	10	19	17,9	46,26	14,68	14	43	2,2	IV	Zavrh pri Črnavcu
2025	12	5	11	52	4,5	46,34	13,60	9	16	1,1	čutili	Kal-Koritnica
2025	12	6	2	51	31,1	46,38	14,24	11	46	1,5	III–IV	Slatna
2025	12	6	21	49	57,6	45,97	15,65	7	6	0,1	čutili	Piršenbreg
2025	12	9	4	0	20,6	45,66	15,41	4	30	1,4	III–IV*	Vrškovac, Hrvaška
2025	12	18	4	29	15,0	46,13	14,82	8	24	1,0	čutili	Podgorica pri Pečah

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	M _{LV}	I _{max}	epicentral area
year	mon.	day	h	min	s	°N	°E	km			EMS-98	
2025	12	20	23	3	32,3	45,62	15,15	1	9	< 0,1	čutili	Mihelja vas
2025	12	21	12	12	56,5	46,02	13,49	13	35	1,5	čutili*	Craoretto, Italija
2025	12	23	12	24	40,4	46,08	14,98	4	21	1,0	čutili	Preveg
2025	12	26	2	43	15,3	46,29	13,61	8	7	0,6	čutili	Drežniške Ravne
2025	12	26	21	26	11,2	45,64	14,23	9	21	0,9	čutili	Zagorje
2025	12	28	22	34	51,8	46,06	15,04	6	9	0,2	čutili	Sopota
2025	12	29	23	21	47,1	45,93	15,12	9	29	0,8	čutili	Križni Vrh
2025	12	30	13	39	45,6	46,09	15,03	11	81	2,3	IV	Gorenja vas
2025	12	31	17	47	30,9	46,25	14,26	7	54	1,6	IV	Zgornja Besnica

V preglednici 2 so navedeni bližnji, regionalni, potresi, ki so jih čutili tudi v Sloveniji: dva potresa z žariščem na Hrvaškem in tri v Italiji. V preglednici je poleg datuma in časa (UTC) potresa, njegove magnitude in nadžariščnega 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 2025

Table 2: List of regional earthquakes felt by inhabitants of Slovenia in 2025

datum			čas (UTC)		magnituda	I _{max} v Sloveniji	nadžariščno območje
leto	mesec	dan	H	min	M _L	EMS-98	
date			time (UTC)		magnitude	I _{max} in Slovenia	epicentral area
year	month	day	H	min	M _L	EMS-98	
2025	1	10	1	42	3,6	čutili	Socchieve, Italija
2025	2	11	17	42	4,8	IV–V	Starigrad, Hrvaška
2025	10	3	21	19	2,9	III–IV	Dogna (Dognje), Italija
2025	10	6	10	13	4,4	čutili	pod morskim dnem, v bližini mesta Pesaro, Italija
2025	10	20	23	0	3,1	čutili	pod morskim dnem, v bližini Senja, Hrvaška

Učinki nekaterih močnejših potresov, ki so jih čutili prebivalci Slovenije

Na ozemlju Slovenije leta 2025 ni bilo potresov, ki bi povzročili gmotno škodo. Prebivalci so čutili skupno vsaj 200 potresov, 195 lokalnih in 5 regionalnih. Dva potresa sta dosegla intenziteto IV–V EMS-98. Nadžarišča potresov, ki so jih prebivalci čutili, so prikazana na sliki 4. Velikost kroga označuje lokalno magnitudo, barva pa največjo intenziteto potresa. Pri razponu možnih vrednosti največje intenzitete je prikazana spodnja vrednost, kar pomeni, da

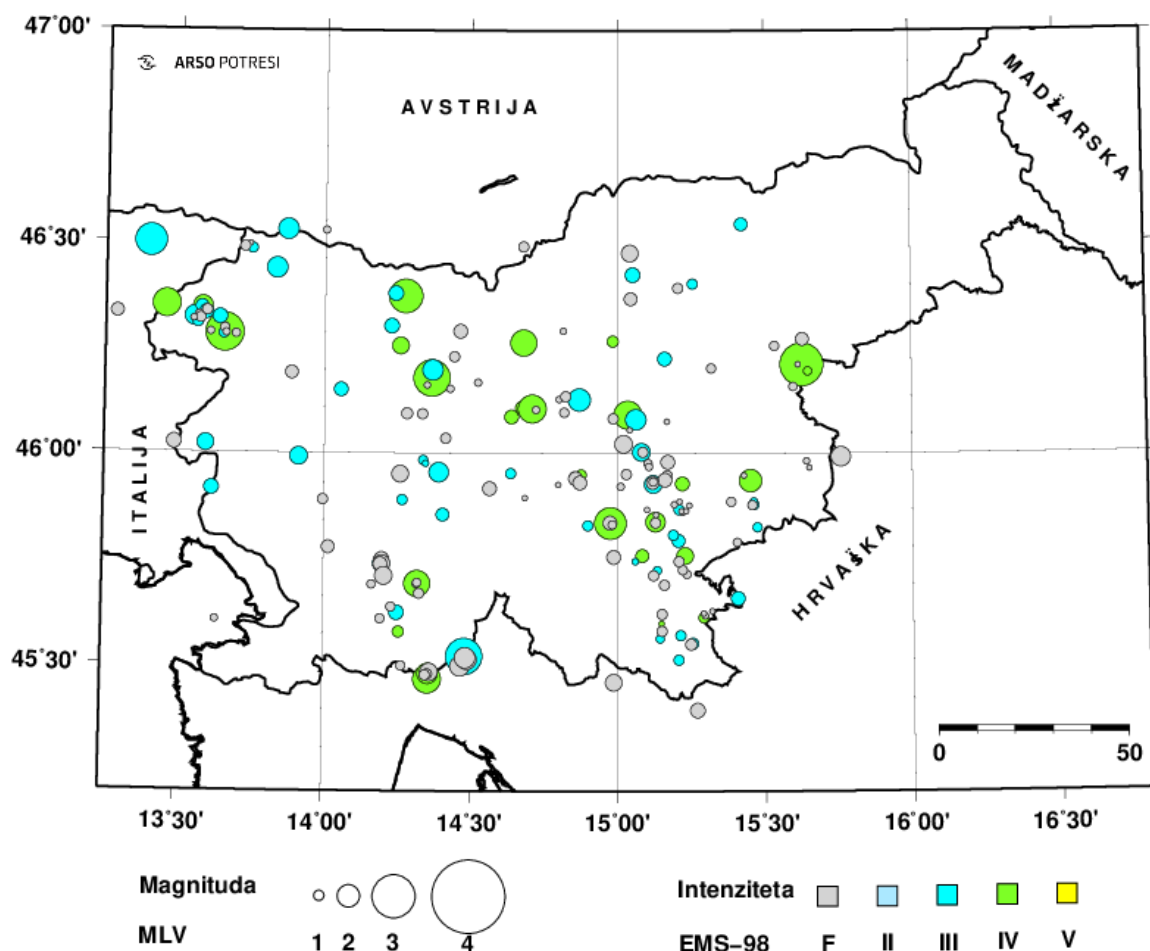
je potres npr. z I_{max} IV–V EMS-98 obarvan z barvo I_{max} IV EMS-98. Potresi na sliki 4 niso prikazani kronološko, temveč od največje magnitude do najmanjše, da močnejši potresi ne bi zakrili šibkejših.

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 2025.

V nadaljevanju je opisan najmočnejši potres, ki se je zgodil leta 2025 v Sloveniji, in en hrvaški potres, ki je na ozemlju Slovenije tudi dosegel intenziteto IV–V EMS-98. Za oba potresa je prikazana karta intenzitete po naseljih (sliki 6–7) z vrisanim nadžariščem.

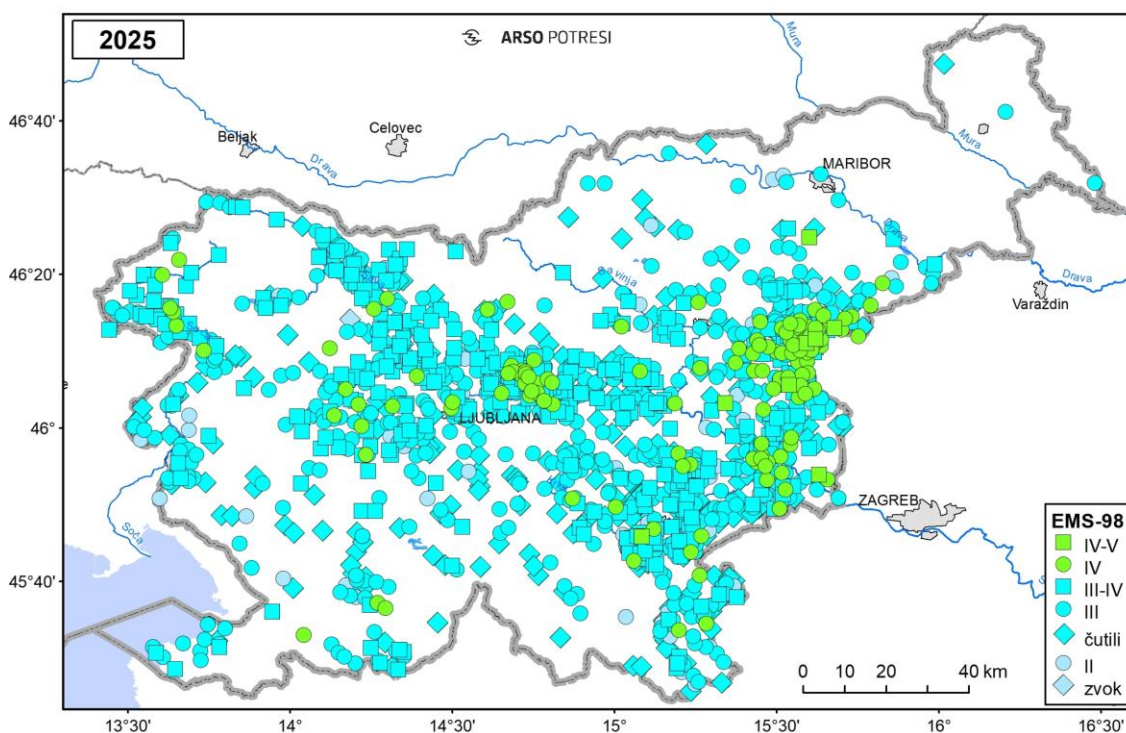
Intenziteta potresa v posameznem naselju je ocenjena na podlagi vprašalnikov o učinkih potresa. Vprašalnike po potresu pošljemo registriranim prostovoljnim poročevalcem ali pa jih občani sami izpolnijo na spletnih straneh:

- ARSO ali
- Evropsko-sredozemskega seizmološkega centra EMSC



Slika 4: Nadžarišča lokalnih potresov, ki so jih leta 2025 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 by inhabitants of Slovenia in 2025. The size of the symbols represents local magnitude, while the colour represents the maximum intensity in Slovenia. When an intensity is expressed as a range, the lower value is shown. Magnituda = magnitude; intenziteta = intensity

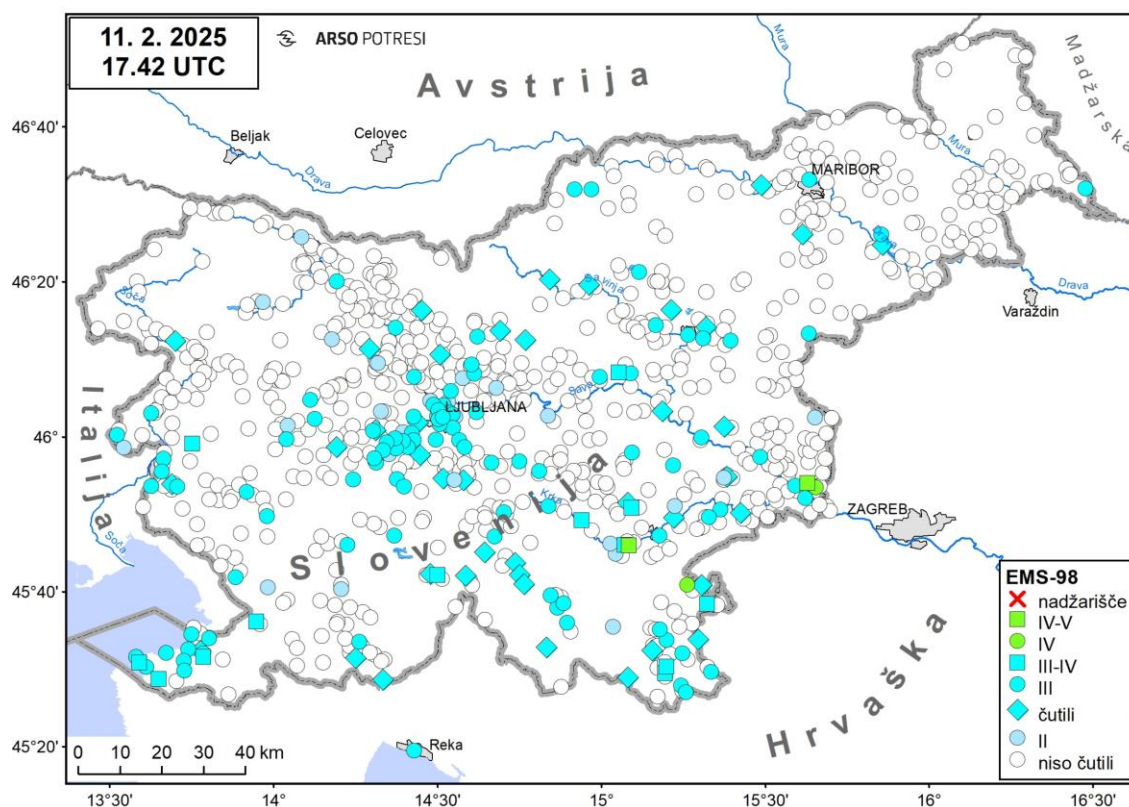


Slika 5: Največja intenziteta potresa izmed vseh, ki so se zgodili leta 2025, ocenjena v posameznem naselju v Sloveniji.

Figure 5: Maximum intensity observed in individual settlements in Slovenia for earthquakes felt by inhabitants of Slovenia in 2025. Čutili = felt; zvok = thunder

Potres 11. februarja 2024 ob 17.42 po UTC pri Starigradu, Hrvaška (slika 6)

Potres, ki se je zgodil 11. februarja ob 17.42 po UTC je po podatkih hrvaške seizmološke službe imel lokalno magnitudo 4,8 (GEOF-PMF, 2026). Intenziteto IV–V EMS-98 je v Sloveniji potres dosegel v Selih pri Dobrovi in Vavti vasi. Nekateri prebivalci so občutili močno tresenje, slišali so tresenje pohištva in žvenketanje steklovine ter opazili nihanje predmetov na steni. Potres je bil zaznan po celotnem ozemlju Slovenije, pri čemer je največja razdalja od nadžarišča znašala 257 km.

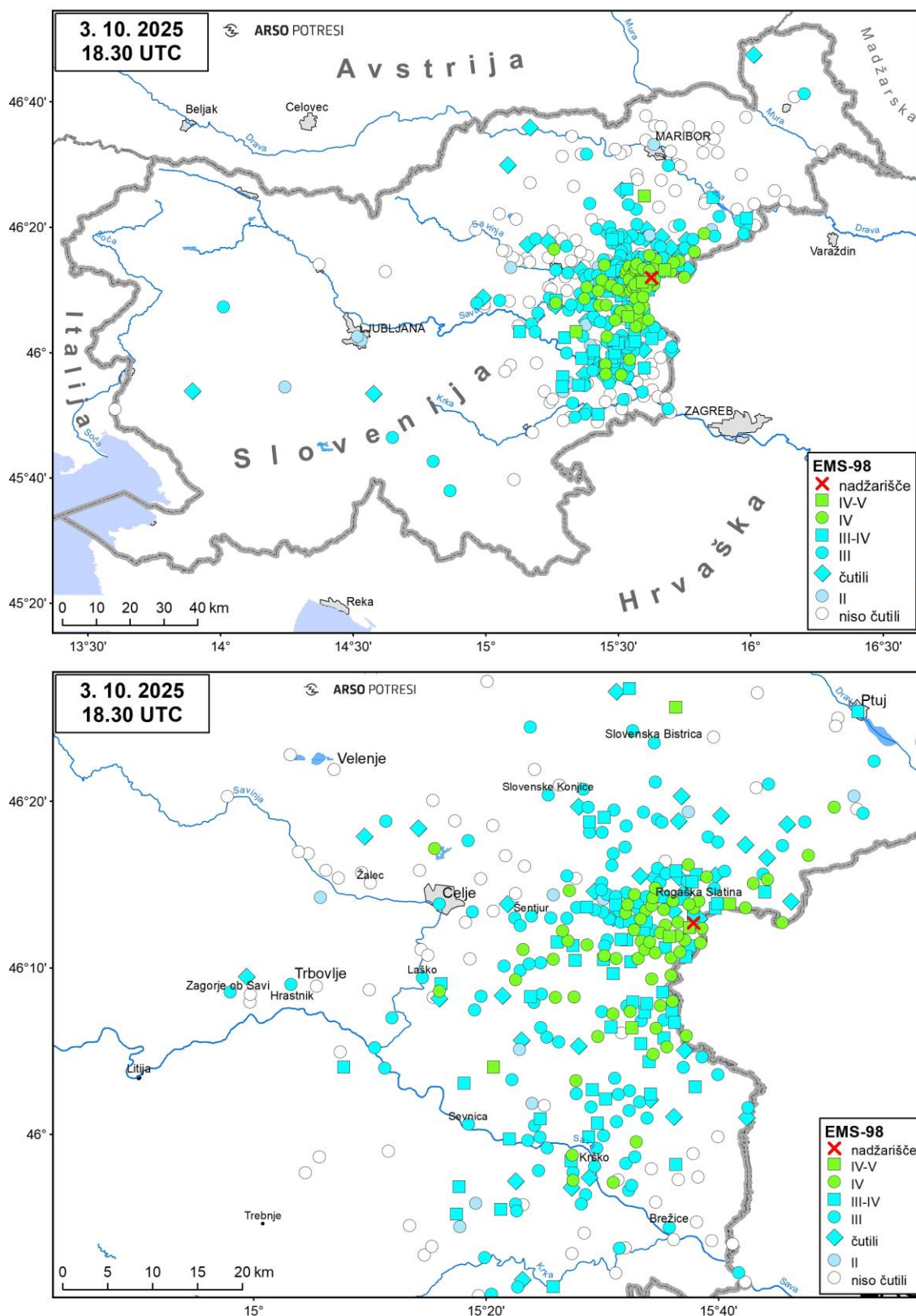


Slika 6: Intenziteta potresa magnitude 4,8 pri Starigradu, Hrvaška, 11. februarja 2025 ob 17.42 po UTC v posameznih naseljih. Nadžarišče potresa je izven zemljevida.

Figure 6: Intensity map of the earthquake near Starigrad (Croatia) ($M=4,8$) on 11 Februar 2025 at 17:42 UTC in individual settlements. The epicenter of the earthquake is off the map. Nadžarišče = epicentre; čutili = felt; niso čutili = not felt

Potres 3. oktobra 2025 ob 18.30 po UTC pri Rogaški Slatini (sliki 7a in 7b)

Drugi potres, ki je na ozemlju Slovenije dosegel največje učinke, je imel nadžarišče v bližini Kamenc, 2 km jugozahodno od Rogaške Slatine. Zgodil se je 3. oktobra ob 18.30 po UTC in je imel lokalno magnitudo 3,0. Intenziteto IV–V EMS-98 je dosegel v petih naseljih: Kamencah, Zgornji Polskavi, Brezovcu pri Rogatcu, Pristavah pri Mestinju in Klakah. V teh krajih so potres zaznali mnogi, nekateri so se prestrašili, občutili so tresenje, slišali žvenketanje steklovine, žvenket šip, škripanje tal, opazili nihanje oken in vrat, tresenje pohištva in zaslonov, nihanje luči, manjši predmeti so se prevrnili. Najbolj oddaljeno naselje v Sloveniji, kjer so občutili potres, je Lokavec v občini Ajdovščina, 140 km od nadžarišča.



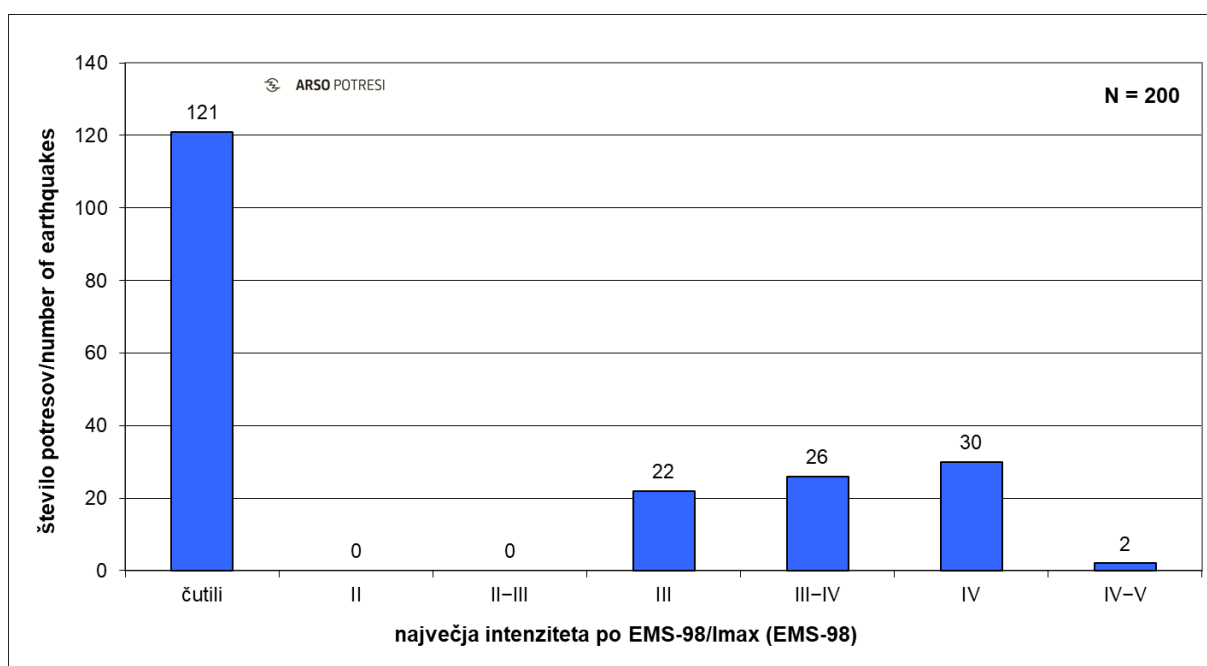
Slika 7: Intenziteta potresa magnitude 3,0 pri Rogaški Slatini 3. oktobra 2025 ob 18.30 po UTC v posameznih naseljih a) celotno območje v Sloveniji, kjer so potres čutili; b) širše nadžariščno območje.

Figure 7: Intensity map of the earthquake near Rogaška Slatina ($MLV=3$) on 3 October 2025 at 18:30 UTC in individual settlements; a) felt area in Slovenia; b) wider epicentral area. Nadžarišče = epicentre; čutili = felt; niso čutili = not felt

Sklepne misli

Leta 2025 je imelo šestnajst potresov lokalno magnitudo med 2,0 in 2,9, eden pa je imel magnitudo 3,0. Večina potresov (98,9 odstotkov) je imela lokalno magnitudo manjšo od 2,0. Večina potresov v Sloveniji in bližnji okolici je imela žarišče do globine 24 kilometrov, le dva potresa sta imela žarišče nekaj km globlje (sliki 2 in 3).

V Sloveniji so leta 2025 prebivalci čutili vsaj 200 potresov (sliki 4 in 8). Dva potresa sta dosegla intenziteto IV–V EMS-98, pri čemer je seizmolog ročno ocenjeval intenziteto po naseljih. Za preostale potrese (198) smo uporabili samodejno oceno intenzitete: 30 potresov je imelo največjo intenziteto IV EMS-98, 26 intenziteto III–IV EMS-98, 22 potresov intenziteto III EMS-98. Za 121 potresov nismo prejeli dovolj informacij o učinkih za določitev intenzitete, zato smo jim dali oznako »čutili« (slika 8).



Slika 8: Porazdelitev največje intenzitete potresov, ki so jih prebivalci v Sloveniji čutili leta 2025

Figure 8: Distribution of the earthquakes in Slovenia in 2025 with respect to maximum 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 (2026) in v arhivu seizmičnih zapisov pri ORFEUS (2026). 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, 2026).

Viri in literatura

- ARSO, 2025. Letni seizmološki bilteni, 2000–2025. Arhiv Agencije Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
- ARSO, 2026. Državna mreža potresnih opazovalnic. <https://potresi.arso.gov.si/potresne-opazovalnice>, 13. 2. 2026.
- 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>, 13. 2. 2026.
- CE3RN, 2026. Central and Eastern European Earthquake Research Network – CE3RN. <http://www.ce3rn.eu/>, 13. 2. 2026.
- GEOF-PMF, 2026. Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičnog fakulteta, Zagreb, Hrvatska. https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmosloska_sluzba, 30. 3. 2026.
- Google Maps, 2026. <https://www.google.com/maps>.
- 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, 13. 2. 2026.
- 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>, 13. 02. 2026
- 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.
- Michellini, A., Živčič, 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>, 13. 2. 2026.
- ORFEUS, 2026. Observatories & Research Facilities for European Seismology. <https://orfeus-eu.org/data/eida/>, 13. 2. 2026.
- Poljak, M., Živčič, M., Zupančič, P., 2000. The Seismotectonic Characteristics of Slovenia. *Pure appl. Geophys.*, Vol. 1, 57, 37–55. <https://doi.org/10.1007/PL00001099>, 12. 2. 2026.
- RI-SI-EPOS, 2026. <http://epos-ip.zrc-sazu.si/ri-si-epos/>, 13. 2. 2026.
- 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>, 13. 2. 2026.
- Tasič, I., 2026. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2025. Potresi v letu 2025, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792.
- 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.

- ZAMG, 2025–2026. 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>, 13. 2. 2026.

Kazalo

Milka Ložar Stopar, Mladen Živčić

Žariščni mehanizmi močnejših potresov v Sloveniji v letu 2025

Fault Plane Solutions of Earthquakes in Slovenia in 2025

Povzetek

Močnejšim potresom, ki so se leta 2025 zgodili v Sloveniji, smo s seizmogramov odčitali smeri prvih premikov ob vstopu vzdolžnega (longitudinalnega) valovanja. Pri petih potresih smo zbrali zadostno število podatkov za določitev žariščnega mehanizma. Lokalna magnituda (M_{LV}) obravnavanih potresov je v razponu od 2,5 do 3,0. Žariščni mehanizem obravnavanih potresov je največkrat zmik.

Abstract

The first onsets of the arrivals of the longitudinal waves were picked on the seismograms of selected earthquakes that occurred in Slovenia in 2025. For five earthquakes, we collected sufficient data to determine fault plane solutions. The local magnitude (M_{LV}) of the earthquakes under consideration is in the range of 2.5 to 3.0. The determined focal mechanisms are most often of strike-slip type.

Uvod

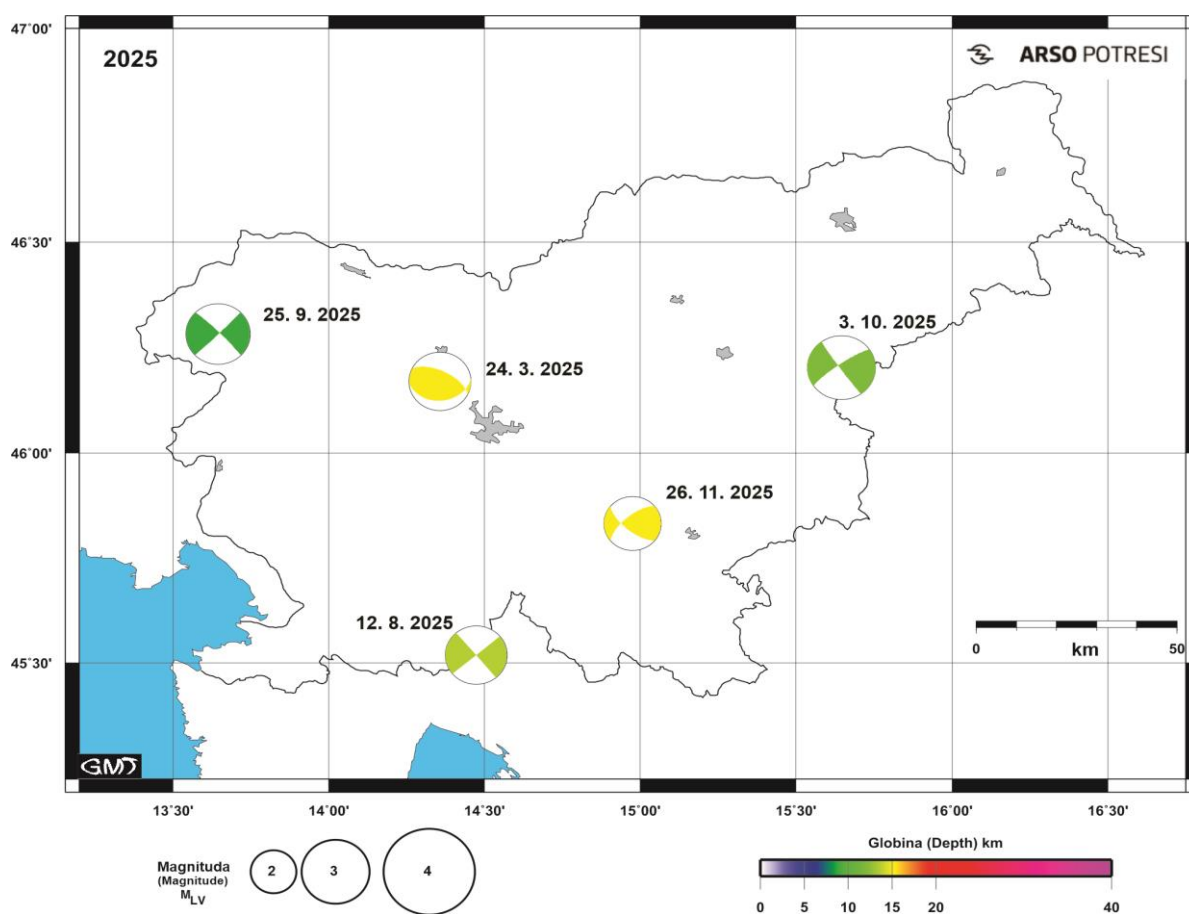
Z žariščnim mehanizmom opišemo izvor potresnega valovanja. Uporabljali smo postopek, s katerim določimo žariščni mehanizem potresa iz smeri prvega premika vzdolžnega potresnega valovanja na lokaciji potresne opazovalnice (Snoke in drugi, 1984). Smer premika odčitamo na navpični komponenti zapisa potresa 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 2025 zgodili v Sloveniji. 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 in tehničnih lastnosti opreme na potresnih opazovalnicah. Pomembna je tudi prostorska razporeditev potresnih opazovalnic, saj enakomerna azimutna porazdelitev zapisov potresa bistveno izboljša zanesljivost interpretacije.

Za vse potrese so bili poleg seizmogramov državne in dopolnilne mreže potresnih opazovalnic v Sloveniji (ARSO, 2026) ter seizmogramov SLO Karst NFO mreže (SLO KARST NFO, 2020; Šebela in drugi, 2023), ki deluje v okviru raziskovalnega projekta RI-SI-EPOS (RI-SI-EPOS, 2026), pregledani tudi seizmogrami iz drugih držav, ki so dostopni v evropskem arhivu seizmičnih zapisov (ORFEUS, 2026). Zapise potresov na opazovalnicah v Avstriji, Nemčiji, na Madžarskem, v pokrajini Furlanija-Juljska 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, 2026). Za nekatere potrese smo uporabili tudi seizmogramе potresnih opazovalnic, ki so vključene v mednarodno seizmološko mrežo projekta AdriaArray (Kolínský in drugi, 2025). Za leto 2025 smo parametre žariščnega mehanizma določili petim potresom, z lokalno magnitudo (M_{LV}) od 2,5 do 3,0. Največjo magnitudo ($M_{LV} = 3,0$) je imel potres, ki se je zgodil 3. oktobra 2025 z

nadžariščem v okolici Rogaške Slatine. Število seizmogramov na katerih je bila smer premika tal pod seizmometrom jasno določljiva, je od potresa do potresa različno. Potresu z najmanjšo magnitudo $M_{LV} = 2,5$, ki se je zgodil 26. novembra pri Žužemberku, smo odčitati največ (45) smeri prvih premikov tal ob prihodu vzdolžnega valovanja. Najmanj, skupno 26 smeri vstopov vzdolžnega valovanja, smo določili potresu z magnitudo $M_{LV} = 2,7$, ki se je zgodil 12. avgusta z nadžariščem v okolici Snežnika. Najbolj oddaljena potresna opazovalnica, na kateri smo še uspeli odčitati prvi premik tal, je Col Varnada z mednarodno oznako VARN (OGS, 2026). Opazovalnica je del italijanske seizmološke mreže, ki jo vzdržuje OGS in je od nadžarišča potresa pri Rogaški Slatini oddaljena 275 km. 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 prelomne ravnine na spodnjo poloblo.



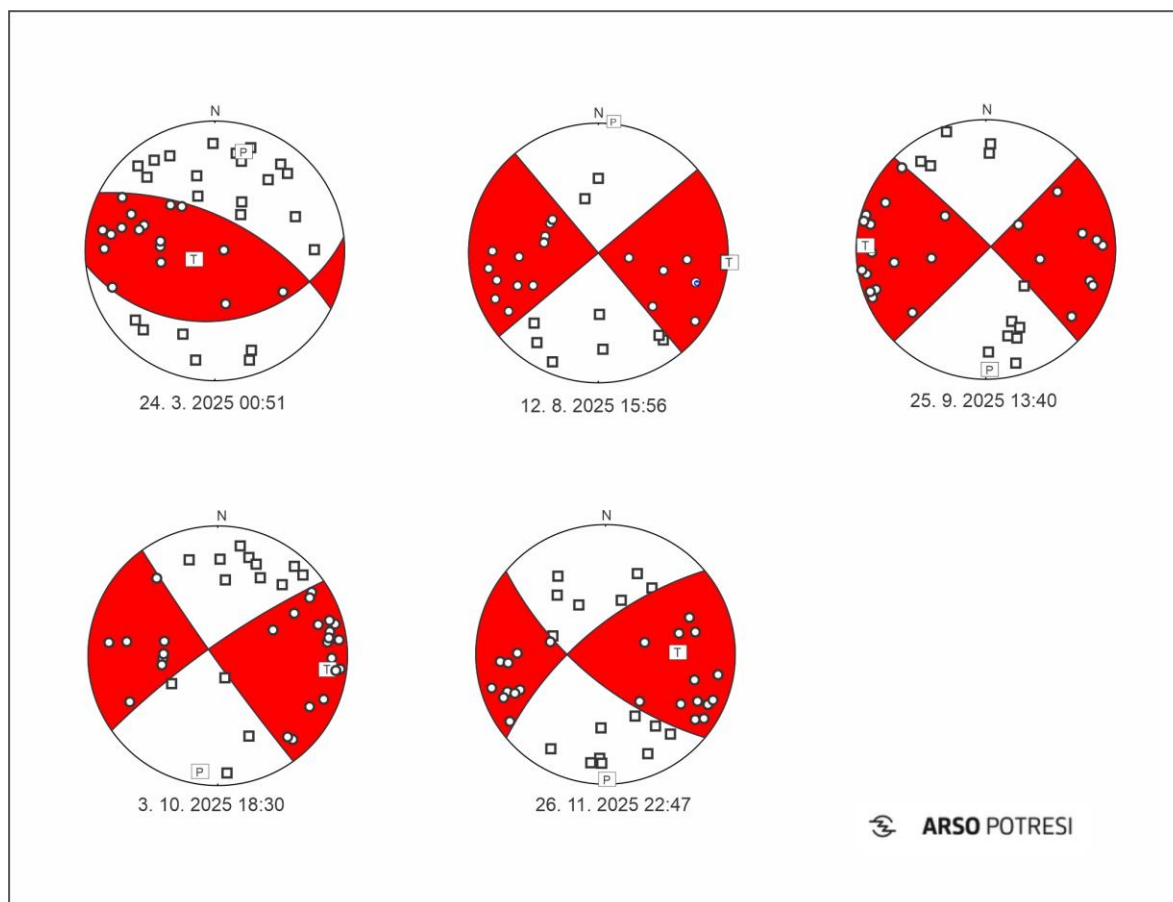
Slika 1: Lokacije in žariščni mehanizmi petih močnejših potresov na ozemlju Slovenije za leto 2025. Obarvani kvadranti predstavljajo zgoščine, njihova barva žariščno globino in beli kvadranti razredčine. Velikost simbolov je sorazmerna z vrednostjo lokalne magnitude (M_{LV}).

Figure 1: Locations and fault plane solutions of five major earthquakes in Slovenia for 2025. Coloured quadrants represent compression and white quadrants dilatation. Colour of the quadrants represent focal depth. The size of the symbols is proportional to the value of the local magnitude (M_{LV}).

Preglednica 1: Parametri žariščnih mehanizmov obravnavanih potresov na ozemlju Slovenije v letu 2025. Smer prelomne ploskve je merjena od severa proti vzhodu, tako da ravnina prelomne ploskev 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 skupno število uporabljenih smeri prvih premikov. N_{np} je število odčitkov, neskladnih z rešitvijo. Razvrstitev potresov glede na tip žariščnega mehanizma je določena s programom FMC (Álvarez-Gómez, 2014), kjer posamezne črke predstavljajo tip preloma. SS: zmični prelom, SS-R: zmično-reverzni prelom in R: reverzni prelom.

Table 1: Focal mechanism solutions of the considered earthquakes in the territory of Slovenia in 2025. Strike is the azimuth of the fault direction measured from the north to the east, taken so that the plane dips to the right, measured in the clockwise direction (after Aki and Richards, 2002), dip is the angle between the fault plane and the horizontal plane, and rake is the angle of slip, measured in the fault plane from the strike direction to the slip vector. P is maximum and T is minimum pressure axis, respectively. N_p is the total number of used P-wave first motion polarities. N_{np} is the number of P-wave first motion polarities inconsistent with the solution. The classification of earthquakes according to the type of focal mechanism is determined by the FMC program (Álvarez-Gómez, 2014), where individual letters represent the type of fault. SS: strike-slip fault; SS-R: strike-slip – reverse fault; R: reverse fault.

datum / date		24. 3. 2025	12. 8. 2025	25. 9. 2025	3. 10. 2025	26. 11. 2025
čas / time (UTC)	hh.mm	00.51	15.56	13.40	18.30	22.47
zem. šir. / lat.	°N	46,17	45,52	46,28	46,20	45,83
zem. dolž. / lon.	°E	14,36	14,47	13,65	15,65	14,98
globina / depth	km	15	14	9	12	15
M_{LV}	lokalna magnituda / local magnitude	2,7	2,7	2,8	3,0	2,5
ravnina 1 / nodal plane 1	smer / strike	84	50	45	235	230
	naklon / dip	33	90	89	81	67
	premik / rake	62	0	5	3	25
ravnina 2 / nodal plane 2	smer / strike	296	320	315	145	130
	naklon / dip	61	90	85	87	67
	premik / rake	107	-180	179	171	155
P	smer / azimuth	14	5	180	190	180
	naklon / plunge	15	0	3	4	0
T	smer / azimuth	241	95	270	99	90
	naklon / plunge	69	0	4	9	33
N_p	število vstopov / total number of polarities	43	26	38	44	45
N_{np}	neskladni vstopi / inconsistent polarities	0	0	0	0	0
tip žariščnega mehanizma / rupture type		R	SS	SS	SS	SS-R



Slika 2: Žariščni mehanizmi petih močnejših potresov na ozemlju Slovenije v letu 2025. Kvadratki oziroma krogi predstavljajo projekcijo izstopnega mesta glede na geometrijo poti potovanja valovanja od žarišča potresa do opazovalnice na spodnjo poloblo žariščnega prostora. Kvadratki 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 five strongest earthquakes in Slovenia in 2025. The squares or circles represent the projection of the take-off position according to the geometry of the wave travel path from the hypocentre to the observatory on the lower hemisphere of the focal space. The squares represent the stations with dilatation as the first onset, while circles represent the stations with compression. P and T mark the axes of maximum and minimum stress, respectively. The stereographic projection onto the lower hemisphere is applied.

Večino potresov glede na odčitane vstopne najboljše opišejo zmični premiki in kombinacije zmično reverzних premikov ob prelomnih ploskvah. Izrazitejša reverzna komponenta glede na odčitane vstopne valovanja je značilna za potres, ki se je zgodil 24. marca pri Škofji Loki. Potrese smo glede na tip žariščnega mehanizma razvrstili z računalniškim programom FMC (Álvarez-Gómez, 2014). Razvrstitev po tej metodi je podana v zadnji vrstici preglednice 1. Sliko 1 smo izdelali s programom GMT 4.5.15 (Wessel in Smith, 1991, 1998).

Preverili smo tudi spletne strani tujih institucij, ki določajo rešitve žariščnih mehanizmov močnejših potresov na regionalni ali globalni ravni. Za potrese, ki so se v tem letu zgodili na območju Slovenije, rešitev nismo našli.

Viri in 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, 2026. Arhiv seizmičnih zapisov za leto 2025. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
- CE3RN, 2026. The Central and Eastern European Earthquake Research Network - CE3RN. <http://www.ce3rn.eu>, 13. 2. 2026.
- Kolínský, P., Meier, T., Agius, M. R., Bijedić, A., Bokelmann, G., Borleanu, F., Brnović, D., Cambaz, M. D., Cammarano, F., Čarman, M., Cauzzi, C., Chernih, D., Csicsay, K., Cvijić Amulić, S., Czuba, W., Diaz, J., Dimitrova, L., Dushi, E., Evangelidis, C. P., Faccenna, C., Farfuliak, L., Friederich, W., Georgieva, G., Horn, N., Ivančić, I., Jia, Y., Kaviris, G., Kovács, I. J., Lebedev, S., Le Breton, E., Lukešová, R., Mazur, S., van der Meijde, M., Molinari, I., Mustafa, S., Nagel, T., Nielsen, S. B., Obermann, A., Papazachos, C., Parolai, S., Paul, A., Piromallo, C., Plicka, V., Rietbrock, A., Rondenay, S., Rossi, G., Rümpker, G., Schiffer, C., Schlömer, A., Sigloch, K., Silvennoinen, H., Sokos, E., Špaček, P., Stipčević, J., Tallarico, A., Tiira, T., Tilmann, F., Valčić, D., Wassermann, J., Wesztergom, V., Xhahysa, A., Živčić, M., Seismology Group, the A. AdriaArray – a Passive Seismic Experiment to Study Structure, Geodynamics and Geohazards of the Adriatic Plate. *Ann. Geophys.* 2025, 68 (5), DM555. <https://doi.org/10.4401/ag-9284>, 14. 4. 2026.
- Ložar Stopar, M., Živčić, 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., Živčić, 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.
- OGS, 2026. Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS. North-East Italy Seismic Network [Baza podatkov]. FDSN. <https://doi.org/10.7914/SN/OX>, 6. 2. 2026.
- ORFEUS, 2026. Observatories & Research Facilities for European Seismology. <https://www.orfeus-eu.org/data/eida/>, 15. 2. 2026.
- RI-SI-EPOS, 2026. <https://epos-ip.zrc-sazu.si/ri-si-epos/>, 15. 2. 2026.
- SLO KARST NFO, 2020. Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, & Slovenian Environment Agency. (2020). Slovenian Karst NFO Network [Baza podatkov]. ZRC SAZU and Slovenian Environmental Agency. <https://doi.org/10.7914/7w0j-ge89>, 9. 2. 2026.
- 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>, 12. 2. 2026.
- 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

Martina Čarman, Mladen Živčić

Digitizacija analognih seizmogramov in pripadajočih metapodatkov

Digitization of analogue seismograms and associated metadata

Povzetek

V Sloveniji se je instrumentalno beleženje potresov začelo 18. septembra 1897 v Ljubljani z za tiste čase sodobno opremo z zapisi na osajen papir. Zadnji seizmograf z analognim beleženjem potresov pa je bil ugasnjen 2. decembra 2023 na Vojskem. V 126-letnem obdobju je bilo beleženje za krajši ali daljši čas vzpostavljeno na trinajstih lokacijah. Iz zgodnjega obdobja, do začetka delovanja opazovalnice na Golovcu, so ohranjeni seizmološki bilteni in le redki seizmogrami, od leta 1958 pa se je v seizmološkem arhivu nabralo preko 240.000 seizmogramov in ostalih pripadajočih dokumentov, ki zagotavljajo bistvene informacije o časovnih in instrumentalnih parametrih. S skeniranjem seizmogramov in digitizacijo ostalih dokumentov izboljšujemo njihovo dostopnost, enostavnost iskanja, izmenjave in obdelave ter obenem omogočamo pripravo podatkovne baze in razvoj aplikacij nad podatki.

Abstract

In Slovenia, instrumental recording of earthquakes began on 18 September 1897 in Ljubljana with then modern instruments with records on paper coated with soot. The last seismograph with analogue recording was switched off on 2 December 2023 in Vojsko. Over a 126-year period, recording was established for a shorter or longer period at thirteen locations. Seismological bulletins and only a few seismograms from the early period, until the beginning of operation of the observatory Golovec in 1958, have been preserved. Since then, the seismological archive has accumulated over 240,000 seismograms and other related documents, which provide essential information on time and instrumental parameters. By scanning seismograms and digitizing of associated documents, we are improving their accessibility, ease of searching, sharing and processing, and at the same time enable the preparation of a database and the development of data applications.

Uvod

Na Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO) je v teku skeniranje seizmogramov in ostalega pripadajočega arhivskega gradiva. Z vzpostavitvijo urejene računalniške datotečne strukture skenov analognih seizmogramov ter spremljajoče dokumentacije bodo zapisi potresov, ki so danes shranjeni v papirni obliki v seizmološkem arhivu, bistveno lažje in hitreje dostopni. Tako bodo ohranjeni tudi za prihodnje raziskave, v katerih bo mogoče uporabiti sodobne metode digitalizacije.

Sodobna strojna in programska računalniška oprema omogoča bistveno hitrejšo, obsežnejšo in enostavnejšo obdelavo digitalnih seizmogramov v primerjavi z nekdanjo ročno analizo analognih seizmogramov. Digitalni seizmogrami so praviloma kakovostnejši, a je njihova glavna omejitev razmeroma kratko časovno obdobje beleženja, ki na Slovenskem obsega približno zadnjih 40 letih. Obdobja med zlasti močnejšimi potresi pa so na nekaterih območjih Slovenije in njene okolice bistveno daljša.

Na opazovalnicah, kjer je analognemu sledilo digitalno merjenje gibanja tal, analogni seizmogrami pomembno podaljšujejo obdobje opazovanj. To je ključno za raziskave, ki zahtevajo dolgo in neprekinjeno spremljanje seizmične aktivnosti. Za večino močnejših potresov

na slovenskem ozemlju in v bližnji okolici so analogni zapisi pogosto tudi edini razpoložljivi seizmični podatki.

Zaradi navedenih razlogov sta ohranjanje in ponovno vrednotenje analognih seizmogramov še vedno pomembna za poglobljeno razumevanje potresnih pojavov, proučevanje seizmičnosti in potresnih virov ter za zanesljivo ocenjevanje potresne nevarnosti. Prispevek predstavlja zgodovino analognega beleženja potresov na trinajstih opazovalnicah v Sloveniji, popis seizmogramov, shranjenih v seizmološkem arhivu, ter nabor spremljajočih dokumentov, dnevnikov in literature, ki zagotavljajo bistvene informacije o časovnih in instrumentalnih parametrih meritev.

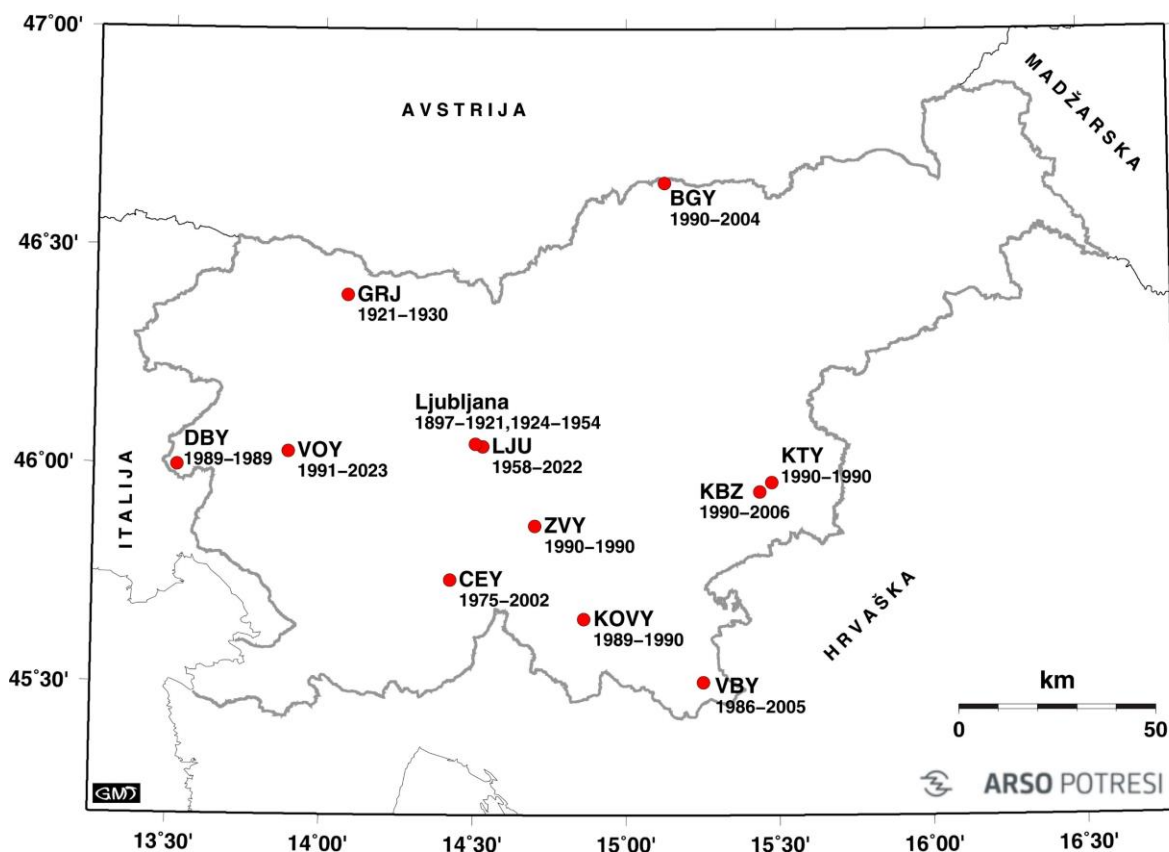
Zgodovina analognega zapisovanja potresov v Sloveniji po opazovalnicah

Prva potresna opazovalnica na slovenskih tleh je z beleženjem potresov začela leta 1897 v kletnih prostorih takratne Višje cesarsko-kraljeve realke na Vegovi ulici v Ljubljani. Od leta 1921 je v zasebnem observatoriju Sir Humphry Davy v Gorjah, natančneje v Podhому pri Bledu, potrese beležil tudi Albin Belar (opazovalnica z oznako GRJ). Po selitvi instrumentov iz realke v kletne prostore Univerze v Ljubljani na Kongresnem trgu so ti začeli ponovno delovati leta 1924 (slika 1). Opazovalnica z najdaljšim neprekinjenim beleženjem potresov, je bila ustanovljena leta 1958 na Astronomsko-geofizikalnem observatoriju (AGO) na Golovcu nad Ljubljano (LJU). Analogno je zapisovala potrese do leta 2022. Leta 1975 je bila postavljena opazovalnica v Goričicah pri Cerknici (CEY), leta 1984 na Vojskem (VOY) in leta 1986 v Bojancih (VBY). Prenosne analogne potresne opazovalnice so bile postavljene v Braniku nad Muto (BGY), v Brezju pri Senušah (KBZ), za krajša obdobja pa na Dobrovem v Goriških Brdih (DOBY), v Kočevju (KOVY), na Trški Gori nad Krškim (KTY) in v Zdenški vasi (ZVY).

Na realki v Idriji je pred prvo svetovno vojno, od leta 1905 do 1913, služboval profesor fizike Julij Nardin. V prostore idrijske realke je postavil Wiechertov vodoravni seizmograf (Ribarič, 1994). Čas delovanja instrumenta, karakteristike in usoda registracij te naprave niso znani. Zaradi pomanjkanja podatkov ta opazovalnica v nadaljevanju ni obravnavana.

Leta 1972 se je v Jugoslaviji začel projekt postavitve mreže instrumentov za beleženje močnih potresov, ki sta ga vodila IZIIS (Institut za zemljotresno inženjerstvo i inženerska seizmologija) iz Skopja in CALTECH (California Institute of Technology) iz ZDA, pri njem pa je sodeloval tudi AGO Golovec. V Sloveniji so namestili 12 analognih akceleroagrafov, z zapisom na fotografski papir, in 16 seizmoskopov, z zapisom na osajen papir. Mrežo je upravljal IZIIS, ki je skrbel za analizo in hrambo podatkov (Tasič in Sinčič, 2016). Najmočnejši zabeležen dogodek v tem obdobju je bil potres v Furlaniji leta 1976, ki je povzročil škodo tudi v Posočju. ARSO zapisov teh opazovalnic nima, zato opazovalnice v nadaljevanju niso obravnavane.

Na sliki 1 so prikazane lokacije 13 slovenskih potresnih opazovalnic z analognim zapisom potresov (dve lokaciji v centru Ljubljane), v nadaljevanju pa je vsaka potresna opazovalnica še podrobneje opisana. V preglednici 1 so povzeti glavni parametri posameznih postavitvev.



Slika 1: Potresne opazovalnice z analognim zapisom potresov v Sloveniji
Figure 1: Seismic stations with analogue earthquake recordings in Slovenia.

Ljubljana

V Sloveniji se je instrumentalno beleženje potresov začelo leta 1897 v stavbi takratne Višje cesarsko-kraljeve realke, danes Elektrotehniško-računalniške strokovne šole in gimnazije Ljubljana, na Vegovi ulici 4 v Ljubljani. Enajst dni po velikonočnem potresu, 14. aprila 1895, je bila na seji Akademije znanosti na Dunaju sprejeta odločitev, da je treba organizirati seizmološko službo na celotnem ozemlju Avstro-Ogrske monarhije in postaviti pet potresnih opazovalnic (Sinčič in drugi, 1997).

Albin Belar, profesor kemije in naravoslovnih znanosti na tedanji ljubljanski realki, je s pomočjo priznanih tujih strokovnjakov postavil prvo potresno opazovalnico v Sloveniji in hkrati v Avstro-Ogrski monarhiji. V kletnih prostorih ljubljanske realke je 18. septembra 1897 začel potrese beležiti vodoravni seizmograf tipa Vicentini (Mokrovič, 1981).

Na ljubljanski opazovalnici je v različnih obdobjih ter z večjimi ali manjšimi prekinitvami delovalo 17 različnih seizmografov s skupno 25 komponentami zapisa in z brezžično zvezo za sprejem signalov točnega časa, ki jo je Belar vzpostavil s pomočjo barona Codellija (Mokrovič in Ribarič, 1983; Ribarič, 1989). Nekatere seizmografe je prof. Albin Belar, ki je seizmološko službo vodil do leta 1919, izdelal sam, nekatere je kupil, nekaj pa so mu jih podarili tuji strokovnjaki (Sinčič in Vidrih, 1998).

Prvi instrumenti so gibanje tal zapisovali z iglo, ki je praskala sled na osajenem papirju, kasnejši instrumenti pa so seizmograme zapisovali bodisi s svetlobnim žarkom, ki je sled puščal na fotografskem papirju, bodisi s pisači, ki so sled s črnilom izpisovali na papir.

Po končani 1. svetovni vojni, spomladi 1919, so Albina Belarja odpustili iz službe. Nadzor nad celotnim inventarjem in upravljanje knjižnice sta bila zaupana profesorju meteorologije na realki dr. Franu Čadežu. Večina instrumentov je propadla, Belarjeva knjižnica in del opreme pa so bili odpeljani na Seizmološki zavod v Beograd. Konec 1920 je potresna opazovanja prevzel Zavod za meteorologijo in geodinamiko v Ljubljani (Reja, 1925).

V kleti Univerze v Ljubljani (danes Kongresni trg 12) je bila 1. decembra 1924 ponovno postavljena potresna opazovalnica in je v začetku delovala pod vodstvom A. Gavazzija. Potrese sta najprej beležila dva Belarjeva vodoravna seizmografa, vendar sta bila zaradi težav v delovanju že 11. novembra 1925, ko je vodenje opazovalnice prevzel prof. Oskar Reja, odstranjena. Leta 1926 ju je zamenjal dvokomponentni vodoravni seizmograf Wiechert z 200 kg utežjo in s hkratnim zapisom obeh komponent na osajen papir (Mokrović, 1981).

Zapise ljubljanske potresne opazovalnice so do druge svetovne vojne, tj. do leta 1941, obdelovali na seizmološkem zavodu Srbije v Beogradu, kjer so jih tudi shranjevali. Med drugo svetovno vojno so se vsi originalni seizmogrami ljubljanske potresne opazovalnice izgubili. Nekateri viri navajajo, da so seizmogrami zgoreli ob bombardiranju Beograda leta 1941 (Vidrih in drugi, 1997; Sinčič in Vidrih, 1998), vendar je seizmolog srbskega Republiškega seizmološkega zavoda Branko Dragičević (osebna komunikacija) potrdil, da stavba z arhivom ni bila nikoli bombardirana.

V letih od 1945 do 1948 je seizmološka dejavnost v Sloveniji povsem zamrla (Ribarič, 1995). Leta 1949 je seizmološke meritve opravljal Fizikalni inštitut Univerze v Ljubljani, kjer je bilo ponovno vzpostavljeno delovanje Wiechertovega seizmografa z 200-kilogramsko utežjo. 29. januarja 1949 je Seizmološki zavod v Beogradu zaupal strokovni nadzor ljubljanske potresne opazovalnice inž. Raši Vodušku, docentu Tehnične fakultete Univerze v Ljubljani (Mokrović, 1981).

Leta 1952 je bilo na univerzi sklenjeno, da je treba osnovati samostojno potresno opazovalnico. Lokacijo zanj so našli na Golovcu v prostorih obstoječega objekta. Priprave na adaptacijo in dozidavo objekta so se začele 1954. Istega leta je bil tudi seizmograf Wiechert predan v temeljito popravilo. S tem se je zaključilo obdobje beleženja potresov na takratni ljubljanski univerzi (Mokrović, 1981; Mokrović in Ribarič, 1983). Iz celotnega obdobja beleženja potresov v središču Ljubljane so se ohranili le redki primerki seizmogramov, objavljeni v takratnih revijah.

GRJ

Profesorja dr. A. Belarja so leta 1919 odpustili iz službe. Predan seizmologiji je uredil svoj zasebni observatorij, ki ga je imenoval Observatory Sir Humphry Davy, v Podhodu pri Bledu (Vidrih in Mihelič, 2010; Mokrović in Ribarič, 1983). V seizmološkem biltenu Seizmološkega zavoda Beograd je kot rojstni datum opazovalnice navedeno leto 1924 (Mihailović, 1925), saj je s tem letom prof. A. Belar svoje analize potresov začel pošiljati v Beograd. V biltenu (Mihajlović, 1926) je bila objavljena prva Belarjeva analiza zapisa potresa, ki se je zgodil 30. maja 1925. Opazovalnica je v biltenu najprej zabeležena pod imenom Gorje, kasneje so imeli odčitki oznako GRJ. Potrese je Belar beležil do jeseni 1930, nato je zaradi pomanjkljive zveze za zajem točnega časa in bolezni opazovalnico opustil. Seizmogrami in instrumenti te opazovalnice niso ohranjeni.

LJU

Do leta 1958 so bili dograjeni novi in prenovljeni obstoječi prostori stavbe na Golovcu nad Ljubljano, na Poti na Golovec 25, ki je postala Astronomsko-geofizikalni observatorij (AGO) Golovec Univerze v Ljubljani. Za spremljanje potresne aktivnosti je bila ta lokacija izbrana, ker je bila nekoliko odmaknjena od središča mesta, ima ugodno seizmogeološko podlago iz karbonskih peščenjakov ter je omogočala uporabo že obstoječega objekta. Potresna opazovalnica je dobila oznako LJU, beleženje pa je od tega leta delovalo neprekinjeno, od junija 1958 poskusno, leto kasneje pa redno, pod vodstvom dipl. ing. Vladimirja Ribariča. Sinčič in Vidrih (1993, 1998), Ribarič (1989, 1995), Lapajne (1997) ter Vidrih in Sinčič (1997) podajajo podrobnejši razvoj instrumentalne seizmologije v Sloveniji in opišejo sestavo in delovanje merilne opreme.

Edini instrument, ki je bil temeljito prenovljen in prestavljen iz prostorov Univerze v Ljubljani (na Kongresnem trgu) na observatorij na Golovcu, je bil dvokomponentni vodoravni seizmograf Wiechert, z obrnjenim nihalom z 200-kilogramsko utežjo. Zapis je beležil na osajen papir. Seizmograf je bil postavljen v kletne prostore AGO Golovec na posebej izdelan steber (Gostinčar in Vidrih, 1997). Neprekinjeno je beležil potrese od junija 1958 (Ribarič, 1989) pa vse do 14. januarja 1969 (zadnji seizmogram v arhivu), ko so ga nadomestili sodobnejši instrumenti. Seizmograf Wiechert je na Golovcu deloval skoraj 11 let, ohranjen pa je le izbran nabor seizmogramov z zapisi potresov na osajen papir. V treh arhivskih mapah je shranjenih 463 seizmogramov, prvi z zapisom potresa 10. julija 1958 na Aljaski, zadnji ohranjeni seizmogram pa je bil zapisan 14. januarja 1969.

Seizmograf Wiechert je zapisoval gibanje tal v vodoravnih smereh, za zapis navpične komponente pa so v prvi polovici leta 1958 kupili navpični kratkoperiodni seizmograf Hiller-Stuttgart z galvanometričnim optičnim registratorjem z zapisom na fotografski papir. Seizmograf je podrobneje opisan v Ribarič (1960). Poskusno je začel delovati junija 1958 (Ribarič, 1989), redno beležiti pa 26. aprila 1959 in je neprekinjeno deloval do 29. avgusta 1979 (po Matični knjigi opazovalnice). V arhivu so ohranjeni vsi seizmogrami iz obdobja rednega delovanja. Objave instrumentalnih podatkov v seizmološkem biltenu se začnejo z 20. junijem 1959 (Geophysical Institute at the AG Observatory Golovec, 1959). Konstanta seizmografa Hiller-Stuttgart je opredeljena v Ribarič (1960).

Leta 1966 je bil za beleženje bližnjih in lokalnih potresov kupljen trikomponentni kratkoperiodni sistem Lehner & Griffith podjetja Teledyne, z navpičnim seizmometrom SV-215 in dvema vodoravnima seizmometroma SH-216, tremi galvanometri z optičnim zapisom na fotografski papir in tremi valji, po enim za vsako komponento (Sinčič in Vidrih, 1993, 1998; Teledyne, 1965; Ribarič, 1995). Z rednim beleženjem je začel 2. julija 1969 (prvi seizmogram v arhivu). Sistem je bil ugasnjen 11. decembra 2004 (po Matični knjigi opazovalnice).

Za beleženje oddaljenih potresov je bil izbran in dobavljen dolgoperiodni navpični seizmometer S-5007-V in dva vodoravna seizmometra S-5007-H podjetja Sprengnether (Sprengnether, 1970). Instrument je z rednim beleženjem navpične komponente s seizmometrom Sprengnether S-5007-V, z zapisom na fotografski papir, začel 14. aprila 1969 (prvi seizmogram v arhivu). 14. februarja 1983 je bila poleg navpične komponente vzpostavljena še registracija obeh vodoravnih komponent s seizmometrom Sprengnether S-5007-H na fotografski papir (prvi seizmogram v arhivu). Sistem je bil ugasnjen 7. decembra 2004 (po Matični knjigi opazovalnice; zadnji seizmogram v arhivu), saj je na lokaciji v tem času že deloval tudi seizmološki digitalni sistem s kontinuiranim zapisom.

Leta 1972 so na Astronomsko geofizikalnem observatoriju izdelali seizmografski ojačevalnik SO-01. Ta ojačevalnik je imel poleg vhoda za signal seizmometra, ki ga je bilo možno

stopenjsko ojačati, še vhod za časovne signale ure in signale časovnega sprejemnika, kar je omogočalo merjenje točnosti časa (Ribarič, 1995; Sinčič in Tasič, 2017).

Na Golovcu je deloval tudi enokomponentni vodoravni seizmograf s komponento v smeri sever-jug, s seizmometrom Vegik (Shishkevish, 1974, 1975), seizmografskim ojačevalnikom SO-01 in pisalniki Sprengnether z zapisom s črnilom na papir, kasneje pa s pisalniki Günter Volk (GV). Ker so ob njegovi postavitvi vsi takrat delujoči instrumenti zapisovali meritve na fotografski papir, je ta instrument oz. zapis le-tega s črnilom na papir služil takojšnjemu vpogledu v potresno dogajanje, brez predhodnega zamudnega in zahtevnega razvijanja fotografskega zapisa. V Matičnih knjigah potresne opazovalnice LJU in na analognih seizmogramih je zabeležen pod oznako 'monitor'. Prvi ohranjeni seizmogram tega sistema v arhivu je bil zapisan 9. januarja 1969. Sistem je deloval do 29. marca 2009 (po Matični knjigi opazovalnice). Kalibracije tega instrumenta niso znane.

Na Golovcu so delovali tudi kratkoperiodni elektromagnetni seizmometri Willmore Mk-II s seizmografskim ojačevalnikom SO-01. V arhivu so od 1. januarja 1974 ohranjeni seizmogrami navpične komponente tega sistema, ki je registracije zapisoval s pisalnikom Günter Volk (GV) na papir s črnilom. 14. februarja 1983 sta bila na GV pisalnike priključena še vodoravna seizmometra (prva seizmograma v arhivu, po Matični knjigi opazovalnice). Sinčič in Tasič (2017) podrobneje opišeta delovanje tega seizmološkega sistema. Sistem je deloval do 27. julija 2022 (po Matični knjigi opazovalnice).

V arhivu seizmogramov so shranjeni tudi zapisi vodoravnih komponent, zabeleženi z GV pisalniki s črnilom na papir. Seizmogrami v smeri sever-jug obsegajo obdobje od 2. junija 1975 do 14. februarja 1983, medtem ko zapisi v smeri vzhod-zahod zajemajo obdobje od 7. maja 1976 do 14. februarja 1983. Ti seizmogrami so označeni z oznako LP, ki označuje dolgoperiodni instrument. Na podlagi razpoložljive dokumentacije uporabljeni instrument ni zanesljivo določen, zato bo za njegovo natančnejšo opredelitev potrebna dodatna analiza.

Leta 1973 je UNESCO podaril AGO trikomponentni srednjeperiodni seizmograf SKD sovjetske izdelave (Shishkevish, 1974, 1975). Seizmograf so sestavljali dva vodoravna seizmometra SGK in navpični seizmometer SVK. Vse tri komponente so bile hkrati vzporedno beležene na isti fotografski papir. Lastnosti seizmografa so bile prilagojene beleženju srednje oddaljenih in oddaljenih potresov. Z rednim beleženjem je začel 15. januarja 1974 (prvi seizmogram v arhivu; po Matične knjige opazovalnice). Zaradi pomanjkanja nadomestnih delov je 18. maja 1989 prenehal delovati (po Matični knjigi opazovalnice).

Strokovnjaki takratnega AGO so razvijali tudi lastne sisteme. Med leti 1976 in 1979 so izdelali t. i. čakajoč sistem, ki je na papir zapisoval le potresne dogodke. Ob dovolj velikem signalu seizmometra je sistem sprožil zapisovanje dogodka na papir, z začetkom nekaj sekund pred samim dogodkom (Sinčič in drugi, 1997; Sinčič in Vidrih, 1998). V arhivu sta shranjeni dve mapi zapisov tega sistema, in sicer en potres iz leta 1979, 11 iz 1980, 106 iz 1981, 39 iz 1982 in 14 dogodkov iz 1984, skupaj 171 dogodkov. Najzgodnejši ohranjen zapis potresa v arhivu je bil zapisan 15. oktobra 1979, zadnji ohranjen zapis v arhivu pa je za potres 30. maja 1984. Redno je deloval do avgusta leta 1982, pozneje pa zaradi nestabilnega delovanja kasnilne linije samo še občasno (Sinčič in Vidrih, 1998).

V letih 1986 in 1987 so strokovnjaki takratnega Seizmološkega zavoda SRS razvili novo uro UK-03 in dolgovalovni sprejemnik časovnih signalov DS-02 (Sinčič in Vidrih, 1994). Menjavo ur in časovnih sprejemnikov so izvedli na vseh stalnih in prenosnih potresnih opazovalnicah z analognimi seizmografi. Januarja 1991 so zastareli seizmografski ojačevalnik SO-01 zamenjali z posodobljeno različico SO-03 (Sinčič in Vidrih, 1994).

Konec decembra je začel na ljubljanski potresni opazovalnici na Golovcu vzporedno z analognimi postavitvami delovati prvi digitalni seizmograf SSR-1 s širokopasovnimi seizmometri WR-1 podjetja Kinometrics (URSG, 1995; Sinčič in Tasič, 1998). V arhivu je najstarejši ohranjeni digitalni seizmogram datiran na 21. december 1990.

Na Golovcu so poskusno delovali še nekateri drugi instrumenti z analognim zapisom, vendar zanje nimamo seizmogramov, ne drugih metapodatkov, zato jih v tem prispevku ne obravnavamo.

CEY

Leta 1975 je bila vzpostavljena potresna opazovalnica CEY v Goričicah pri Cerkljanskem jezeru. Stoji na spodnjejskih apnencih, ki so ugodna seizmogeološka podlaga. Poskusno je opazovalnica začela delovati 15. maja, redno pa 15. avgusta 1975 (Astronomical and Geophysical Observatory Ljubljana, 1975; po Matični knjigi opazovalnice). Do 10. junija 1981 je bila opremljena z navpično komponento kratkoperiodnega analognega seizmografa Willmore Mk-II. Merilni sistem je bil 10. junija 1981 (po Matični knjigi opazovalnice) posodobljen, navpični komponenti so dodali vodoravna seizmometra Willmore Mk-II. Vzporedno digitalno zapisovanje potresov se je na opazovalnici začelo 11. decembra 1991, ko je bil postavljen akcelero graf Kinometrics SSA-2. 14. januarja 1997 (prvi seizmogram v arhivu) je bil postavljen digitalni seizmograf, ki so ga sestavljali širokopasovni trikomponentni seizmometer Guralp CMG-40T, 16-bitni analogno-digitalni pretvornik s tristopenjskim samonastavljivim predožajanjem RD1603 podjetja Nanometrics ter osebni računalnik s sprejemnikom točnega časa GPS in programsko opremo, ki je skrbela za zajem podatkov in za komunikacijo z računalnikom v središču za obdelavo podatkov na Golovcu v Ljubljani (Sinčič in drugi, 1998). Oba sistema sta vrsto let delovala vzporedno, 7. januarja 2002 (po Matični knjigi opazovalnice) pa je bil analogni sistem ukinjen.

VOY

Poskusno že 28. novembra 1984 (SS SRS, 1984-22; po Matični knjigi opazovalnice), redno pa 15. januarja 1985, je na Vojskem nad Idrijo začela delovati potresna opazovalnica z oznako VOY (Trnkoczy in Vidrih, 1986). Seizmograf so najprej sestavljali navpični seizmometer Willmore Mk-II, seizmografski ojačevalnik SO-03 (razvit na Seizmološkem zavodu SRS), pisachi Kinometrics VR-2 in ura UK-03. Analognemu kratkoperiodnemu seizmografu z navpično komponento sta bila 4. januarja 1991 (SS SRS, 1991-1; po Matični knjigi opazovalnice) dodani še vodoravni komponenti s seizmometroma Willmore Mk-II. Senzorji so bili nameščeni v za to posebej zgrajenem jašku, nekaj deset metrov od poslopja kmetije Smodin, v katerem se je nahajala ostala oprema (Sinčič in Vidrih, 1995). Opazovalnica VOY je bila postavljena na seizmogeološko zelo ugodni podlagi, ki jo sestavlja zgornjetriasni dolomit. V neposredni bližini opazovalnice VOY je bila na pobočju severno od kmetije Smodin leta 2004 zgrajena nova opazovalnica VOJS, opremljena z digitalnim seizmografom in samodejnim prenosom podatkov v središče za obdelavo podatkov v Ljubljani (Vidrih in drugi, 2006). Opazovalnica VOJS je od 12. avgusta 2004 opazovalnica 1. reda slovenske Državne mreže potresnih opazovalnic. Od 28. avgusta 2016 dalje so analognemu sistemu zaradi dotrajanosti počasi začeli odpovedovati različni sestavni deli. S popravilom so instrumentalisti uspeli izmenoma vzpostaviti zapisovanje posameznih komponent. Od 19. junija 2017 pa vse do izklopa sistema 2. decembra 2023 je analogni sistem na Vojskem beležil samo še navpično komponento (po Matični knjigi opazovalnice, zadnji seizmogram v arhivu). Za potresno opazovalnico VOY je ves čas skrbela Marija Šinkovec, ki je tudi analizirala zapise na opazovalnici.

VBY

Opazovalnica VBY v Bojancih je začela z delovanjem 29. oktobra 1986 (SS SRS, 1986-20; po Matični knjigi opazovalnice). V Matični knjigi je bila opazovalnica najprej vodena z oznako VIY, že kmalu pa je dobila uradno oznako VBY. Zgrajena je bila v krednem apnencu, ki zagotavlja odlično seizmogeološko podlago. Merilno opremo je sestavljal navpični seizmometer Vegik, seizmografski ojačevalnik SO-03, pisar Kablar I z galvanometrom Astromed in ura UK-03. Oprema je bila posodobljena 17. julija 1996 (prvi seizmogram v arhivu), ko je bil na lokaciji dodatno nameščen trikomponentni digitalni seizmograf podjetja Nanometrics (Sinčič in drugi, 1997). Osem let kasneje je bila v neposredni bližini zgrajena nova opazovalnica BOJS. Delovati je začela 17. februarja 2004 in nadomestila opazovalnico VBY (Vidrih in drugi, 2006). Analogni sistem je bil izklopljen 1. julija 2005 (zadnji seizmogram v arhivu).

BGY

Zaradi možne povečane seizmičnosti ob polnjenju akumulacijskega jezera HE Golica v sosednji Avstriji je bila 11. septembra 1990 (po Matični knjigi opazovalnice) v Braniku nad Muto postavljena potresna opazovalnica BGY (SS SRS, 1990-18; Vidrih, 1991; Vidrih in drugi, 1993). Merilna oprema je bila nameščena v zasebni hiši, zgrajeni na metamorfnih kamninah, ki so v seizmogenem pogledu ugodne. Navpični kratkoperiodni seizmometer Vegik je bil priključen na prenosni analogni pisar/registrator Kinometrics PS-2 z zapisom na papir, usmernik RLU 30/10 in elektronsko uro UK 03 z dolgovalovnim sprejemnikom DS 02. Kasneje je bil na travniku nad zgradbo narejen jašek, v katerega je bil 7. junija 1996 (po Matični knjigi opazovalnice) postavljen seizmometer Vegik, 23. avgusta 1996 pa še Guralp CMG-40T priključen na digitalni seizmograf podjetja Nanometrics. Nova lokacija z digitalno postavitvijo je dobila oznako BISS in postala opazovalnica 1. reda slovenske Državne mreže potresnih opazovalnic vse do 11. decembra 2002. Tega dne je v bližini potrese začela beležiti nova opazovalnica državne mreže potresnih opazovalnic PERS v Pernicah in v državni mreži prevzela vlogo potresne opazovalnice BISS. Opazovalnica BISS je potrese beležila vse do 18. novembra 2015 kot dopolnilna opazovalnica v državni mreži. Analogni sistem z oznako BGY je bil demontiran 30. aprila 2004 (po Matični knjigi opazovalnice, zadnji seizmogram v arhivu).

KBZ

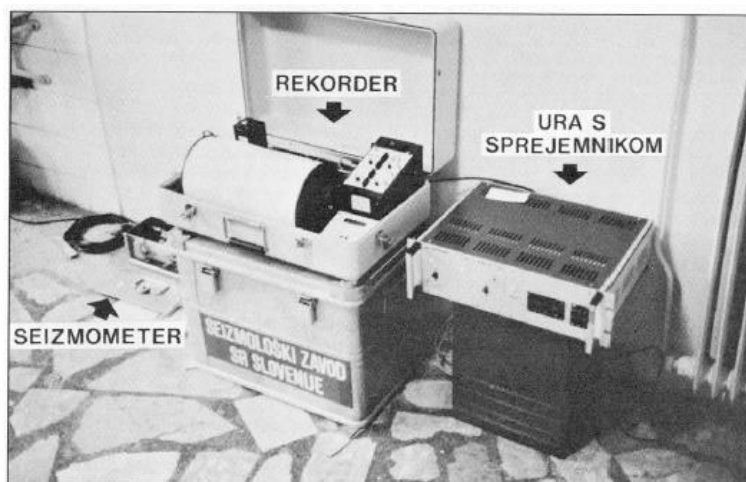
Za opazovanje seizmičnosti Krško-Brežiškega polja je bil 30. julija 1990 (SS SRS, 1990-16; po Matični knjigi opazovalnice) v garaži zasebne hiše v Brezju pri Senušah, pri Krškem, postavljen navpični kratkoperiodni seizmometer Vegik, priključen na prenosni analogni seizmograf Kinometrics PS-2 z zapisom na papir (Vidrih in drugi, 1994). Objekt v Brezju pri Senušah je zgrajen na krednih apnencih v izmenjavi z laporji, kar predstavlja dovolj ugodno seizmogeološko podlago. Mednarodna koda te opazovalnice je KBZS, ki pa se nikoli ni uporabljala. Pri analizi analognega sistema so bili odčitki vedno označeni z oznako KBZ. Analogni opazovalnica je prenehala z delovanjem 3. julija 2006 (zadnji seizmogram v arhivu). Pred tem je bilo 14. marca 2005 vzpostavljeno neprekinjeno digitalno beleženje (Sinčič in drugi, 2007). Odčitki na digitalnih zapisih te opazovalnice imajo v biltenih oznako KBZP.

DBY

14, 15. in 16. avgusta 1989 se je na območju Banjščic zvrstilo veliko število potresov (Vidrih in Cecić, 1990), zato je bil na Dobrovem v Goriških Brdih postavljen prenosni analogni navpični seizmograf Kinometrics PS-2 z zapisom na papir in priključenim navpičnim kratkoperiodnim seizmometrom Vegik. Deloval je od 14. avgusta do 17. avgusta 1989 (SS SRS, 1989-15; SS SRS, 1989-16; po Matični knjigi opazovalnice). Opazovalnica je zabeležila le nekaj potresov. V seizmoloških biltenih so odčitki označeni z DOY in DBY. V nekaterih zapisih pa je beležena pod oznako DOBY. Danes jo vodimo pod oznako DBY.

KOVY

26. avgusta 1989 se je ob 11.28 najverjetneje zgodil udorni potres v opuščnem rudniku lignita in premoga na območju Kočevja. Zaradi morebitne nadaljnje potresne dejavnosti je bil 12. oktobra 1989 (SS SRS, 1989-24) v zasebni hiši v Kočevju postavljen prenosni analogni navpični seizmograf Kinometrics PS-2 z zapisom na papir in priključenim navpičnim kratkoperiodnim seizmometrom Vegik (slika 2; Vidrih in Deterding, 1990). Merilni sistem v tem obdobju ni zabeležil nobenega potresa na Kočevskem, je pa zabeležil več potresov, ki so nastali drugod po Sloveniji in svetu. Seizmograf je bil odstranjen 4. januarja 1990 (SS SRS, 1990-1; po Matični knjigi opazovalnice).



Slika 2: Prenosni analogni navpični seizmograf Kinometrics PS-2 z zapisom na papir (rekorder), priključenim na navpični kratkoperiodni seizmometer Vegik in elektronsko uro UK-03 z dolgovalovnim sprejemnikom DS-02. Enak sistem je bil postavljen na opazovalnicah DBY, KOVY, KTY in ZVY. (Foto R. Vidrih; slika iz Vidrih in Deterding (1990))

Figure 2: Portable analogue vertical seismograph Kinometrics PS-2 with paper recording (rekorder), connected to a vertical short-period seismometer Vegik (seizmometer) and an electronic clock UK-03 with a long-wave receiver DS-02 (ura s sprejemnikom). An identical system was installed at the stations DBY, KOVY, KTY and ZVY. (Photo by R. Vidrih; image from Vidrih and Deterding (1990))

KTY

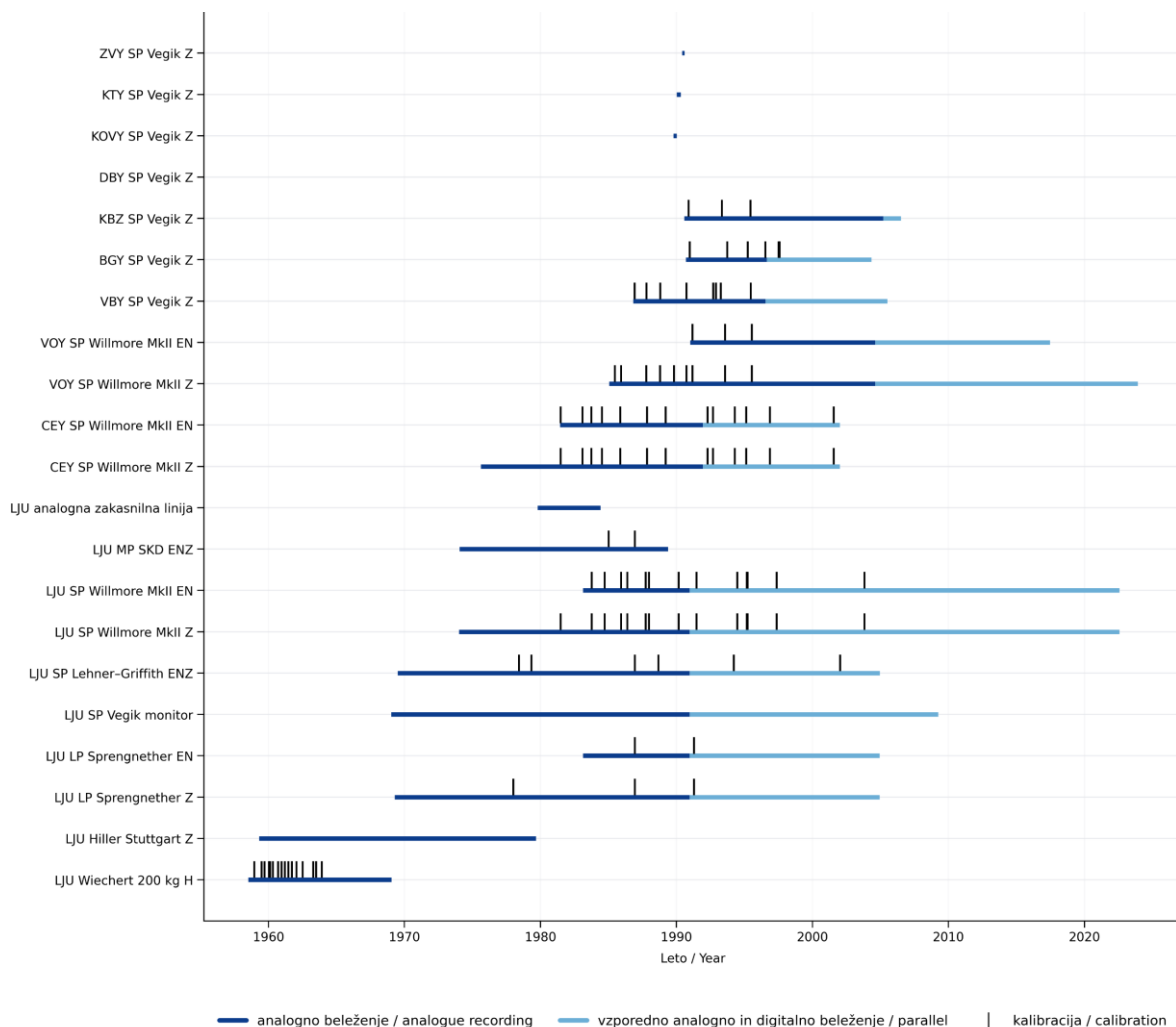
Najmočnejši potres v Sloveniji leta 1989 se je zgodil 28. decembra ob 20.50 UTC z epicentrom v bližini Krškega. Magnituda potresa je bila 3,4, učinki pa VI MSK (Hrzič in Vidrih, 1990). Sledili so mu popotresi, zato je bil 5. januarja 1990 (SS SRS, 1990-1; po Matični knjigi opazovalnice) v lovski koči na Trški Gori pri Krškem postavljen prenosni analogni

navpični seizmograf Kinometrics PS-2 z zapisom na papir in priključenim navpičnim kratkoperiodnim seizmometrom Vegik. Potrese je beležil do 23. aprila 1990 (SS SRS, 1990-8; po Matični knjigi opazovalnice).

ZVY

Leta 1990 so se v Dobropoljski dolini zgodili številni potresi, med njimi jih je nekaj doseglo učinke VI MSK. Najmočnejši med njimi se je zgodil 30. maja 1990 z lokalno magnitudo 3,9 (Vidrih in drugi, 1991). Da bi zabeležili tudi šibkejša potrese in tako bolje opredelili potresne parametre, je bil 1. junija 1990 (SS SRS, 1990-11; po Matični knjigi opazovalnice) v Zdenski vasi pri Vidmu v Dobropoljski dolini postavljen prenosni analogni pisar Kinometrics PS-2 z zapisom na papir in priključenim navpičnim kratkoperiodnim seizmometrom Vegik. Merilna oprema je potrese v Dobropoljski dolini beležila dva meseca, do 1. avgusta 1990, ko je bila odstranjena (SS SRS, 1990-14; po Matični knjigi opazovalnice).

Na sliki 3 je prikazan časovni diagram analognega beleženja potresov s kalibracijami (črne navpične črte) za posamezne instrumente po opazovalnicah.



Slika 3: Časovni diagram analognega beleženja potresov s kalibracijami (črne navpične črte) za posamezne instrumente po opazovalnicah.

Figure 3: Time diagram of analogue earthquake recording with calibrations (black vertical lines) for individual instruments at the seismic stations.

Preglednica 1: Analogne potresne opazovalnice v Sloveniji od leta 1958 dalje. H – vodoravna komponenta; Z – navpična komponenta; ENZ – 3-komponentna; LP – dolgoperiodni; SP – kratkoperiodni; MP – srednjeperiodni.

Table 1: Analogue seismic stations in Slovenia from 1958. H – horizontal component; Z – vertical component; ENZ – 3-component; LP – long period; SP – short period; MP – medium period.

opaz. station	ozn. code	zem. šir. latitude [° N]	zem. dolž. longitude [° E]	n. viš. elev. [m]	Seizmometer, komponente sensor type, components	komponente components	medij zapisa/ media of recording	začetek delovanja start time	konec delovanja end time	začetek digitalnega beleženja potresov na lokaciji start of digital recording
Ljubljana	LJU	46,0438	14,5277	396	Wiechert 200kg	H	osajen papir/ paper coated with soot	10. 7. 1958	14. 1. 1969	21. 12. 1990 (prvi seizmogram)
					Hiller Stuttgart	Z	foto/photo	26. 4. 1959	29. 8. 1979	
					LP Sprengnether S-5007-V&H	Z	foto/photo	14. 4. 1969	7. 12. 2004	
						EN	foto/photo	14. 2. 1983	7. 12. 2004	
					SP Lehner Griffith SV215&SH216, ENZ	ENZ	foto/photo	2. 7. 1969	11. 12. 2004	
					SP Willmore MkII	Z	črnilo/ ink	1. 1. 1974	27. 7. 2022	
						EN	črnilo/ ink	14. 2. 1983	27. 7. 2022	
					SP Vegik (monitor)	N	črnilo/ ink	9. 1. 1969	29. 3. 2009	
					MP SKD	ENZ	foto/photo	15. 1. 1974	18. 5. 1989	
Cerknica	CEY	45,7381	14,4221	579	SP Willmore MkII oz. MkIII z zakasnilno analogni linijo	ENZ	črnilo/ ink	15. 10. 1979	30. 5. 1984	11. 12. 1991
						ENZ	črnilo/ ink	15. 5. 1975 poskusno 15. 8. 1975 redno	7. 1. 2002	
						EN	črnilo/ ink	10. 6. 1981	7. 1. 2002	

opaz. station	ozn. code	zem. šir. latitude [° N]	zem. dolž. longitude [° E]	n. viš. elev. [m]	Seizmometer, komponente sensor type, components	komponente components	medij zapisa/ media of recording	začetek delovanja start time	konec delovanja end time	začetek digitalnega beleženja potresov na lokaciji start of digital recording
Vojsko	VOY	46,0316	13,8882	1073	SP Willmore MkII	Z	črnilo/ ink	28. 11. 1984 poskusno 15. 1. 1985 redno	2. 12. 2023	12. 8. 2004
					SP Willmore MkII	EN	črnilo/ ink	4. 1. 1991	19. 6. 2017	
Bojanci	VBY	45,5042	15,2518	252	SP Vegik	Z	črnilo/ ink	29. 10. 1986	1. 7. 2005	17. 7. 1996
Branik nad Muto (Golica)	BGY	46,6479	15,1270	490	SP Vegik	Z	črnilo/ ink	11. 9. 1990	30. 4. 2004	23. 8. 1996
Brezje pri Senušah	KBZ (KBY)	45,9405	15,4390	217	SP Vegik	Z	črnilo/ ink	30. 7. 1990	3. 7. 2006	1. 1. 1995–9. 5. 1996 in od 14. 3. 2005 dalje
Dobrovo	DBY (DOBY, DOY)	45,9986	13,5223	110	SP Vegik	Z	črnilo/ ink	14. 8. 1989	17. 8. 1989	-
Kočevje	KOVY	45,6490	14,8614	474	SP Vegik	Z	črnilo/ ink	12. 10. 1989	4. 1. 1990	-
Trška Gora, Krško	KTY	45,9616	15,4781	315	SP Vegik	Z	črnilo/ ink	5. 1. 1990	23. 4. 1990	-
Zdenska vas	ZVY	45,8620	14,7006	496	SP Vegik	Z	črnilo/ ink	1. 6. 1990	1. 8. 1990	-

Analogni seizmogrami

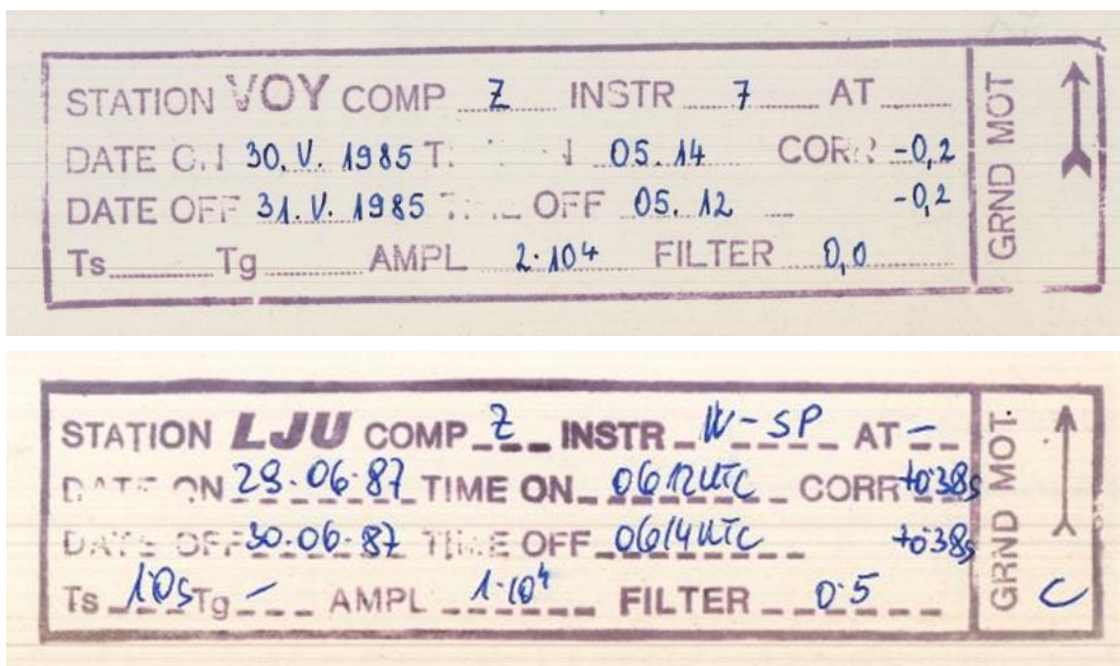
Vse analogne seizmograme hranimo na posebej za to izdelanih policah na Geofizikalnem observatoriju Golovec (slika 4). Zbirka obsega 1101 mapo, velikosti 1,0 m x 0,4 m, v katerih so zloženi analogni seizmogrami.



Slika 4: Arhiv analognih seizmogramov na Geofizikalnem observatoriju Golovec v Ljubljani

Figure 4: Archive of analogue seismograms at the Golovec Geophysical Observatory in Ljubljana.

Analogni seizmografi so gibanje tal zapisovali mehansko ali fotografsko na papir, ki je bil napet krožno preko bobna. Na eni poli papirja je lahko zapisan signal ene komponente ali pa tudi več komponent seizmičnega valovanja za obdobje enega, včasih tudi dveh dni. Menjava papirja je bila opravljena ročno, praviloma v jutranjih urah. Ob menjavi se je papir prerezal, opremil z žigom (slika 5) in potrebnimi parametri kot so koda opazovalnice, komponenta zapisa, oznaka seizmografa, začetni in končni čas zapisa. V ustrezna polja žiga sta se zapisali tudi časovni korekciji na začetku in koncu vsakega beleženja in nastavitve ojačevalnika, s katerimi je bil zapis narejen. Pri skeniranju smo ugotovili, da so čas in časovne korekcije, vnesene na žig pravilne, medtem ko so podatki o instrumentu in njegovih nastavitvah (Ts, AMPL, FILTER) pogosto napačni.



Slika 5: Žig opazovalnice VOY (zgoraj) in žig opazovalnice LJU (spodaj) z vpisanimi parametri, ki ustrezno označujejo vsak seizmogram in so ključni za interpretacijo analognih zapisov.

Figure 5: Stamps of VOY (top) and LJU seismic stations (bottom), with inscribed parameters that properly identify each seismogram and are key to interpreting analogue records.

Preglednica 2: Ločljivost skeniranja analognih seizmogramov

Table 2: Scanning resolution of analogue seismograms.

Obdobje seizmogramov Time period	Ločljivost skeniranja (točk na palec, palec=2,54 cm) Scanning resolution (dots per inch)
1975–31. 8. 1976	300
1. 9. 1976–31. 12. 1976	200
1. 1. 1977–23. 4. 1978	300
24. 4. 1978–31. 12. 1979	200
1980–1981	400
1. 1. 1982–1. 3. 1982	300
2. 3. 1982–15. 12. 1985	400
16. 2. 1985–31. 12. 1991	300

Na šestih lokacijah (LJU, VOY, CEY, VBY, BGY, KBZ) je bil ob analognem sistemu kasneje vzpostavljen tudi digitalni sistem beleženja nihanja tal. Čas vzpostavitve digitalnega sistema je na diagramu slike 3 označen s prehodom iz temne v svetlo modro barvo. Pri skeniranju analognih seizmogramov smo se omejili na obdobje izključno analognega beleženja gibanja tal na posamezni lokaciji ter na dodatno nekajmesečno obdobje vzporednega delovanja analognega in digitalnega sistema. Predpostavljamo, da je v kasnejšem obdobju digitalni sistem že omogočal dovolj zanesljivo beleženje celotne lokalne seizmične aktivnosti, hkrati pa vzporedno delovanje obeh sistemov omogoča preverjanje in kontrolo parametrov analognega merilnega sistema.

Leta 2026 je bilo skeniranje izvedeno na seizmogramih, zabeleženih od leta 1975 do leta 1991. Pri zapisih iz obdobja od leta 1975 do vključno leta 1985 smo skenirali izključno seizmogramе z zabeleženimi potresi, pri katerih so bili odčitani vstopni časi faz valovanja in/ali

največja amplituda s periodo na navpični komponenti zapisa. Ločljivost skeniranja zapisov iz tega obdobja se je nekoliko spreminjala, kar je podrobneje prikazano v preglednici 2.

Seizmogrami, zabeleženi v obdobju od leta 1986 do vključno leta 1991, so bili za opazovalnice CEY, VOY in VBY skenirani v celoti, brez vsebinske selekcije. V primeru opazovalnice LJU pa so bili skenirani vsi seizmogrami, zapisani s črnilom na papir, sistema LJU SP Willmore MkII in fotozapisi sistema LJU SP Lehner-Griffith. Za vse razpoložljive seizmogramе v obdobju 1986–1991 je bila uporabljena enotna ločljivost skeniranja 300 dpi.

Metapodatki analognih seizmografov in seizmološki bilteni

Matične knjige potresnih opazovalnic

V matično knjigo potresne opazovalnice se je sistematično vpisovalo podatke o vsaki menjavi registrirnega papirja in vse dodatne parametre ter opažanja v zvezi z opravili na opazovalnici in njenim delovanjem. V treh najstarejših ohranjenih knjigah potresne opazovalnice Ljubljana so ročno zabeležene menjave papirja in časovne korekcije za seizmogramе instrumenta Hiller-Stuttgart. Od leta 1977 dalje je imela vsaka opazovalnica pred-natisnjeno matično knjigo. V času delovanja analognih sistemov imamo za potresno opazovalnico LJU 106 matičnih knjig, za VOY 20, za VBY 15, za CEY 18, za BGY 2. V skupni Matični knjigi začasnih prenosnih potresnih opazovalnic so zajeti vpisi iz začasnih opazovalnic DOBY, KOVY, KTY, ZVY, KBZ. Dodatno imamo zapiske o menjavah papirja za opazovalnici KBZ in BGY še v šestih zvezkih. Matične knjige opazovalnic še niso skenirane, a načrtujemo njihovo skeniranje.

Priročniki in tehnični dokumenti o instrumentih

V preglednici 3 je zbrana literatura, ki podrobneje opiše posamezne analogne seizmografe, ki so na slovenskih tleh beležili potrese od leta 1958 dalje.

Preglednica 3: Literatura o analognih sistemih, ki so bili v preteklosti uporabljeni v Sloveniji. Oznake komponent: H – vodoravna, V – navpična, E – vodoravna v smeri vzhod-zahod, N – vodoravna v smeri sever-jug, Z – navpična.

Table 3: References pertaining to the analog seismic systems formerly deployed in Slovenia. Component labels: H – horizontal, V – vertical, E – horizontal in the east–west direction, N – horizontal in the north–south direction, Z – vertical.

Seizmometer, komponente Sensor type, components	Literatura Literature
Wiechert, H	Gostinčar in Vidrih (1997)
Hiller Stuttgart, V	Ribarič (1960)
LP Sprengnether S-5007V&H, ENZ	Sprengnether (1970)
SP Lehner Griffith SV215&SH216, ENZ	Teledyne (1965)
MP SKD (CK -Д), ENZ	Shishkevish (1974, 1975)
SP Willmore MkII, ENZ	Willmore in Connell (1963), Sinčič in Tasič (2017)
SP Vegik, N	Shishkevish (1974, 1975)
Čakajoč sistem – analogna zakasnilna linija	Sinčič in drugi, 1997 Sinčič in Vidrih, 1998

Kalibracije analognih seizmografov

Pri analizi analognih seizmogramov je za določanje magnitude potresov ključno natančno poznavanje faktorja povečave zabeleženih amplitud. Ta faktor opredeljuje razmerje med dejanskim premikom tal in amplitudo, ki jo seizmograf zabeleži na papirju.

Kalibracija predstavlja postopek ugotavljanja občutljivosti seizmografa, kar omogoča pretvorbo analognega zapisa v fizikalno smiselne enote in je ključna za pravilno določanje magnitude potresov, primerjavo podatkov med različnimi opazovalnicami in vključevanje arhivskih podatkov v sodobne baze. Brez ustrezno izvedenih kalibracij analognih seizmogramov bi bile analize analognih seizmogramov omejene, njihova znanstvena uporabnost pa bistveno zmanjšana.

Vse ohranjene dokumente s kalibracijami analognih sistemov na potresnih opazovalnicah (ARSO, 1981-2001) smo sistematično zbrali in skenirali. S tem smo zagotovili njihovo dolgoročno dostopnost ter možnost uporabe pri nadaljnjih znanstvenih raziskavah, ki vključujejo analizo zgodovinskih potresov. Datumi kalibracij oz. izračuni konstant so zbrani v preglednici 4 in označeni s črnimi navpičnim črtam na sliki 3.

Preglednica 4: Datumi kalibracij analognih instrumentov na posameznih opazovalnicah
Table 4: Calibration dates of analogue instruments at individual seismic stations.

Opazovalnica, instrument Seismic station, instrument, components	Datumi kalibracij oz. določitve konstant Calibration dates or determination of instrument constants
LJU, Wiechert 200kg, H	15. 12. 1958, 30. 6. 1959, 15. 9. 1959, 6. 1. 1960, 15. 2. 1960, 30. 4. 1960, 15. 9. 1960, 15. 12. 1960, 15. 3. 1961, 14. 6. 1961, 15. 9. 1961, 15. 1. 1962, 5. 7. 1962, 15. 4. 1963, 1. 7. 1963, 1. 12. 1963
LJU, Hiller Stuttgart, Z	Ribarič (1960)
LJU, LP Sprengnether S-5007V&H	leta 1978, 11. 12. 1986, 16. 4. 1991
LJU, SP Lehner Griffith SV215&SH216	junij 1978, maj 1979, 11. 12. 1986, septembr 1988, 16. 3. 1994 (samo za navpično komponento), 10. 1. 2002
LJU, SP Willmore MkII	25. 6. 1981, 4. 10. 1983, 19. 9. 1984, 2. 12. 1985, 19. 5. 1986, 23. 9. 1987, 22. 12. 1987, 23. 2. 1990, 18. 6. 1991, 20. 6. 1994, 1. 3. 1995, 21. 3. 1995, 13. 5. 1997, 29. 10. 2003
LJU, SP Vegik (monitor)	-
LJU, MP SKD	27. 11. 1973, 4. 1. 1985, 11. 12. 1986
CEY, SP Willmore MkII	25. 6. 1981, 28. 1. 1983, 29. 9. 1983, 5. 7. 1984, 8. 11. 1985, 2. 11. 1987, 16. 3. 1989, 13. 4. 1992, 3. 9. 1992, 12. 4. 1994, 13. 2. 1995, 14. 11. 1996, 23. 7. 2001
VOY, SP Willmore MkII	16. 6. 1985, 2. 12. 1985, 12. 10. 1987, 13. 10. 1988, 26. 10. 1989, 27. 9. 1990, 5. 3. 1991, 27. 7. 1993, 13. 7. 1995
VBY, SP Vegik	4. 12. 1986, 19. 10. 1987, 20. 10. 1988, 27. 9. 1990, 9. 9. 1992, 23. 11. 1992, 31. 3. 1993, 16. 6. 1995
BGY, SP Vegik	21. 12. 1990, 22. 9. 1993, 29. 3. 1995, 11. 7. 1996, 2. 7. 1997, 31. 7. 1997
KBZ, SP Vegik	22. 11. 1990, 29. 4. 1993, 6. 6. 1995

Časovni popravki

Za pravilno interpretacijo analognih seizmogramov je poleg poznavanja faktorja povečave zapisanih amplitud in temeljnega znanja o videzu seizmičnih zapisov nujno tudi natančno poznavanje časovnih popravkov, ki predstavljajo odstopanje dejanskega časa zapisovanja od zapisanega časa na analognem zapisu.

Časovne korekcije je treba upoštevati ob odčitavanju vstopnih časov faz valovanja (Sinčič in Vidrih, 1994). Upoštevanje teh korekcij je ključno pri natančnem določanju vstopnih časov faz potresnega valovanja, kar vpliva na nadaljnje analize, kot so lokacija žarišča, ocena hitrosti širjenja potresnega valovanja in določanje seizmoloških parametrov potresa. V primeru, ko se časovni korekciji na začetku in koncu seizmograma razlikujeta, predpostavljamo, da se časovni zamik spreminja linearno skozi celotno obdobje beleženja. Ta predpostavka omogoča časovno poravnavo zabeleženega seizmičnega signala z dejanskim časom.

Brez ustreznega upoštevanja časovnih korekcij lahko pride do sistematičnih napak pri interpretaciji seizmogramov, kar lahko vodi v napačne znanstvene zaključke. Zato je ohranjanje in pravilna uporaba originalnih metapodatkov, ki spremljajo analogne zapise, temelj za njihovo zanesljivo vključevanje v sodobne seizmološke raziskave. V arhivu obstaja nekaj zvezkov z zabeleženimi časovnimi korekcijami za posamezne opazovalnice. Korekcije so običajno zapisane tudi v matične knjige in v primeru seizmogramov, zapisanih s črnilom na papir, so tudi ročno zapisane na papir oz. žig.

Seizmološki bilteni za obdobje 1901–1996

Ohranjeni so ročno napisani seizmološki bilteni prof. Albina Belarja z odčitki potresnih parametrov iz seizmogramov ljubljanske opazovalnice med leti 1905 in 1914 in njegova objavljena poročila v prilogi seizmološkega mesečnika *Die Erdbebenwarte* o potresih med leti 1901 in 1910 (Belar, 1901–1910). Revija *Die Erdbebenwarte*, katere ustanovitelj in izdajatelj je bil prof. Albin Belar, je zaradi njegovih težkih gmotnih razmer leta 1910 prenehala izhajati. Med leti 1924 in 1939 so bili seizmogrami ljubljanske potresne opazovalnice poslani na Seizmološki zavod v Beograd in tam tudi obdelani, analize pa objavljene v *Bulletin Sismique* oz. *Annuaire Séismique* (Mihailović, 1925–1940). V ta bilten je med leti 1924–1931 tudi A. Belar prispeval svoje analize za potresno opazovalnico Gorje, vendar je bil čas odčitkov nezanesljiv. Od leta 1959, ko je bila vzpostavljena potresna opazovalnica LJU, je seizmološke biltene vseh slovenskih opazovalnic neprekinjeno in redno pripravljala najprej AGO UL, potem Seizmološki zavod SRS v Ljubljani, kasneje Seizmološki zavod RS in Uprava RS za geofiziko, od 2001 dalje pa ARSO. Vsi ohranjeni in najdeni bilteni med leti 1901 in 1996 so skenirani (preglednica 5).

Zaključek

Ohranjanje analognih seizmogramov predstavlja izjemno pomemben del slovenske znanstvene in tehniške dediščine. V več kot stoletju delovanja potresnih opazovalnic se je nabrala obsežna zbirka zapisov, ki ne le dokumentira razvoj instrumentalne seizmologije na Slovenskem, temveč tudi omogoča natančnejše razumevanje potresne aktivnosti na našem ozemlju. Analogni seizmogrami, skupaj z metapodatki, matičnimi knjigami, poročili o kalibracijah in seizmološkimi bilteni, tvorijo neprecenljiv arhiv informacij za rekonstrukcijo zgodovinskih potresov in validacijo sodobnih modelov potresne nevarnosti.

Digitizacija teh zapisov je nujna tako zaradi njihove zaščite pred propadanjem, kot tudi zaradi bistveno boljše dostopnosti, uporabnosti in povezljivosti s sodobnimi bazami podatkov. S

sistematičnim skeniranjem seizmogramov, urejanjem metapodatkov ter skeniranjem spremljajoče dokumentacije postopoma ustvarjamo popoln, dolgoročno vzdržen arhiv, ki omogoča nove raziskave in ponovno ovrednotenje zgodovinskih potresnih dogodkov.

Projekt digitizacije analognih seizmogramov tako presega zgolj arhivski namen, temveč predstavlja most med zgodovino in sodobno znanostjo. S tem delom ohranjamo dediščino generacij seizmologov, hkrati pa gradimo temelje za napredne raziskave, ki bodo omogočile boljše razumevanje seizmoloških procesov in učinkovitejše upravljanje s potresno nevarnostjo v prihodnosti.

Preglednica 5: Seznam skeniranih biltenov po letih in mesecih, od 1901 do 1996. Obarvana polja označujejo obdobja, ko biltenov nimamo. V sivo označenih obdobjih v Sloveniji ni delovala nobena potresna opazovalnica, za modro označene mesece pa biltenov nimamo, so izgubljeni oz. niso izhajali.

Table 5: List of scanned bulletins by year and month, from 1901 to 1996. Coloured boxes indicate periods when bulletins are not available. Grey-marked intervals denote periods when no seismic station was operating in Slovenia, while the blue-marked months represent bulletins that are not available, have been lost, or have not been published.

leto/mesec year/month	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1901–1913	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1914	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
1915–1923												
1924												✓
1925–1939	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1940–1957												
1958												
1959						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1960–1996	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Viri in literatura

ARSO, 1981–2001. Arhiv kalibracij analognih instrumentov. Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo. Ljubljana.

Astronomical and Geophysical Observatory Ljubljana, 1975. Preliminary Seismological readings at Ljubljana, no. 23–75. University of Ljubljana, Slovenia.

Belar, A., 1901–1910. Die Erdbebenwarte : Monatsschrift, Laibach.

Geophysical Institute at the AG Observatory Golovec, 1959. Preliminary seismological bulletin from June 20th to September 30th 1959. Geophysical Institute at the AG Observatory Golovec, University of Ljubljana, Yugoslavia.

Gostinčar, M., Vidrih, R. 1997. Seizmograf Wiechert. Ujma št. 11, 185–187. ISSN 0353-085X.

Hrzič, M., Vidrih, R., 1990. Potresi v letu 1989. v: Ranzinger, P. (ur.), Naše nebo in zemlja: astronomske efemeride 1991: umetni sateliti 1.7.1989–30.6.1990: potresi 1989, let. 33. Ljubljana: Društvo matematikov, fizikov in astronomov RS, 54–73.

Lapajne, J. K., 1997. Sto let slovenske seizmologije. Gea: poljudnoznanstvena revija, 7(10), priloga.

- Mihailović, J., 1925. Microsismes (Phénomènes inscrits). Publications de l'institut Séismologique de l'université de Beograd, Bulletin Sismique, Année IV, 1924, Serie A, 36 str., Beograd.
- Mihailović, J., 1926. Macroséismes (Phénomènes inscrits). Publications de l'institut Séismologique de l'université de Beograd, Bulletin Séismique, Année V, 1925, Serie A, 50 str., Sarajevo.
- Mihailović, J., 1928. Phénomènes inscrits (Microséismes). Publications de l'institut Séismologique de l'université de Beograd, Annuaire Séismique, Année VI, 1926, Serie A, fasc. 3, 71 str., Beograd.
- Mihailović, J., 1930a. Phénomènes inscrits (Microséismes). Publications de l'institut Séismologique de l'université de Beograd, Annuaire Séismique, Année VII, 1927, Serie A, fasc. 5, 91 str., Beograd.
- Mihailović, J., 1930b. Microséismes. Publications de l'institut Séismologique de l'université de Beograd, Annuaire Séismique, Année VIII, 1928, Serie A, fasc. 7, 44 str., Beograd.
- Mihailović, J., 1930c. Microséismes. Publications de l'institut Séismologique de l'université de Beograd, Annuaire Séismique, Année IX, 1929, Serie A, fasc. 9, 32 str., Beograd.
- Mihailović, J., 1931. Annuaire Microséismique. Publications de l'institut Séismologique de l'université de Beograd, Année X, 1930, Serie A, fasc. 9, 46 str., Beograd.
- Mihailović, J., 1932. Annuaire Microséismique, Année XI, 1931. Publications de l'institut Séismologique de l'université de Beograd, Serie A, fasc. 11, Beograd.
- Mihailović, J., 1934a. Annuaire Microséismique, Année XII, 1932. Publications de l'institut séismologique de l'université de Beograd, Serie A, Beograd.
- Mihailović, J., 1934b. Annuaire Microséismique, Année XIII, 1933. Publications de l'institut séismologique de l'université de Beograd, Serie A, Beograd.
- Mihailović, J., 1935. Annuaire Microséismique, Année XIV, 1934. Publications de l'institut séismologique de l'université de Beograd, Serie A, Beograd.
- Mihailović, J., 1936. Annuaire Microséismique, Année XV, 1935. Publications de l'institut séismologique de l'université de Beogra, Serie A d, Beograd.
- Mihailović, J., 1937. Annuaire Microséismique, Année XVI, 1936. Publications de l'institut séismologique de l'université de Beograd, Serie A, Beograd.
- Mihailović, J., 1938. Annuaire Microséismique, Année XVII, 1937. Publications de l'institut séismologique de l'université de Beograd, Serie A, Beograd.
- Mihailović, J., 1939. Annuaire de l'Institut Séismologique de Beograd, Microséismique et macroséismique, Année XVIII, 1938. Publications de l'institut séismologique de l'université de Beograd, Serie A, Beograd.
- Mihailović, J., 1940. Annuaire de l'Institut Séismologique de Beograd, Microséismique et macroséismique, année XIX, 1939. Publications de l'institut séismologique de l'université de Beograd, Serie A, Beograd.
- Mokrović, J., 1981. Seizmološki zavod RS Slovenije. Acta seismologica Iugoslavica, Vol. 7, No. 7, Beograd, 87–91.

- Mokrović, J., Ribarič, V., 1983. Albin Belar. *Acta seismologica Iugoslavica*, Vol. 9, No. 9, Beograd, 91–96.
- Reja, O., 1925. Potresna opazovanja v Sloveniji. *Geografski vestnik*, št. 2, 140–141.
- Ribarič, V., 1960. Vertikalni kratkoperiodični seizmograf Hiller “Stuttgart”. *Obzornik za matematiko in fiziko* 7, Društvo matematikov, fizikov in astronomov, Ljubljana, 100–107.
- Ribarič, V., 1989. Kratek opis razvoja slovenske seizmologije na Slovenskem. *Glasnik Slovenske matice*, letnik 13, št. 2, 49–54.
- Ribarič, V., 1994. Potresi v Sloveniji : ob stoti obletnici velikega ljubljanskega potresa. *Slovenska matica v Ljubljani*, 1994, Ljubljana. 173 str. COBISS.SI-ID 43434752.
- Ribarič, V., 1995. Kratka zgodovina seizmologije na Slovenskem. *Zgodovina slovenske geodezije in geofizike*. 1. Del. Zbornik predavanj. SZGG, Ljubljana.
- Shishkevish, C., 1974. *Soviet Seismographic Stations and Seismic Instruments, Part I*. Santa Monica, CA: RAND Corporation. <https://www.rand.org/pubs/reports/R1204.html>.
- Shishkevish, C., 1975. *Soviet Seismographic Stations and Seismic Instruments, Part II*. Santa Monica, CA: RAND Corporation. <https://www.rand.org/pubs/reports/R1647.html>.
- Sinčič, P., Tasič, I., 2017. 45 let delovanja kratkoperiodnega analognega seizmografa na vidni zapis na observatoriju na Golovcu v Ljubljani. *Ujma* št. 31, 202–206. ISSN 0353-085X.
- Sinčič, P., Vidrih, R., 1993. Mreža potresnih opazovalnic v Sloveniji. *Ujma* št. 7, 130–137. ISSN 0353-085X.
- Sinčič, P., Vidrih, R., 1994. Pomen točnega časa pri registraciji potresov. *Ujma* št. 8, 182–185. ISSN 0353-085X.
- Sinčič, P., Vidrih, R., 1995. Gradnja potresne opazovalnice. *Ujma* št. 9, str. 185–189. ISSN 0353-085X.
- Sinčič, P., Vidrih, R., 1998. Razvoj instrumentalne seizmologije na Slovenskem, Zbornik ZNT.
- Sinčič, P., Vidrih, R., Deterding, M., 1997. Zapisi potresov skozi čas. *Ujma* št. 11, 178–184. ISSN 0353-085X.
- Sinčič, P., Vidrih, R., Deterding, M., 1997. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 1996. *Potresi v letu 1996*. Uprava Republike Slovenije za Geofiziko, Ljubljana, 1–10. ISSN 1318-4792.
- Sinčič, P., Vidrih, R., Deterding, M., 1998. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 1997. *Potresi v letu 1997*. Uprava Republike Slovenije za Geofiziko, Ljubljana, 1–10. ISSN 1318-4792.
- Sinčič, P., Vidrih, R., Tasič, I., Živčič, M., Prosen, T., 2007. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2005. *Potresi v letu 2005* (ur. R. Vidrih), ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 1–13. ISSN 1318-4792.
- Sprengnether, 1970. W. F. Sprengnether instrument Co. Inc., Product catalog. Saint Louis, Missouri, USA.

- SS SRS (Seismological Survey of the SR of Slovenia), 1984-22. Preliminary Seismological Bulletin, no. 22 – 1984. Yugoslavia.
- SS SRS (Seismological Survey of the SR of Slovenia), 1986-20. Preliminary Seismological Bulletin, no. 20 – 1986. Yugoslavia.
- SS SRS (Seismological Survey of the SR of Slovenia), 1989-15. Preliminary Seismological Bulletin, no. 15 – 1989. Yugoslavia.
- SS SRS (Seismological Survey of the SR of Slovenia), 1989-16. Preliminary Seismological Bulletin, no. 16 – 1989. Yugoslavia.
- SS SRS (Seismological Survey of the SR of Slovenia), 1989-24. Preliminary Seismological Bulletin, no. 24 – 1989. Yugoslavia.
- SS SRS (Seismological Survey of the SR of Slovenia), 1990-1. Preliminary Seismological Bulletin, no. 1 – 1990. Yugoslavia.
- SS SRS (Seismological Survey of the SR of Slovenia), 1990-8. Preliminary Seismological Bulletin, no. 8 – 1990. Yugoslavia.
- SS SRS (Seismological Survey of the SR of Slovenia), 1990-11. Preliminary Seismological Bulletin, no. 11 – 1990. Yugoslavia.
- SS SRS (Seismological Survey of the SR of Slovenia), 1990-14. Preliminary Seismological Bulletin, no. 14 – 1990. Yugoslavia.
- SS SRS (Seismological Survey of the SR of Slovenia), 1990-16. Preliminary Seismological Bulletin, no. 16 – 1990. Yugoslavia.
- SS SRS (Seismological Survey of the SR of Slovenia), 1990-18. Preliminary Seismological Bulletin, no. 18 – 1990. Yugoslavia.
- SS SRS (Seismological Survey of the SR of Slovenia), 1991-1. Preliminary Seismological Bulletin, no. 1 – 1991. Yugoslavia.
- Tasič, I., Sinčič, P., 2016. Uporaba seizmoskopa WM-1 v Sloveniji. *Ujma* 2016, št. 30, str. 200–203. ISSN 0353-085X.
- Teledyne, 1965. Operation and maintenance manual for models SV-215 and SH-216 seismometers. Teledyne systems company.
- Trnkoczy, A., Vidrih R., 1986: Seizmološka stanica Vojsko (VOY) u SR Sloveniji. *Acta seismologica Iugoslavica* 12, 17–34, Beograd.
- URSG, 1995. Uvod. Potresi v Sloveniji leta 1994. Uprava Republike Slovenije za Geofiziko, Ljubljana, 1–3. ISSN 1318-4792.
- Vidrih, R., 1991. Seizmičnost okolice pregrade HE Golica. *Ujma* št. 5, 180–183. ISSN 0353-085X.
- Vidrih, R., Ceci, I., 1990. Roj potresov na Banjščicah, *Ujma* št. 4, 45–51. ISSN 0353-085X.
- Vidrih, R., Deterding, M., 1990. Potres v Kočevju. *Ujma* št. 4, 53–56. ISSN 0353-085X.
- Vidrih, R., Godec, M., Ceci, I., 1991. Niz potresov v Dobropoljski dolini, *Ujma* št. 5, 174–179. ISSN 0353-085X.

- Vidrih, R., Godec, M., Hržič, M., 1993. HE Golica – pregled dvoletnih opazovanj potresne dejavnosti (18. september 1990 do 18. september 1992). Ujma št. 7, 126–129. ISSN 0353-085X.
- Vidrih, R., Hržič, M., Sinčič, P., 1994. Pregled triletnih opazovanj potresne dejavnosti na Krškem polju. Ujma št. 8, 57–61. ISSN 0353-085X.
- Vidrih, R., Mihelič, J., 2010. Albin Belar: pozabljen slovenski naravoslovec, 1. izd. Radovljica: Didakta, 2010, str. 224.
- Vidrih, R., Sinčič, P., 1997. Slovenska instrumentalna seizmologija praznuje 100 let. Življenje in tehnika : revija za poljudno tehniko, znanost in amaterstvo, letnik 48, 50–54. ISSN 0514-017X.
- Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., Gosar, A., Godec, M., Živčič, M., Gostinčar, M., Zupančič, P., 2006, Državna mreža potresnih opazovalnic. Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo.
- Willmore, P. L., Connell, D. V., 1963. A new short-period seismometer for field and observatory use. Vol. 53, No. 4 (julij 1963), 835–844.
<https://doi.org/10.1785/BSSA0530040835>, 4. 4. 2026.

Kazalo

Barbara Šket Motnikar, Blaž Vičič

Analiza ocen potresne nevarnosti Slovenije zaradi predvidenih sprememb v standardu Evrokod 8

Analysis of seismic hazard estimates due to the expected changes in Eurocode 8 standard

Povzetek

V letu 2027 na evropski ravni pričakujemo objavo standarda Evrokod 8 (EC8) druge generacije, na načelni ravni pa je standard sprejet. Pred sprejemom ustreznega slovenskega standarda je treba posodobiti Nacionalni dodatek, kar med drugim vključuje nove referenčne karte potresne nevarnosti in faktorje zmogljivosti. Med pomembnimi novostmi je namreč zahteva, da projektni pospešek tal ni več zasnovan na vršnem pospešku tal (PGA), temveč na dveh spektralnih pospeških, in sicer pri nihajnem času, kjer spekter enotne potresne nevarnosti (UHS) doseže vrh oziroma izravnavo (S_α), ter pri nihajnem času 1 s (S_β). Za večja slovenska naselja smo izračunali krivulje potresne nevarnosti za izbrane spektralne pospeške ter spektre UHS za različne povratne dobe. Ugotovili smo, da je vrh spektra dosežen pri nihajnih časih 0,10 ter 0,15 s (zaokroženo). Najpomembnejši rezultat članka je izračun dveh različnih referenčne karte S_α za priporočeno povratno dobo 475 let ter faktorjev zmogljivosti za tri mejna stanja in štiri razrede posledic (pomembnost stavb). Te faktorje smo ocenili s povprečnimi razmerji spektralnih pospeškov S_α pri različnih povratnih dobah glede na referenčno karto za povratno dobo 475 let. Kljub načelnemu sprejemu EC8 na evropski ravni so še vedno možne spremembe, ki bi lahko vplivale na parametre v Nacionalnem dodatku. Namen analize je zato priprava strokovnih podlag za slovenski tehnični odbor za EC8 (SIST/TC 250 SC 8).

Abstract

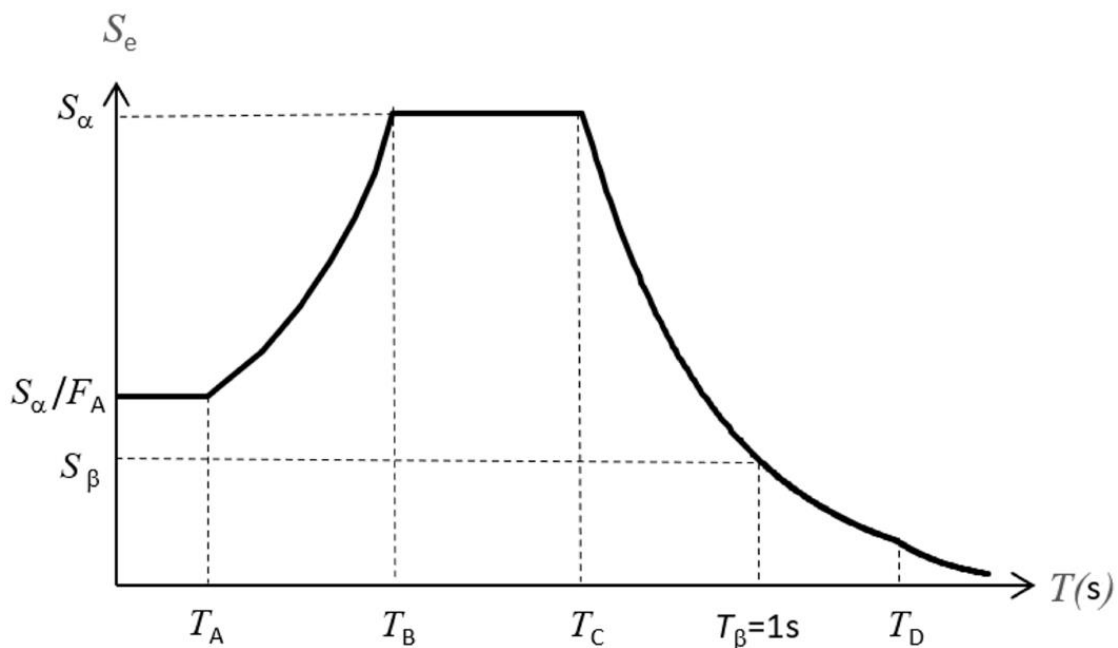
In 2027, the publication of the second generation of the Eurocode 8 (EC8) standard is expected at the European level, and the standard has, in principle, already been approved. Before the adoption of the corresponding Slovenian standard, it is necessary to update the National Annex, which includes new reference seismic hazard maps and performance factors. One of the key novelties is the requirement that the design ground acceleration is no longer based on the peak ground acceleration (PGA), but on two spectral accelerations: one at the vibration period at which the uniform hazard spectrum (UHS) reaches its peak or plateau (S_α), and the other at the vibration period of 1 s (S_β). For major Slovenian settlements, we calculated seismic hazard curves for selected spectral accelerations and UHS spectra for different return periods. We found that the peak of the spectrum is reached at (rounded) vibration periods of 0.10 and 0.15 s. The most important result of this study is the calculation of two versions of the reference map for S_α for the recommended return period of 475 years, as well as performance factors for three limit states and four consequence classes (importance of buildings). These factors were estimated using average ratios of spectral accelerations S_α at different return periods with respect to the reference map for the 475-year return period. Despite the principal adoption of EC8 at the European level, further changes are still possible and may affect the parameters in the National Annex. The purpose of this analysis is therefore to provide expert bases for the Slovenian technical committee for EC8 (SIST/TC 250 SC 8).

Uvod

Zakonodaja o potresno odporni gradnji

Temelj slovenske zakonodaje o potresno odporni gradnji je Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov (Ur. l. RS, št. 101/2005), ki predpisuje obvezno uporabo standarda Evrokod 8 (EC8) (SIST EN 1998-1:2005/AC:2009) in Nacionalnega dodatka (SIST EN 1998-1:2005/A101:2005/A101:2009/AC:2022) k standardu EC8. Po Zakonu o državni meteorološki, hidrološki, oceanografski in seizmološki službi (ZDMHS) je Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) kot organ v sestavi ministrstva, pristojnega za varstvo okolja, obvezana za izdelavo ocene potresne nevarnosti ter drugih strokovnih podlag in ocen potrebnih veličin (Ur. l. RS, št. 60/2017, 5. in 13. člen).

EC8 določa, da je osnovni parameter potresne nevarnosti projektni pospešek tal, ki je enak vršnemu pospešku tal (angl. peak ground acceleration) PGA za povratno dobo 475 let in za trdna tla (tip tal A po EC8). PGA je največja absolutna vrednost pospeška na prostem površju; enaka je spektralnemu pospešku (SA) pri nihajnem času 0 in določa obliko elastičnega spektra odziva, kot je definiran v drugi generaciji EC8 (slika 1). Povratna doba je povprečen čas med prekoračitvami vrednosti pospeška tal na dani lokaciji. Priporočena doba 475 let ustreza 90 % verjetnosti, da vrednosti na karti ne bodo presežene v 50 letih, kar je predvidena življenjska doba navadnih objektov. Za pomembne objekte (npr. šole, bolnišnice) se uporablja faktor pomembnosti stavb, ki je podan v EC8, ali ustrezno večja povratna doba.



Slika 1: Elastični spekter odziva S_e ter nihajni časi (T_A , T_B , T_C in T_D), ki določajo obliko spektra EC8. V sedanjem EC8 je spekter sidran na začetek spektra ($PGA = S_\alpha/F_A$), v drugi generaciji standarda EC8 pa vrednosti določata parametra $S_\alpha = S_e$ (izravnava) in $S_\beta = S_e$ (1 s). Priporočena vrednost faktorja F_A je 2,5. Slika je prizveta iz novega EC8 (EN 1998-1-1:2024, Figure 5.1– Elastic response spectrum shape).

Figure 1: Elastic response spectrum S_e and periods (T_A , T_B , T_C and T_D) that determine spectral shape EC8 standard. In the current EC8, the spectrum is based on the spectral acceleration at period 0 s ($PGA = S_\alpha/F_A$), while in the second generation of EC8 standard spectrum depends on parameters $S_\alpha = S_e$ on spectrum plateau, and $S_\beta = S_e$ (1 s). Reference value of F_A is 2.5. The figure is taken from the new EC8 (EN 1998-1-1:2024, Figure 5.1– Elastic response spectrum shape).

Model potresne nevarnosti Slovenije in pregledovalnik (2021)

Leta 2021 je ARSO izdal novo karto potresne nevarnosti Slovenije (ARSO, 2022; Šket Motnikar in drugi, 2022a, 2022b; Zupančič in drugi, 2024; Atanackov in drugi 2021a, 2021b, 2022; Živčič in drugi, 2018), ki prikazuje projektni pospešek tal v skladu z zahtevami EC8. Vrednosti na karti so razvrščene v razrede širine 0,025 g (zemeljski gravitacijski pospešek) in zaokrožene na zgornjo mejo razredov (med 0,1 g in 0,325 g).

Karta je od 1. maja 2024 uradna priloga Nacionalnega dodatka k EC8 (SIST EN 1998-1:2005/A101:2005/A101:2009/AC:2022). Skupaj s Tolmačem karte in Pregledovalnikom je dostopna tudi na spletnih straneh ARSO (ARSO, 2022).

Poleg uradne karte projektnega pospeška tal smo z modelom potresne nevarnosti iz leta 2021 izračunali še druge informativne rezultate, ki so dostopni v pregledovalniku:

- krivulje potresne nevarnosti za 22 naselij;
- spekter enotne potresne nevarnosti (angl. uniform hazard spectra - UHS) za 22 naselij za povratno dobo 475 let;
- karte PGA za povratne dobe 95, 195, 475, 975, 2475 in 4975 let;
- karte spektralnih pospeškov (SA) za povratno dobo 475 let za 10 nihajnih časov.

Med temi rezultati sta tudi karti SA(0,1 s) in SA(1 s), ki bi po eni od različic lahko opredeljevala elastični spekter odziva po novem EC8.

Spremenjene zahteve v novem EC8 za določitev potresne nevarnosti

Leta 2024 je bil na evropskem nivoju v sklopu druge generacije standardov Evrokod načelno sprejet in izdan nov evropski standard Evrokod 8, del 1-1 (EN 1998-1-1:2024), vendar v Sloveniji še ni sprejet kot nacionalni standard. Drugi del (FprEN 1998-1-2:2025) je na evropski ravni že ratificiran, a še ni objavljen. V nadaljevanju bomo oba dela naslavljali kot »*novi EC8*«. Preostali deli ne vplivajo na analize tega prispevka. Pred sprejetjem standardov v Sloveniji je potrebno pripraviti tudi ustrezno posodobljen Nacionalni dodatek. Zato moramo pripraviti novo karto potresne nevarnosti Slovenije, ki bo usklajena z zahtevami novega EC8. V nadaljevanju opisujemo bistvene spremembe novega standarda, ki vplivajo na določitev parametrov za oceno potresne nevarnosti.

Elastični spekter odziva

Ena od ključnih sprememb v novem EC8 je, da elastični spekter odziva ni več določen s parametrom PGA, ki je enak spektralnemu pospešku pri nihajnem času 0 s. Nadomeščata ga parametra S_a , ki je enak spektralnemu pospešku na izravnavi spektra, in S_b , ki je enak spektralnemu pospešku pri nihajnem času 1 s (slika 1). Tako kot doslej pa se referenčne vrednosti pospeška izračunajo za povratno dobo 475 let ($S_{a,475}$ ter $S_{b,475}$) in za trda tla oz. vrsto tal A.

Mejna stanja in razredi posledic (pomembnost stavb)

Nova generacija EC8 (EN 1998-1-1:2024) predpisuje štiri mejna stanja (limit states) LS. Prvi dve mejni stanji opisujeta nevarnost porušitve, medtem ko drugi dve opredeljujeta mejni stanji uporabnosti stavb (serviceability LS):

- *NC (Near Collapse)*: stavba ima večje konstrukcijske poškodbe, z velikimi trajnimi zamiki (drift) in zelo zmanjšano preostalo bočno nosilnostjo in togostjo, vendar navpični

nosilni elementi še vedno nosijo gravitacijsko obtežbo. Večina nekonstrukcijskih elementov (predelne stene, obloge, elementi fasad) je porušena. Konstrukcija se včasih še lahko popravi.

- *SD (Significant Damage)*: konstrukcija je znatno poškodovana, nekaj preostale bočne nosilnosti in togosti še ostaja, navpični elementi še nosijo navpično obtežbo, nekonstrukcijski elementi so poškodovani, vendar večinoma neporušeni. Trajni zamiki so zmerni, popravila pa so običajno ekonomsko vprašljiva.
- *DL (Damage Limitation)*: konstrukcija je le rahlo poškodovana, trajne deformacije so zanemarljive, konstrukcijski elementi ohranijo praktično vse mehanske lastnosti (trdnost, togost). Nekonstrukcijski elementi lahko kažejo razpokanost, vendar so popravila enostavna in ekonomsko sprejemljiva.
- *OP (Operability)*: Polno operativno stanje pomeni, da je konstrukcija le minimalno poškodovana in popolnoma funkcionalna. To stanje je strožje od DL, saj zahteva neprekinjeno uporabo objekta tudi po potresnem dogodku (npr. bolnišnice, nadzorni centri, kritična infrastruktura).

Polno operativnost stavb (OP) se zahteva samo za kritično infrastrukturo, kjer je nujna neprekinjena operativnost tudi po potresu. Drugi objekti takim zahtevam ne sledijo, zato se bomo v nadaljevanju omejili samo na preostala tri mejna stanja (NC, SD, DL).

Novi EC8 razvršča stavbe v štiri razrede CC (consequence classes) glede na posledice porušitve. V prejšnjem standardu so ti razredi označevali pomembnost stavbe. Posledice upoštevajo verjetnost ogrožanja življenj ter ekonomske in družbene učinke potresov:

- *CC1*: stavbe, pri katerih bi bil učinek porušitve majhen (npr. skladišča, kmetijske stavbe, pomožni objekti);
- *CC2*: običajne stanovanjske in poslovne stavbe;
- *CC3a*: stavbe, katerih porušitev bi povzročila veliko žrtev in velike ekonomske posledice (npr. šole, kulturne ustanove, kongresni centri ...);
- *CC3b*: kritična infrastruktura oz. stavbe, ki morajo ostati operativne tudi po potresu (npr. bolnišnice, centri civilne zaščite, gasilske postaje, energetski objekti).

Zanesljivostni pristop

Novi EC8 pri določanju projektnih vrednosti ne izhaja več iz klasičnega pristopa, kjer bi za vsako mejno stanje (LS) in kategorijo posledic (CC) preprosto izbrali predpisano povratno dobo (npr. 475 ali 2475 let). Namesto tega uvaja *zanesljivostni pristop*, kjer je osnovni parameter *ciljni indeks zanesljivosti* $\beta_{t,LS,CC}$. To je mera za varnost konstrukcije in podaja sprejemljivo verjetnost za prekoračitev mejnega stanja. Drug temeljni parameter je *ciljna letna verjetnost prekoračitve mejnega stanja* $P_{t,LS,CC}$. Poudariti je treba, da se indeks zanesljivosti $\beta_{t,LS,CC}$ nanaša na referenčno obdobje (običajno 50 let), medtem ko indeks t v letni verjetnosti P_t pomeni »target probability« in ne »referenčni čas t let«. Veličini sta neposredno povezani z enačbo (1), ki pove kako pogosto sme konstrukcija v referenčnem obdobju 50 let preseči določeno mejno stanje:

$$\beta_{t,LS,CC} = -\Phi^{-1} \left[1 - (1 - P_{t,LS,CC})^{50} \right] \quad (1)$$

kjer je Φ porazdelitvena funkcija standardizirane normalne porazdelitve. Vrednosti obeh parametrov so podane v preglednici 1 (privzeto iz EN 1998-1-1:2024, Table F.1 in Table F.2).

Preglednica 1: Ciljni indeks zanesljivosti $\beta_{t,LS,CC}$ za obdobje $t = 50$ let (zgoraj) ter ciljne letne verjetnosti prekoračitve $P_{t,LS,CC}$ (spodaj). Privzeto iz EN 1998-1-1:2024, Table F.1 in F.2.

Table 1: Target reliability index $\beta_{t,LS,CC}$ in a 50-year reference period (top, taken from EN 1998-1-1:2024, Table F.1), and target annual probability of exceedance $P_{t,LS,CC}$ (bottom, taken from EN 1998-1-1:2024, Table F.2).

Ciljni indeks zanesljivosti/Target reliability indeks $\beta_{t,LS,CC}$				
Mejno stanje/ Limit state	Razred posledic/Consequence class			
	CC1	CC2	CC3-a	CC3-b
NC	1,75	2,33	2,56	2,91
SD	1,20	1,60	1,76	2,00
DL	0,38	0,50	0,55	0,63

Ciljna letna verjetnost prekoračitve/ Target annual probability of exceedance $P_{t,LS,CC}$				
Mejno stanje/ Limit state	Razred posledic/Consequence class			
	CC1	CC2	CC3-a	CC3-b
NC	$8,2 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$0,4 \times 10^{-4}$
SD	$24,4 \times 10^{-4}$	$11,3 \times 10^{-4}$	$8,0 \times 10^{-4}$	$4,6 \times 10^{-4}$
DL	$87,0 \times 10^{-4}$	$73,5 \times 10^{-4}$	$68,6 \times 10^{-4}$	$61,7 \times 10^{-4}$

Povratna doba potresa

Karta potresne nevarnosti prikazuje projektni pospešek tal za izbrano povratno dobo $T_{LS,CC}$ in ne neposredno za izbrano raven varnosti konstrukcije (ciljni indeks zanesljivosti $\beta_{LS,CC}$). Novi EC8 (EN 1998-1-1:2024) uvaja pristop, pri katerem najprej določimo, kako varna naj bo konstrukcija, nato pa tej zahtevi prilagodimo velikost projektnega potresa. Takšna formulacija izhaja iz kalibracije parcialnih faktorjev za potresno projektiranje in omogoča približno enotno raven zanesljivosti ne glede na lokacijo in stopnjo potresne nevarnosti. Povratna doba, ki ustreza ciljni zanesljivosti za dano mejno stanje LS in razred CC, se po novem EC8 izračuna z enačbo (2)

$$T_{LS,CC} = -t_L / \ln \Phi(0,8 \beta_{t,LS,CC}) \quad , \quad (2)$$

kjer je $t_L = 50$ let, faktor 0,8 pa predstavlja približek, dobljen v postopku projektiranja, s katerim se doseže sprejemljivo ujemanje med ciljno in dejansko doseženo zanesljivostjo konstrukcij.

Osnova predpisov za projektiranje oziroma za izračun referenčne karte $S_{\alpha,475}$ so običajne stavbe (CC2) ter mejno stanje SD. Za vse druge kombinacije mejnih stanj LS in razredov posledic porušitve CC je treba uporabiti druge povratne dobe ali pa referenčne vrednosti pospeškov pomnožiti s faktorjem zmogljivosti (angl. performance factor) $\gamma_{LS,CC}$. Priporočene povratne dobe $T_{LS,CC}$ in faktorji zmogljivosti so podani v 2. delu novega EC8 (preglednica 2 oz. FprEN 1998-1-2:2025, Table 4.3 and 4.4).

Preglednica 2: Priporočene povratne dobe $T_{LS,CC}$ v letih (zgoraj, privzeto iz FprEN 1998-1-2:2025, Table 4.3) ter priporočeni faktorji zmogljivosti $\gamma_{LS,CC}$ (spodaj, FprEN 1998-1-2:2025, Table 4.4).

Table 2: Recommended return periods $T_{LS,CC}$ in years (top, taken from FprEN 1998-1-2:2025, Table 4.3) and recommended performance factors $\gamma_{LS,CC}$ (bottom, taken from FprEN 1998-1-2:2025, Table 4.4)

Priporočene povratne dobe (let)/Recommended return periods (years) T				
Mejno stanje/ Limit state	Razred posledic/Consequence class			
	CC1	CC2	CC3-a	CC3-b
NC	600	1600	2500	5000
SD	275	475	600	900
DL	100	115	125	140

Priporočeni faktorji zmogljivosti/Recommended performance factors $\gamma_{LS,CC}$				
Mejno stanje/ Limit state	Razred posledic/Consequence class			
	CC1	CC2	CC3-a	CC3-b
NC	1,10	1,50	1,75	2,20
SD	0,80	1,00	1,10	1,25
DL	0,60	0,60	0,65	0,65

Ocena potresne nevarnosti, usklajena s predvidenimi spremembami v novem EC8

Koncept

Vse izračune za pripravo strokovnih podlag za nove karte potresne nevarnosti smo naredili v programu OpenQuake (GEM, 2026; Pagani in drugi, 2014), podatke pa smo privzeli neposredno iz modela potresne nevarnosti 2021, ki je bil razvit za trenutno uradno karto potresne nevarnosti (ARSO, 2022). Da bi ugotovili, pri katerih nihajnih časih spektralni pospešek doseže vrh oz. izravnavo spektra, smo najprej za izbrana slovenska naselja izračunali spektre potresne nevarnosti. Za nihajne čase na širšem območju izravnave spektra smo nato izračunali spektralne pospeške, ki bodo osnova za karto $S_{\alpha,475}$. Novi EC8 (EN 1998-1-1:2024, str. 37) za določitev karte $S_{\beta,475}$ dopušča dva načina: neposredno z izračunom iz modela potresne nevarnosti, ali pa posredno z enačbo (3). Pri posrednem načinu parameter $S_{\alpha,475}$ pomnožimo s faktorjem f_h , pri čemer vrednost (0,2, 0,3 ali 0,4) določimo glede na stopnjo seizmičnosti (t.j. $S_{\alpha,475}$ je pod 0,25 g, med 0,25 in 0,5 g, ali nad 0,5 g).

$$S_{\beta,475} = f_h S_{\alpha,475} \quad (3)$$

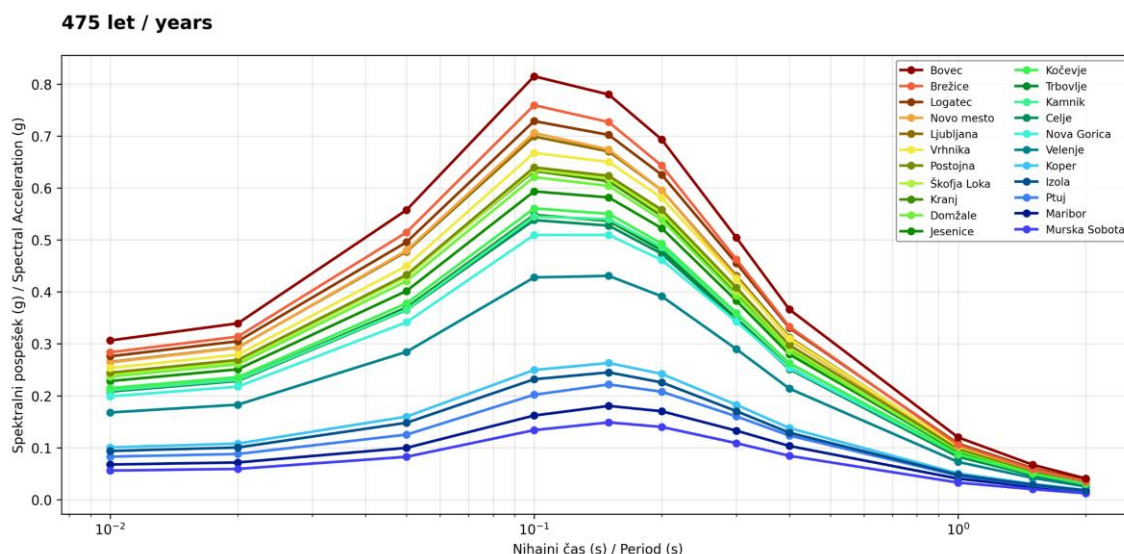
Za projektiranje v Sloveniji predlagamo drugo možnost, kot je argumentirano v (Dolšek, 2024), zato se v nadaljevanju osredotočamo le na izračun karte $S_{\alpha,475}$.

V naslednjem koraku smo preverili priporočene faktorje zmogljivosti. Za vse priporočene povratne dobe T smo na podlagi povprečnega razmerja med kartama $S_{\alpha,T}$ in $S_{\alpha,475}$ ocenili faktorje zmogljivosti in jih primerjali s priporočenimi vrednostmi.

Izračun spektra enotne potresne nevarnosti (UHS) za priporočene povratne dobe

Novi EC8 predpisuje karto spektralnega pospeška pri tistem nihajnem času, kjer je dosežen vrh oz. izravnava spektra enotne potresne nevarnosti *UHS*. Spektre smo določili na podlagi omejenega nabora (11 nihajnih časov) spektralnih pospeškov, za katere so na voljo enačbe v

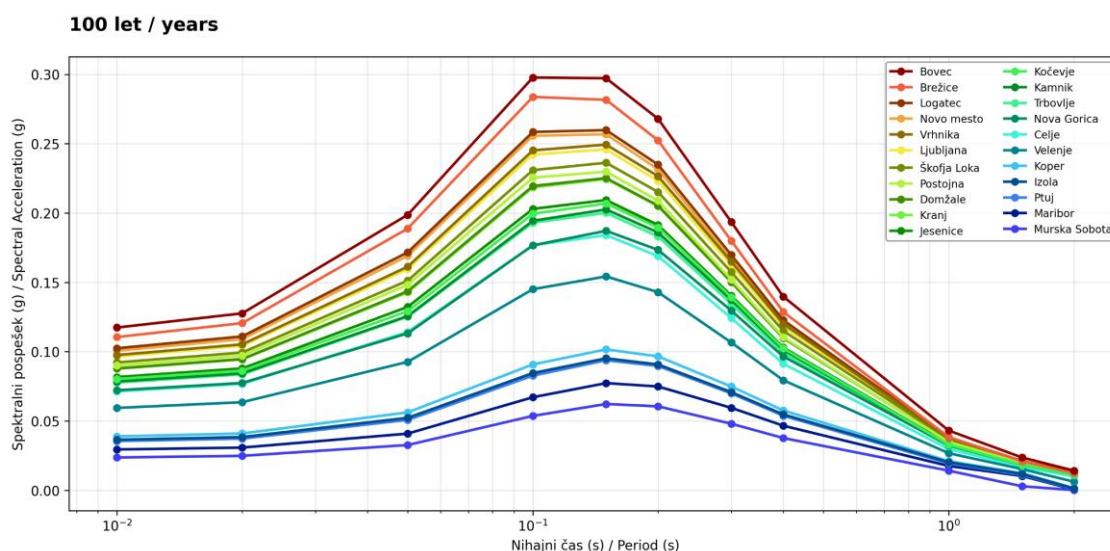
modelu pojemanja pospeška. Potencialni nihajni časi na širšem območju izravnave spektra so 0,05 s, 0,1 s, 0,15 s, 0,2 s in 0,3 s. Kot je razvidno pri priporočeni referenčni povratni dobi 475 let, je vrh pri slovenskih naseljih dosežen večinoma pri 0,1 s, pri naseljih z manjšo potresno nevarnostjo pa je vrh pri 0,15 s (slika 2).



Slika 2: Spekter enotne potresne nevarnosti (UHS) za referenčno povratno dobo 475 let za izbrane kraje v Sloveniji. Tople barve predstavljajo kraje z višjo potresno nevarnostjo, hladne pa kraje z nižjo potresno nevarnostjo.

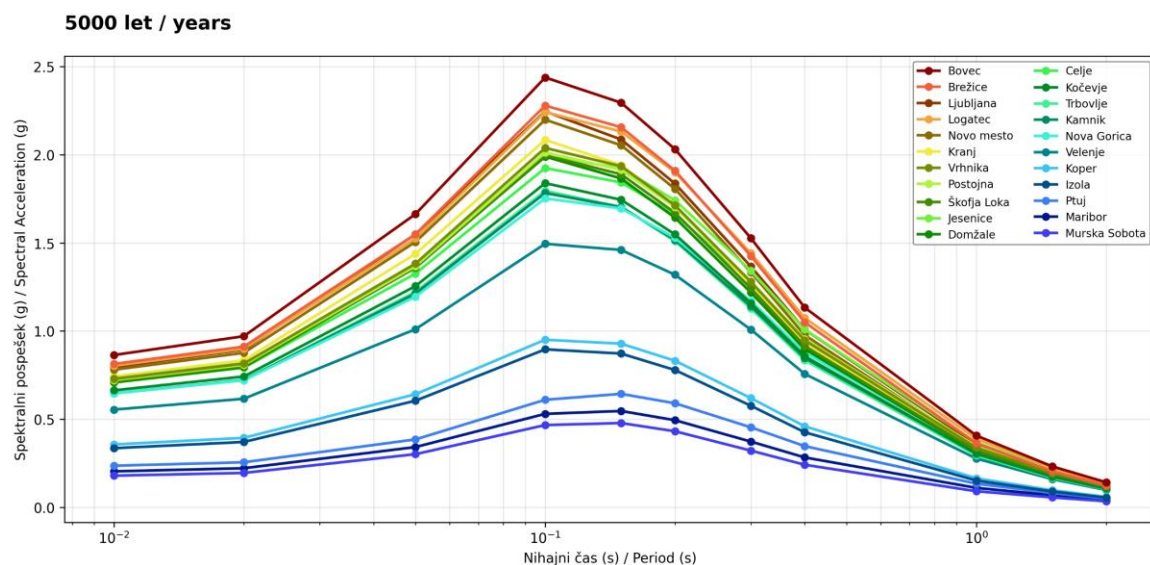
Figure 2: Uniform hazard spectra (UHS) for reference 475-year return period for selected towns in Slovenia. Warm colours represent localities with increased seismic hazard, while cold colours represent localities with lower seismic hazard.

Preveriti je treba še, ali vrhovi spektra pri drugih priporočenih povratnih dobah (preglednica 2) sovpadajo z enakimi nihajnimi časi. To smo potrdili na slikah za najmanjšo povratno dobo 100 let (slika 3) in za največjo povratno dobo 5000 let (slika 4), pa tudi za vse vmesne povratne dobe (115, 125, 140, 275, 600, 900, 1600, 2500 let), (slika 5).



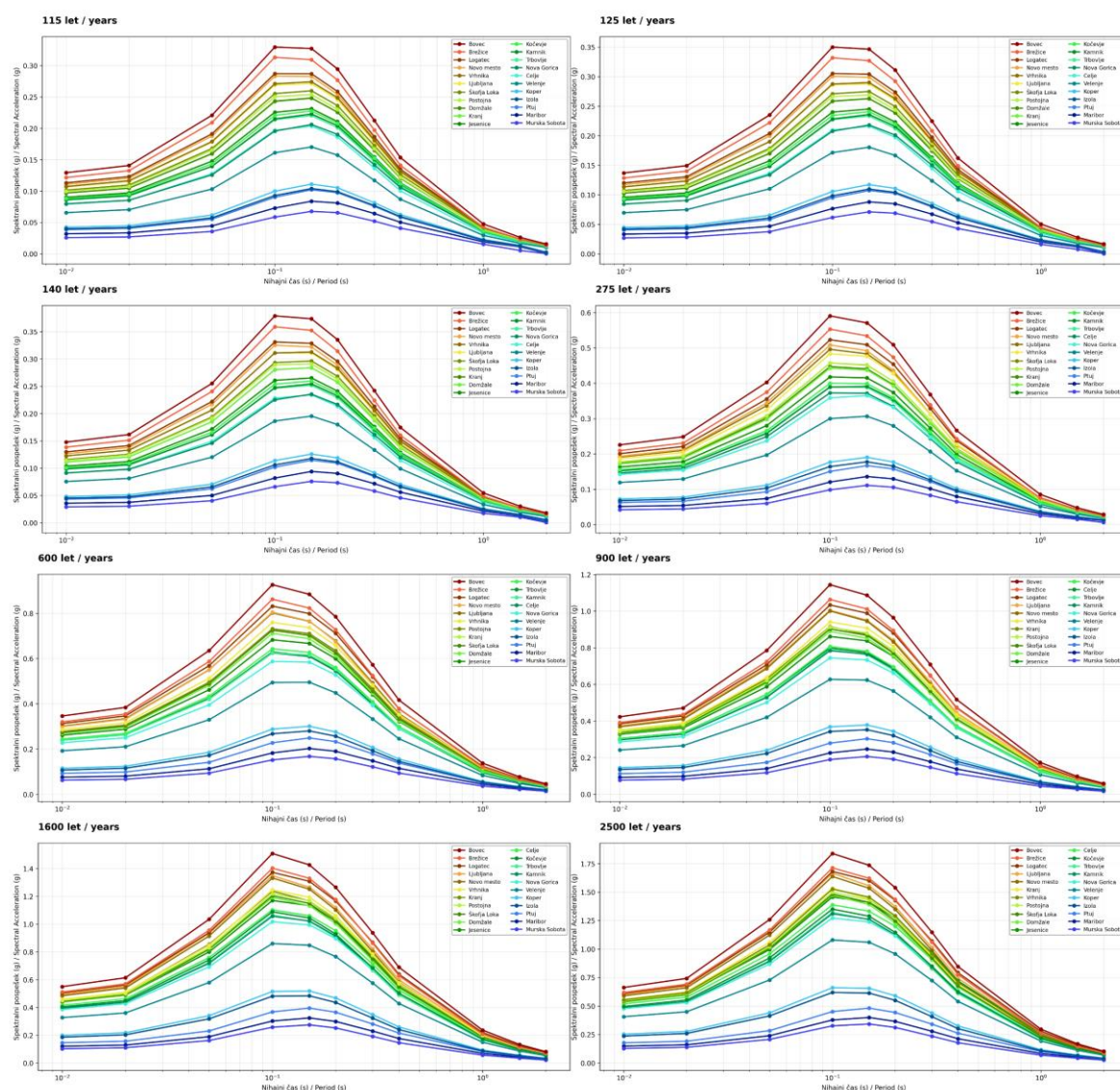
Slika 3: Spekter enotne potresne nevarnosti (UHS) za povratno dobo 100 let za izbrane kraje v Sloveniji. Tople barve predstavljajo kraje z višjo potresno nevarnostjo, hladne pa kraje z nižjo potresno nevarnostjo.

Figure 3: Uniform hazard spectra (UHS) for 100-year return period for selected towns in Slovenia. Warm colours represent localities with increased seismic hazard, while cold colours represent localities with lower seismic hazard.



Slika 4: Spekter enotne potresne nevarnosti (UHS) za referenčno povratno dobo 5000 let za izbrane kraje v Sloveniji. Tople barve predstavljajo kraje z višjo potresno nevarnostjo, hladne pa kraje z nižjo potresno nevarnostjo.

Figure 4: Uniform hazard spectra (UHS) for reference 5000-year return period for selected towns in Slovenia. Warm colours represent localities with increased seismic hazard, while cold colours represent localities with lower seismic hazard.



Slika 5: Spekter enotne potresne nevarnosti za povratne dobe 115, 125, 140, 275, 600, 900, 1600 in 2500 let za izbrane kraje v Sloveniji. Tople barve predstavljajo kraje z višjo potresno nevarnostjo, hladne pa kraje z nižjo potresno nevarnostjo.

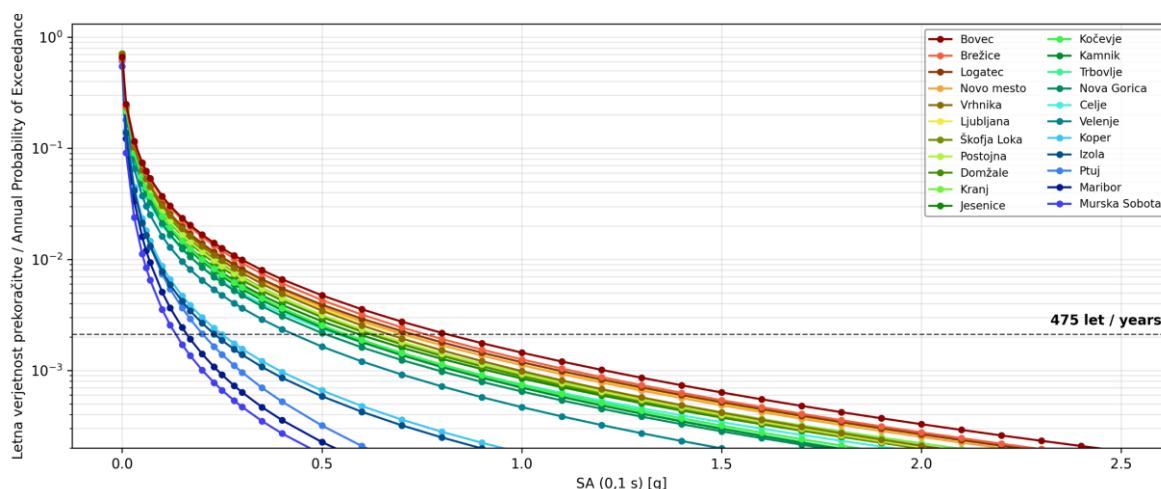
Figure 5: Uniform hazard spectra (UHS) for return period of 115, 125, 140, 275, 600, 900, 1600 and 2500-years for selected towns in Slovenia. Warm colours represent localities with increased seismic hazard, while cold colours represent localities with lower seismic hazard.

Na spektrih UHS za vse obravnavane povratne dobe je razvidno, da je pri naseljih z večjo potresno nevarnostjo vrh spektra pri periodi 0,1 s, pri naseljih z manjšo potresno nevarnostjo pa je vrh dosežen pri periodi 0,15 s. Z naraščanjem povratne dobe se meja med »vršno periodo« 0,1 s in 0,15 s premika od naselij z večjo proti naseljem z manjšo potresno nevarnostjo. Pri povratni dobi 475 let se sprememba zgodi pri Novi Gorici, kjer je PGA okrog 0,2 g in SA(0,1 s) okrog 0,5 g. Pri povratni dobi 100 let je ta meja pri naseljih s PGA okrog 0,1 g oz. SA(0,1 s) okrog 0,25 g (Novo mesto, Logatec). Pri povratni dobi 5000 let pa je sprememba vršne periode pri naseljih s PGA okrog 0,3 g oz. SA(0,1 s) okrog 0,75 g (Ptuj, Izola). Opisan premik vršne periode je pričakovan, saj so območja z manjšo potresno nevarnostjo praviloma

bolj oddaljena od žarišč potresov. Zaradi večjih razdalj se visokofrekvenčne komponente valovanja med potovanjem močnejše dušijo, zato v teh krajih prevlada valovanje daljših period. Pri zelo dolgih povratnih dobah pa k potresni nevarnosti bistveno prispevajo najmočnejši potresi, ki imajo izrazite visokofrekvenčne komponente, zaradi česar se vrh spektra lahko ponovno pomakne proti krajšim periodam.

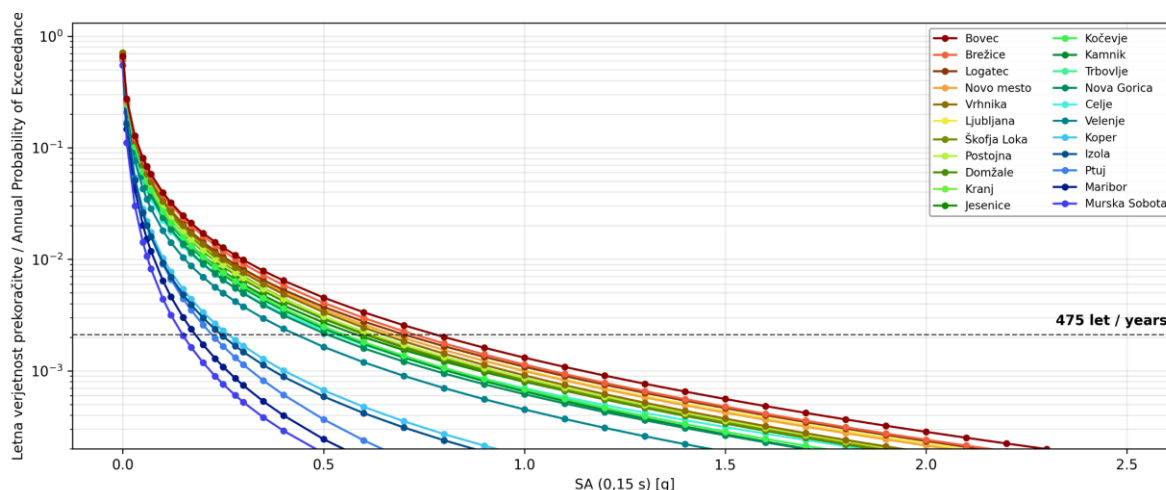
Izračun krivulj potresne nevarnosti za SA

Glede na ugotovitve v prejšnjem poglavju bodo v novem EC8 elastični spektri temeljili na spektralnih pospeških na širšem območju izravnave spektra. Najbolj ustrezne krivulje SA pri nihajnih časih 0,1 s, 0,15 s ter pri 1 s so prikazane na slikah 6, 7 in 8. Zaradi povezave s sedanjim EC8 dodajamo še krivuljo PGA (slika 9).



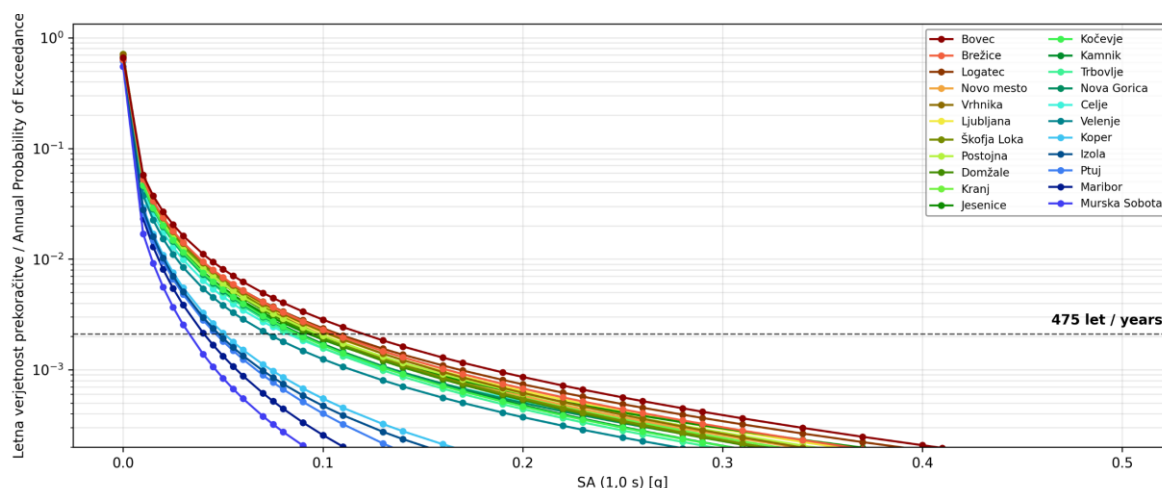
Slika 6: Krivulje potresne nevarnosti za spektralni pospešek pri nihajnem času 0,1 s za izbrane kraje v Sloveniji. Tople barve predstavljajo kraje z višjo potresno nevarnostjo, hladne pa kraje z nižjo potresno nevarnostjo.

Figure 6: Seismic hazard curves for spectral acceleration at period 0.1 s for selected towns in Slovenia. Warm colours represent localities with increased seismic hazard, while cold colours represent localities with lower seismic hazard.



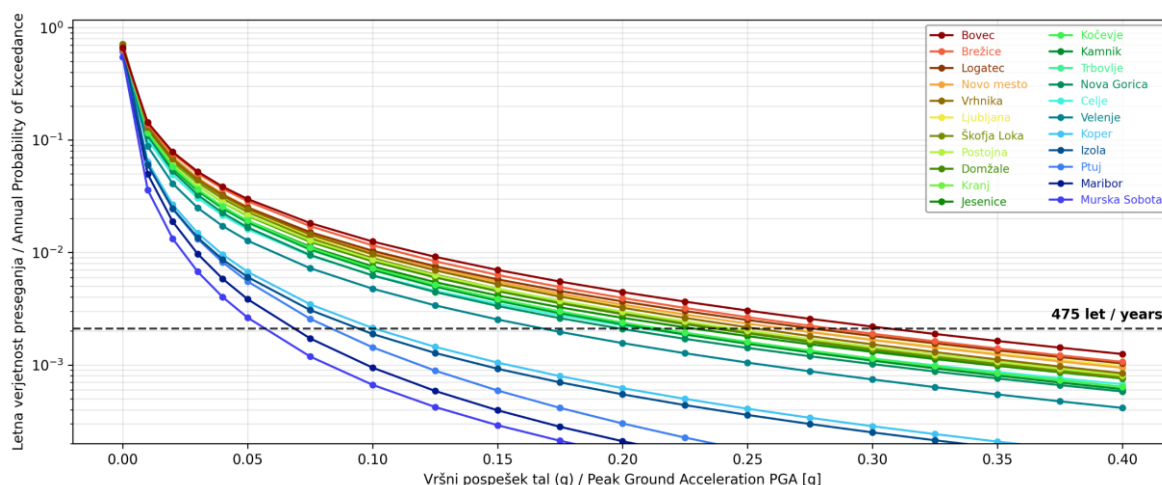
Slika 7: Krivulje potresne nevarnosti za spektralni pospešek pri nihajnem času 0,15 s za izbrane kraje v Sloveniji. Tople barve predstavljajo kraje z višjo potresno nevarnostjo, hladne pa kraje z nižjo potresno nevarnostjo.

Figure 7: Seismic hazard curves for spectral acceleration at period 0.15 s for selected towns in Slovenia. Warm colours represent localities with increased seismic hazard, while cold colours represent localities with lower seismic hazard.



Slika 8: Krivulje potresne nevarnosti za spektralni pospešek pri nihajnem času 1 s za izbrane kraje v Sloveniji. Tople barve predstavljajo kraje z višjo potresno nevarnostjo, hladne pa kraje z nižjo potresno nevarnostjo.

Figure 8: Seismic hazard curves for spectral acceleration at period 1 s for selected towns in Slovenia. Warm colours represent localities with increased seismic hazard, while cold colours represent localities with lower seismic hazard.



Slika 9: Krivulje potresne nevarnosti za vršni pospešek tal PGA za izbrane kraje v Sloveniji. Tople barve predstavljajo kraje z višjo potresno nevarnostjo, hladne pa kraje z nižjo potresno nevarnostjo.

Figure 9: Seismic hazard curves for PGA for selected towns in Slovenia. Warm colours represent localities with increased seismic hazard, while cold colours represent localities with lower seismic hazard.

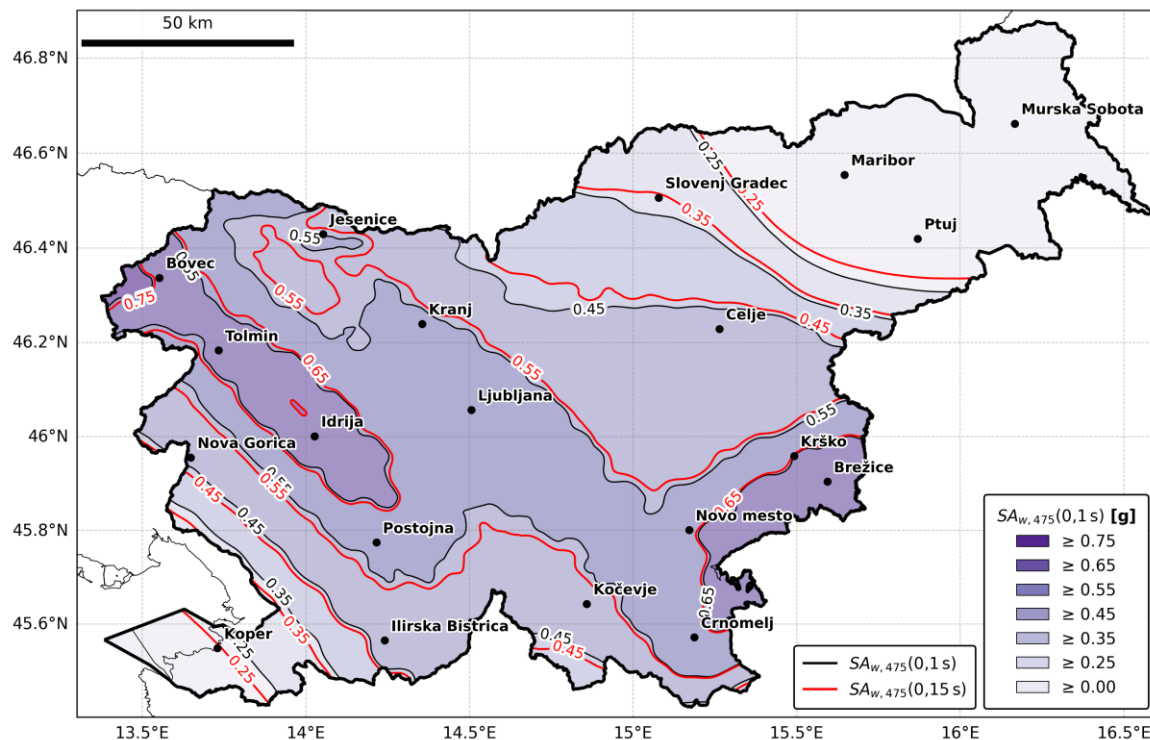
Izračun kart, ki bodo osnova za karte $S_{a,T}$ za priporočene povratne dobe T

Po priporočilu slovenskega tehničnega odbora za EC8 (SIST/TC 250 SC 8) in podpornega oz. razlagalnega dokumenta (BGD_FprEN1998-1-1:2024, str. 61–62 ter Tabela 1) smo za določitev S_a uporabili uteženo povprečje SA_w treh ali petih sosednjih spektralnih pospeškov namesto enega spektralnega pospeška, ki doseže vrh spektra:

$$SA_w(0,1s) = SA(0,05s)/4 + SA(0,10s)/2 + SA(0,15s)/4, \quad \text{če je vrh pri } 0,10s \text{ in} \quad (4a)$$

$$SA_w(0,15s) = SA(0,05s)/24 + 7SA(0,10s)/24 + SA(0,15s)/3 + 7SA(0,20s)/24 + SA(0,25s)/24, \quad \text{če je vrh pri } 0,15s. \quad (4b)$$

Osnova za ta predpis je postopek izračuna karte $S_{\alpha,475}$ za projekt Evropske karte potresne nevarnosti ESHM20 (Danciu in drugi, 2024), ki je v EC8 (Aneks A) podana kot informativna karta. V ESHM20 so sicer uporabili srednje (mediana) vrednosti spektralnih pospeškov, na slovenski karti pa so podane povprečne (mean) vrednosti. V nadaljevanju smo vse spremenljivke, ki so dobljene na podlagi uteženega povprečja spektralnih pospeškov SA_w , označili z indeksom w (npr. $SA_{w,T}(0,1s)$, $S_{w,\alpha,475}$). Zaradi primerjave pa smo kot eno od različic parametra S_{α} na izravnavi spektra izračunali tudi karto brez uteževanja (slika 12 b). Tako lahko ocenimo, kolikšen je vpliv uteževanja spektralnih pospeškov.

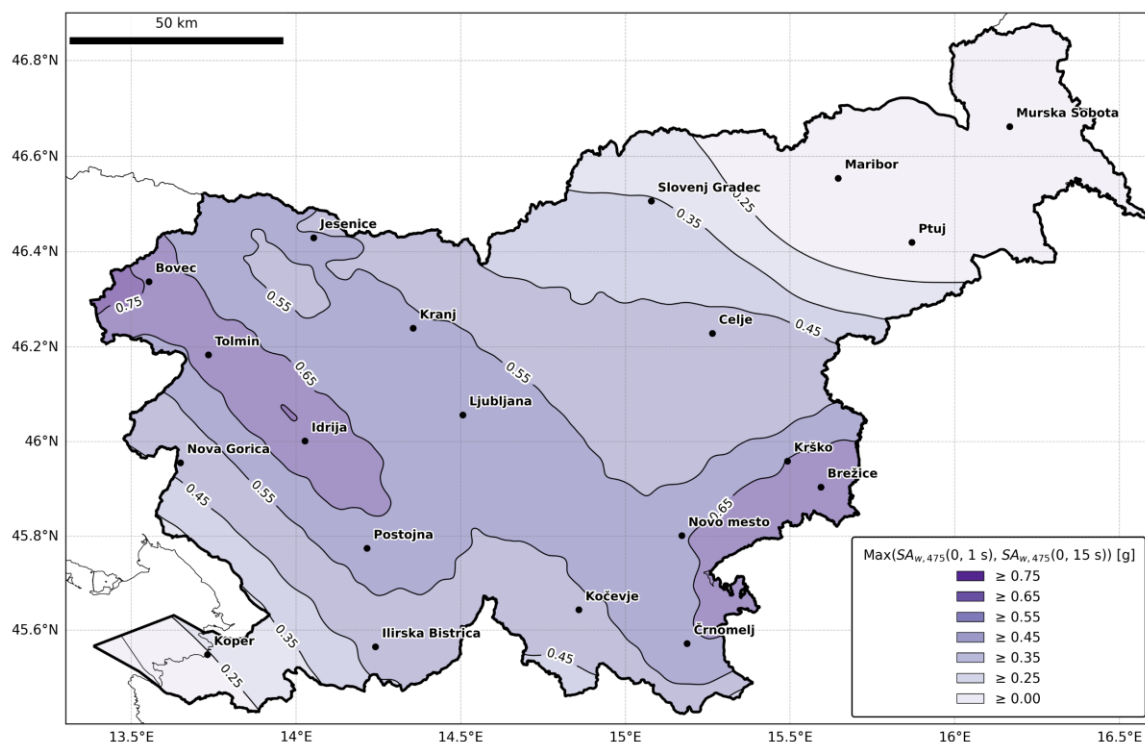


Slika 10: Barvna podlaga predstavlja karto $SA_{w,475}(0,1 s)$, rdeče izolinije pa $SA_{w,475}(0,15 s)$ za povratno dobo 475 let. Vrednosti $SA_{w,475}(0,1 s)$ in $SA_{w,475}(0,15 s)$ so določene z enačbama 4a in 4b.

Figure 10: Colours on the map represent weighted spectral acceleration $SA_{w,475}(0,1 s)$, with red isolines of $SA_{w,475}(0,15 s)$, both for the reference return period of 475 years. $SA_{w,475}(0,1 s)$ and $SA_{w,475}(0,15 s)$ values are determined with equations 4a in 4b.

Za vse priporočene povratne dobe T iz preglednice 2 smo izračunali karte spektralnih pospeškov $SA(0,1 s)$ in $SA(0,15 s)$ ter karte uteženih spektralnih pospeškov $SA_w(0,1 s)$ in $SA_w(0,15 s)$. Za referenčno povratno dobo 475 let so razlike med obema paroma kart majhne, a ne zanemarljive (slika 10 prikazuje razliko za utežene SA). Kart za druge povratne dobe v tem članku ne prikazujemo, a smo jih izračunali in uporabili pri oceni faktorjev zmogljivosti, kot je opisano v naslednjem poglavju.

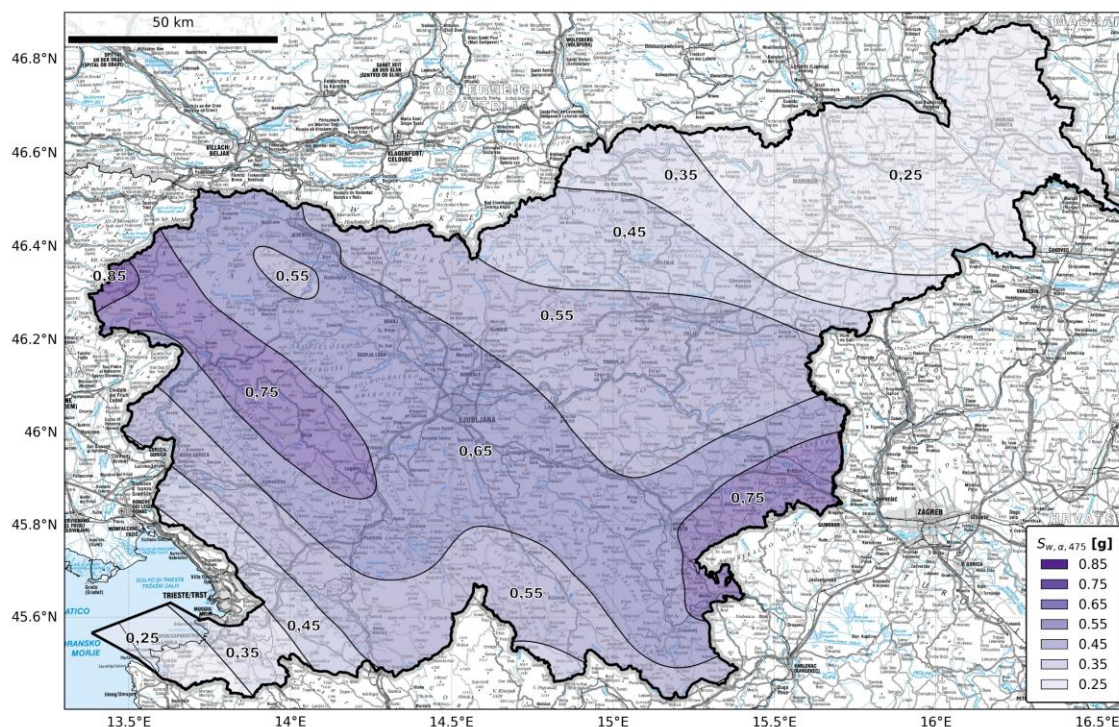
Za novo referenčno karto potresne nevarnosti na izravnavi spektra $S_{\alpha,475}$ predlagamo kombinacijo kart $SA_{w,475}(0,1 s)$ in $SA_{w,475}(0,15 s)$ in sicer na vsaki lokaciji večjo od obeh vrednosti (slika 11). Enako kot za referenčno povratno dobo 475 let smo izračunali še karte za druge priporočene povratne dobe od 100 do 5000 let.



Slika 11: Vrednost na vsaki lokaciji predstavlja večjo od vrednosti $SA_{w,475}(0,1s)$ in $SA_{w,475}(0,15s)$, in je osnova za referenčno karto S_{α} , usklajeno s predvidenimi spremembami v novem EC8.

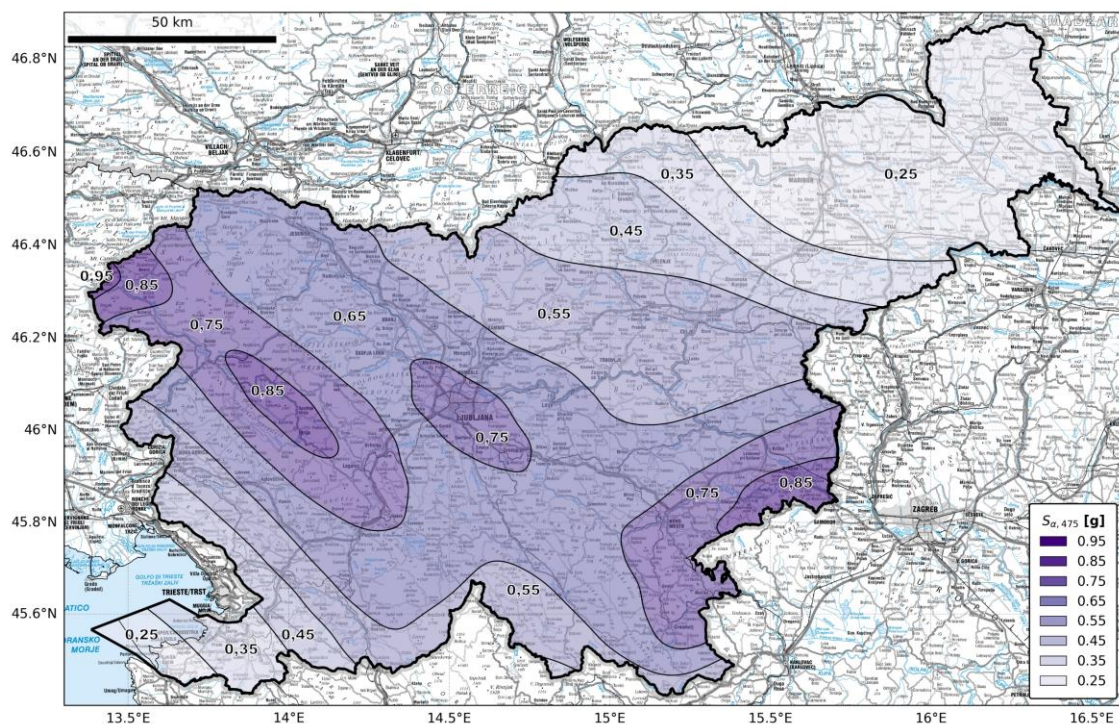
Figure 11: On each location, the larger of the $SA_{w,475}(0,1s)$ and $SA_{w,475}(0,15s)$ values represent the base for the S_{α} map, harmonized with the expected changes in new EC8.

Da oblikujemo končno referenčno karto na izravnavi spektra $S_{w,\alpha,475}$, moramo narediti še nekaj korakov (slika 12a). Vrednosti smo izračunali v mreži celic 3×3 km znotraj Slovenije, ki smo jih z uporabo kubične interpolacije pretvorili v zvezno polje. Nato smo jih zgladili z dvodimenzionalno Gaussovo konvolucijo, s čimer smo ublažili hitra nihanja v podatkih. Vrednosti pospeška so razvrščene v razrede in zaokrožene na zgornjo mejo razreda. Spodnja vrednost pospeška za projektiranje na predlagani karti je 0,25 g, kar ustreza pragu 0,1 g na trenutno uradni karti projektnega pospeška tal (PGA). Za geodetsko podlago smo privzeli Državno pregledno karto merila 1:500.000 (GURS, 2026). Za primerjavo smo izračunali še različico karte $S_{\alpha,475}$, dobljeno na podlagi neuteženih spektralnih pospeškov $SA(0.10 s)$ in $SA(0.15 s)$, kjer so vrednosti pričakovano večje, saj odražajo »špic« spektra (slika 12b), medtem ko karta z uteženimi vrednostmi (slika 12a) predstavlja širše območje izravnave spektra. Primerjava obeh kart je prikazana na sliki 13.



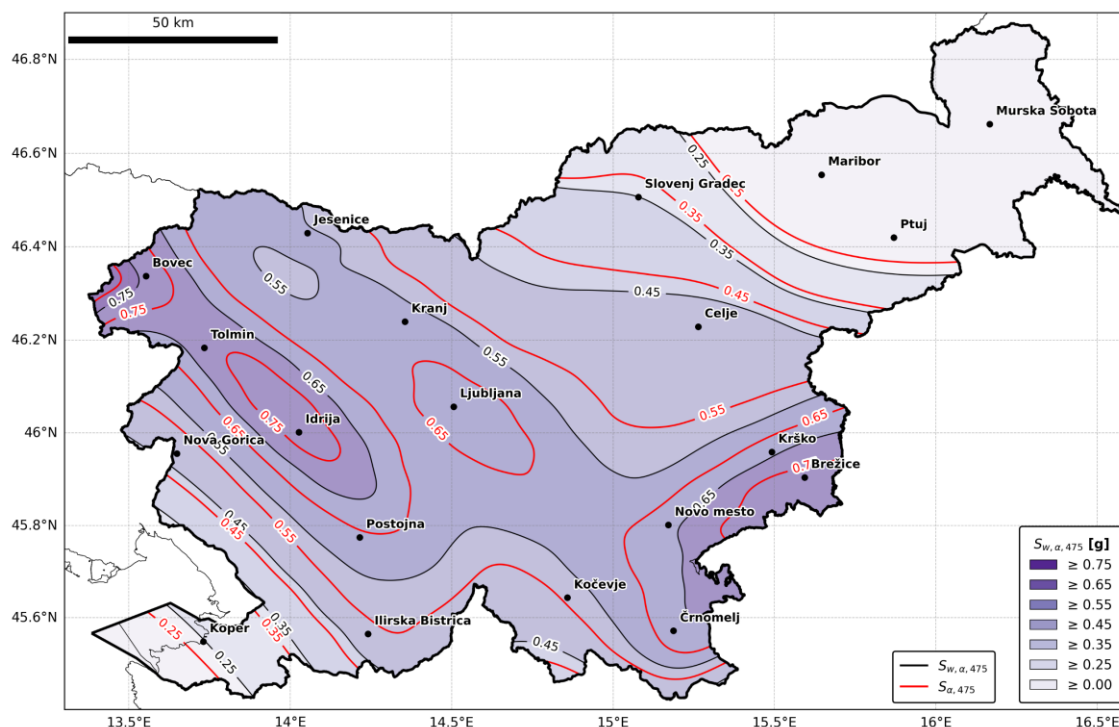
Slika 12a: Predlagana karta na izravnani spektra $S_{w, \alpha, 475}$ je usklajena s predvidenimi spremembami v EC8. Ob dokončni potrditvi novega EC8 in po usklajevanju s Tehnično komisijo pri Slovenskem inštitutu za standardizacijo SIST bi ta karta lahko predstavljala uradno referenčno karto S_{α} v novem Nacionalnem dodatku k EC8.

Figure 12a: The proposed map of the smoothed spectrum $S_{w, \alpha, 475}$ is aligned with the planned changes in EC8. Upon final approval of the new EC8 and after coordination with the Technical Committee at the Slovenian Institute for Standardization (SIST), this map could present official reference map S_{α} in the new National Annex to EC8.



Slika 12b: Varianta nove referenčne karte $S_{\alpha, 475}$, ki odraža vrednosti na »špicah« spektra.

Figure 12b: A variant of the new reference map $S_{\alpha, 475}$, reflecting values at the peak of the spectrum.



Slika 13: Razlika med izolinijami kart $S_{\alpha,475}$ in $S_{w,\alpha,475}$. Barvna podlaga predstavlja različne vrednosti $S_{w,\alpha,475}$, rdeče izolinije pa $S_{\alpha,475}$.

Figure 13: Difference between $S_{\alpha,475}$ and $S_{w,\alpha,475}$ maps. Coloured background represent different values of $S_{w,\alpha,475}$, and the red isolines represent $S_{\alpha,475}$.

Faktor zmogljivosti $\gamma_{s,cc}$

Faktor zmogljivosti za vsako mejno stanje LS in za vsak razred posledic CC določa vrednost, s katero moramo pri projektiranju pomnožiti referenčno vrednost $S_{\alpha,475}$ oz. $S_{w,\alpha,475}$. Priporočene vrednosti faktorjev iz preglednice 2 smo preverili tako, da smo izračunali povprečna razmerja med kartami $S_{w,\alpha,100}/S_{w,\alpha,475}$..., $S_{w,\alpha,5000}/S_{w,\alpha,475}$. Povprečne, najmanjše in največje vrednosti razmerij so prikazane v preglednici 3, ustrezni zaokroženi faktor zmogljivosti pa v Preglednici 4. Zaradi primerjave s priporočenimi faktorji zmogljivosti (preglednica 2) smo vrednosti zaokrožili na dve decimalni mesti, oziroma na 0,05 v preglednici 4. Ugotovili smo, da so razlike med ocenjenimi in priporočenimi faktorji zmogljivosti precej velike. Predlagamo, da se ocenjene vrednosti uvedejo v Nacionalni dodatek k novemu EC8.

Preglednica 3: Najmanjše, povprečno in največje razmerje med vrednostmi na kartah $S_{w,\alpha,T}/S_{w,\alpha,475}$

Table 3: Minimum, average and maximum value of ratio between values on the maps $S_{w,\alpha,T}$ and $S_{w,\alpha,475}$.

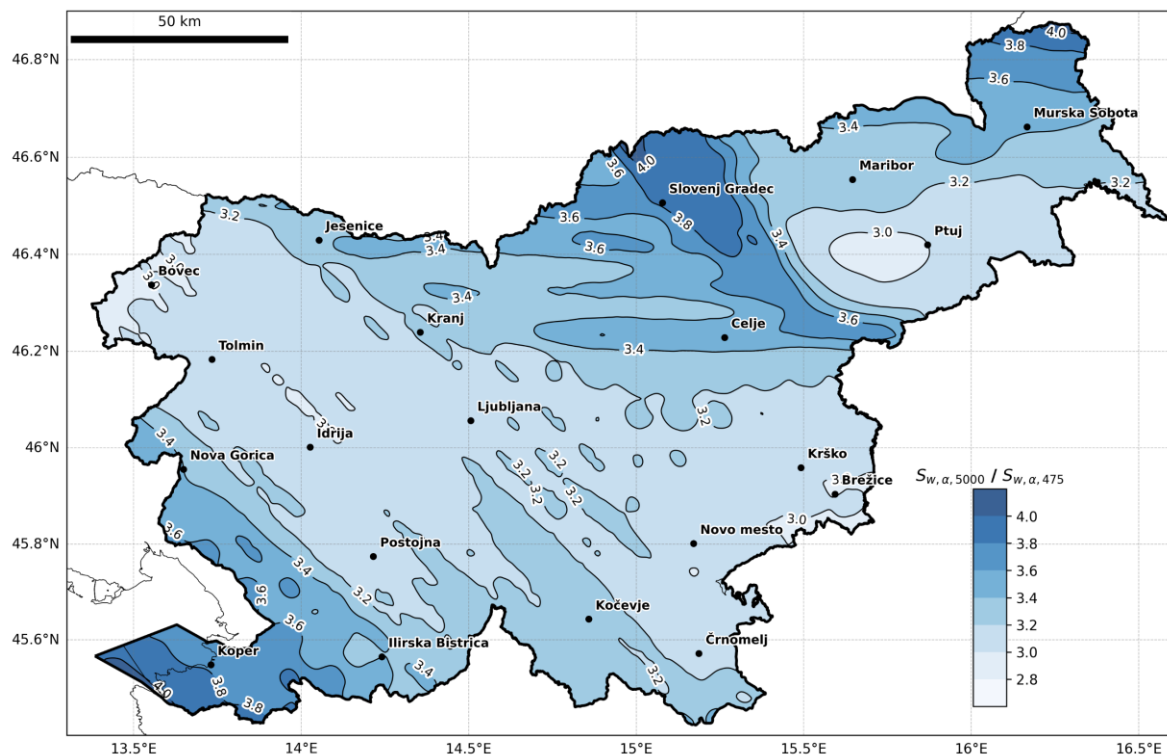
Povratna doba (let)/ Return period (years)	100	115	125	140	275	475	600	900	1600	2500	5000
Min $S_{w,\alpha,T}/S_{w,\alpha,475}$	0,22	0,32	0,38	0,41	0,68	1,00	1,13	1,38	1,81	2,21	2,86
Max $S_{w,\alpha,T}/S_{w,\alpha,475}$	0,41	0,45	0,47	0,51	0,75	1,00	1,17	1,53	2,18	2,82	4,07
Povprečje/average $S_{w,\alpha,T}/S_{w,\alpha,475}$	0,36	0,40	0,42	0,46	0,72	1,00	1,14	1,43	1,93	2,40	3,28
Relativni razpon/ Relative range (%)	55%	32%	23%	23%	10%	0%	4%	11%	19%	25%	37%

Razviden je tudi sorazmerno velik relativni razpon vrednosti znotraj Slovenije, ki je v preglednici 3 prikazan kot razmerje med razponom in povprečjem.

Preglednica 4: Ocenjeni faktorji zmogljivosti $\gamma_{LS,CC}$

Table 4: Estimated performance factors $\gamma_{LS,CC}$.

Ocenjeni faktorji zmogljivosti/Estimated performance factors $\gamma_{LS,CC}$ ($S_{w,\alpha,T}/S_{w,\alpha,475}$)				
Mejno stanje/ Limit state	Razredi posledic/Consequence class			
	CC1	CC2	CC3-a	CC3-b
NC	1,15	1,95	2,40	3,30
SD	0,70	1,00	1,15	1,45
DL	0,35	0,40	0,40	0,45



Slika 14: Karta razmerja $S_{w,\alpha,5000}/S_{w,\alpha,475}$, na podlagi katerega smo ocenili faktor zmogljivosti za mejno stanje NC in razred posledic CC3-b.

Figure 14: The $S_{w,\alpha,5000}/S_{w,\alpha,475}$ ratio map used for estimation of performance factor at the NC limit state and consequence class CC3-b.

Največji relativni razpon glede na referenčno povratno dobo 475 let se pojavi pri povratni dobi 100 let, kjer je krivulja potresne nevarnosti najbolj nelinearna. Prostorske razlike odražajo lokalne značilnosti potresne dejavnosti, kot so porazdelitev magnitud, oddaljenost in mehanizem potresnih prelomov ter dušenje valovanja (pogosti zmerni potresi, redki močni potresi). Zelo velik razpon je tudi na karti razmerja $S_{w,\alpha,5000}/S_{w,\alpha,475}$ z vrednostmi med 2,9 do 4,1, povprečje pa je 3,28 (slika 14). Največje razmerje je na območjih, kjer je referenčni

projektne nivo pri 475 letih (mejno stanje SD in razred posledic CC2) majhen, pospešek pri ekstremnih potresih s povratno dobo 5000 let (mejno stanje NC, razred posledic CC3-b) pa velik. Višje vrednosti razmerja lahko pojasnimo ali z močnimi potresi na oddaljenih prelomih ob šibki lokalni nevarnosti (npr. Koper), ali pa z veliko povratno dobo zelo močnih potresov v bližini (npr. Slovenj Gradec je v bližini treh dolgih prelomov, ki lahko generirajo redke, a močne potrese). Nižje vrednosti razmerja v območju Bovec–Tolmin–Idrija pa so odraz sorazmerno velike potresne nevarnosti že pri 475-letni povratni dobi.

Sklepne misli

Na podlagi modela potresne nevarnosti iz leta 2021 (ARSO, 2022; Šket Motnikar in drugi, 2022a, 2022b; Zupančič in drugi, 2024; Atanackov in drugi 2021a, 2021b, 2022; Živčič in drugi, 2018) smo izračunali karte potresne nevarnosti, ki so usklajene s predvidenimi spremembami v novem EC8 (EN 1998-1-1:2024, FprEN 1998-1-2:2025). Če ne bo dodatnih sprememb, potem za novo referenčno karto spektralnega pospeška na izravnavi spektra S_α predlagamo karto $S_{w,\alpha,475}$ (slika 12a), ki ima na vsaki lokaciji večjo vrednost izmed obeh uteženih spektralnih pospeškov $SA_w(0,1\text{ s})$ in $SA_w(0,15\text{ s})$.

Na sestankih evropskih tehničnih odborov za standardizacijo EC8 (CEN/TC250/SC 8) še vedno poteka razprava o faktorju obnašanja, ki bi lahko bistveno vplivala na priporočene projektne vrednosti. Zato tudi rezultati naših analiz še niso dokončni. V primeru, da bodo nov standard EC8 potrdili brez dodatnih sprememb, bomo za karto na sliki 12a sprožili postopek pri Tehničnem odboru Slovenskega instituta za standardizacijo (SIST/TK), z namenom, da postane sestavni del novega Nacionalnega dodatka k EC8. Za novo karto spektralnega pospeška pri nihajnem času 1 s ($S_{\beta,475}$) pa v skladu s predlogom FGG-IKPIR (Dolšek, 2024) predlagamo, da se določi na podlagi $S_{w,\alpha,475}$ ter faktorja f_h , kot dopušča tudi novi EC8 (EN 1998-1-1:2024, str. 37). Z razmerji med kartami spektralnega pospeška $S_{w,\alpha,T}$ in $S_{w,\alpha,475}$ pri različnih povratnih dobah T smo preverili priporočene vrednosti zmogljivostnega faktorja, ki so podane v EC8. Naše izračunane vrednosti precej odstopajo od priporočenih, zato predlagamo, da se jih uvede v Nacionalni dodatek k EC8.

Zahvala

Prof. Matjažu Dolšku se zahvaljujemo za vsa podana pojasnila in priporočila v zvezi s terminologijo in z uporabo novega Eurokoda 8 ter za dragocena posvetovanja pri izvedbi analiz.

Viri in literatura

ARSO, 2022. Agencija Republike Slovenije za okolje. Potresna nevarnost Slovenije – projektne pospešek tal. Karta: http://potresi.arso.gov.si/doc/dokumenti/Karta_potresne_nevarnosti_2021.jpg.

Tolmač karte: http://potresi.arso.gov.si/doc/dokumenti/Tolmac_karte_potresne_nevarnosti_2021.pdf in pregledovalnik: <https://gis.arso.gov.si/portal/apps/opsdashboard/index.html#/48ad6a51977c4ee886722a3c09c4f470?locale=sl>, 9. 2. 2026.

Atanackov, J., Jamšek Rupnik, P., Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Živčič, M., Čarman, M., Milanič, B., Kastelic, V., Rajh, G., Gosar, A., 2022. Seismogenic fault and area

- sources for probabilistic seismic hazard model in Slovenia. PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.940100>.
- Atanackov, J., Jamšek Rupnik, P., Jež, J., Celarc, B., Novak, M., Milanič, B., Markelj, A., Bavec, M., Kastelic, V., 2021a. Database of Active Faults in Slovenia: Compiling a New Active Fault Database at the Junction Between the Alps, the Dinarides and the Pannonian Basin Tectonic Domains. *Front. Earth Sci.* 9. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.604388>.
- Atanackov, J., Jamšek Rupnik, P., Celarc, B., Jež, J., Novak, M., Milanič, B., Markelj, A., 2021b. Tolmač potresnih virov in ocenjevanje geološko določenih parametrov za karto potresne nevarnosti Slovenije. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, 139 str.
- BGD_FprEN1998-1-1:2024. Background document for EN 1998-1-1:2024, CEN/TC 250/SC 8 "Eurocode 8: Earthquake resistance design of structures".
- Danciu, L., Giardini, D., Weatherill, G., Basili, R., Nandan, S., Rovida, A., Beauval, C., Bard, P.-Y., Pagani, M., Reyes, C. G., Sesetyan, K., Vilanova, S., Cotton, F., Wiemer, S., 2024. The 2020 European Seismic Hazard Model: overview and results, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 24, 3049–3073, <https://doi.org/10.5194/nhess-24-3049-2024>.
- Dolšek, M., 2024. Dejstva in napačne predstave pri določitvi projektne potresne obtežbe. 45. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije, Portorož, 1–12.
- EN 1998-1-1:2024. Design of structures for earthquake resistance, Part 1-1: General rules and seismic action, angl. standard.
- FprEN 1998-1-2:2025. Design of structures for earthquake resistance, Part 1-2: Buildings, angl. Standard (v fazi priprave za objavo).
- GURS, 2026. Državna pregledna karta Slovenije, Geodetska Uprava Republike Slovenije. <https://www.eprstor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/topografski-in-kartografski-podatki/topografski-podatki-inkarte/drzavne-pregledne-karte/#tab2-1044>, 5. 3. 2026.
- GEM, 2026. OpenQuake Engine opensource application. <https://github.com/gem/oq-engine>, 5. 3. 2026.
- Pagani, M., Monelli, D., Weatherill, G., Danciu, L., Crowley, H., Silva, V., Henshaw, P., Butler, L., Nastasi, M., Panzeri, L., Simionato, M., Vigano, D., 2014. OpenQuake Engine: An Open Hazard (and Risk) Software for the Global Earthquake Model. *Seismol Res Lett* 85:692-702. <https://doi.org/10.1785/0220130087>.
- SIST EN 1998-1:2005/AC:2009 - Evrokod 8 - Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij - 1. del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe, slovenski standard, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2005 - Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, angl. standard, I.
- SIST EN 1998-1:2005/A101:2005/A101:2009/AC:2022 - Evrokod 8 - Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij - 1. del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe - Nacionalni dodatek, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2005.
- Šket Motnikar, B., Zupančič, P., Živčič, M., Atanackov, J., Jamšek Rupnik, P., Čarman, M., Kastelic, V., Gosar, A., 2022a. Nov model potresne nevarnosti Slovenije (2021). V: KUHAR, Miran (ur.) in drugi. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2021:

zbornik del. 27. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 27. januar 2022. str. 97-107, ilustr. ISBN 978-961-95299-1-1. http://fgg-web.fgg.unilj.si/SUGG/referati/2022/SZGG_2022_Sket_in_dr.pdf. [COBISS.SI-ID 98807811].

Šket Motnikar, B., Zupančič, P., Živčič, M., Atanackov, J., Jamšek Rupnik, P., Čarman, M., Danciu, L., Gosar, A., 2022b. The 2021 seismic hazard model for Slovenia (SHMS21): overview and results. *Bull Earthquake Eng* **20**, 4865–4894 . <https://doi.org/10.1007/s10518-022-01399-8>.

Ur. l. RS, št. 101/2005, Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov.

Ur. l. RS, št. 60/2017, Zakon o državni meteorološki, hidrološki, oceanografski in seizmološki službi (ZDMHS) .

Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Carafa, M. M. C., Jamšek Rupnik, P., Živčič, M., Kastelic, V., Rajh, G., Čarman, M., Atanackov, J., Gosar, A., 2024. Seismogenic depth and seismic coupling estimation in the transition zone between Alps, Dinarides and Pannonian Basin for the new Slovenian seismic hazard model, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 24, 651–672, <https://doi.org/10.5194/nhess-24-651-2024>.

Živčič, M., Cecić, I., Čarman, M., Jesenko, T., Ložar Stopar, M., Pahor, J., 2018. Katalog potresov Slovenije in okolice KPN2018, rev. 3. Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO), Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.

Kazalo

Tamara Jesenko

Najmočnejši potresi po svetu leta 2025

The World's Largest Earthquakes in 2025

Povzetek

Leta 2025 je bilo po svetu 47 potresov z navorno magnitudo (M_w) vsaj 6,5. En potres je imel magnitudo nad 8,0, 15 pa jih je imelo magnitudo med 7,0 in 7,9. Vsaj 23 potresov je zahtevalo človeška življenja, skupaj najmanj 7957 življenj. Večino sta jih zahtevala dva potresa. Prvi se je zgodil 23. marca z M_w 7,7 v Mjanmarju, drugi pa 31. avgusta z magnitudo 6,0 v Afganistanu. Najmočnejši potres leta 2025 (M_w 8,8) se je zgodil 29. julija v bližini Kamčatke in ni zahteval življenj ali povzročil večje škode. Najmočnejši potres v Evropi, z M_w 6,2, se je zgodil 22. maja z žariščem pod morjem, v bližini Krete.

Abstract

In 2025, there were 47 earthquakes with moment magnitude (M_w) of at least 6.5 worldwide. One had magnitude above 8.0, and 15 had magnitudes between 7.0 and 7.9. At least 23 earthquakes were fatal, claiming the lives of no less than 7957 people. Most of casualties were caused by two strong earthquakes. The first one occurred on 23 March in Myanmar with M_w 7.7 and the second on 31 August in Afghanistan with M_w 6.0. The strongest earthquake of the year (M_w 8.8) occurred on 29 July near Kamchatka but did not cause fatalities or major damage. Europe's strongest earthquake (M_w 6.2) occurred on 22 May, with its epicenter located under the sea off the coast of Crete in Greece.

Uvod

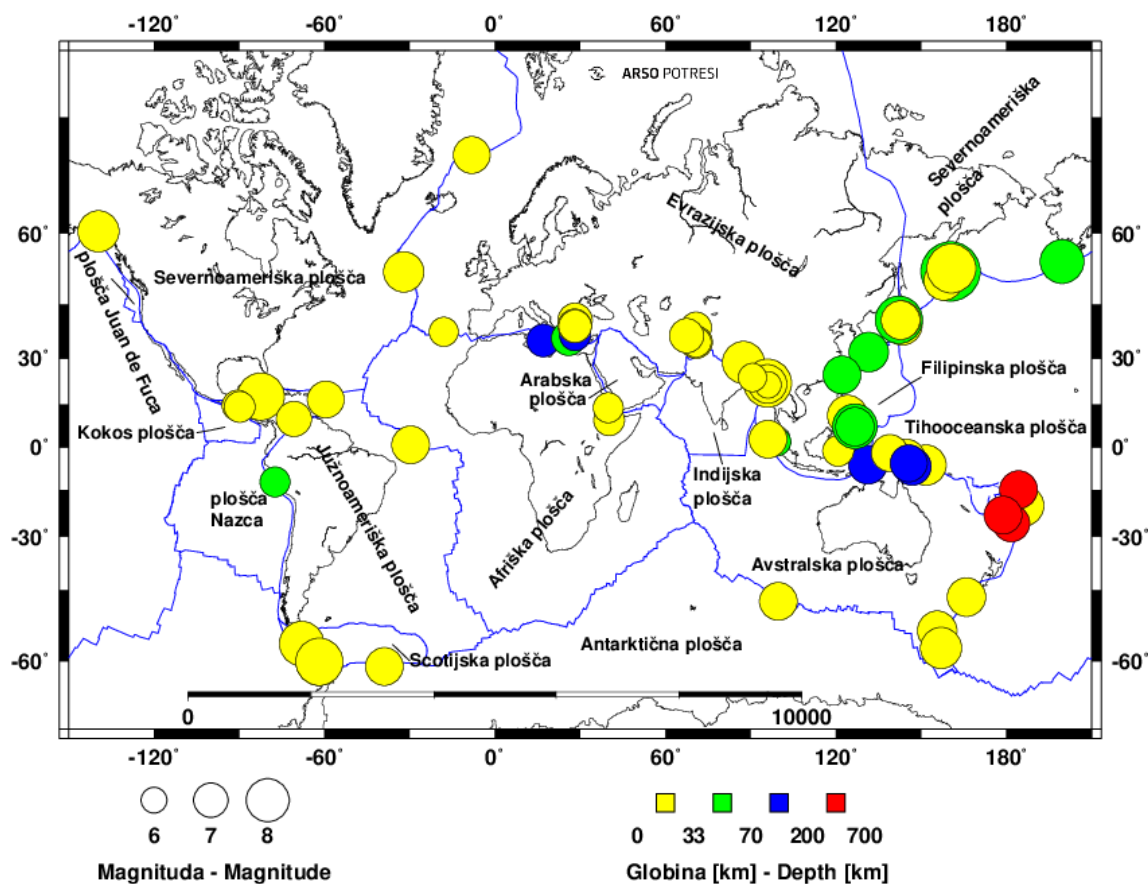
Potresi so reden naravni pojav in posledica naravnih procesov v Zemlji. Nastajajo predvsem zaradi pretrga na stikih in v bližini stikov tektonskih plošč. Tektonska plošča je tog del razlomljene litosfere (zunanjega trdnega dela Zemlje), ki se premika samostojno glede na druge tektonske plošče. Ob nastanku potresa se potencialna energija tektonskega bloka spremeni v kinetično energijo potresnih valovanj, ki se širijo iz žarišča potresa in lahko povzročijo trenenje tal na oddaljenosti tudi več sto kilometrov od žarišča. Površino, ob kateri sta se premaknili prelomni krili, imenujemo prelomna ploskev, žarišče potresa je točka pod površjem, v kateri se je pretrg začel, nadžarišče pa mesto na Zemljinem površju navpično nad žariščem (Lapajne, 2013).

V povprečju se vsak dan po svetu zgodi več sto potresov (ISC, 2026), vendar jih je večina šibkih in so zabeleženi le instrumentalno – ljudje jih ne čutijo. Vsako leto pa je nekaj takih, ki vzbudijo pozornost ne le strokovne, temveč tudi širše javnosti. Predvsem so to potresi, ki povzročijo večje razdejanje in žrtve.

Pregled najmočnejših potresov leta 2025

Leta 2025 je bilo 47 potresov z navorno magnitudo (M_w) vsaj 6,5 in 16 potresov z magnitudo vsaj 7,0. En potres je imel magnitudo, ki je bila večja od 8,0. Na sliki 1 so prikazani potresi, ki so leta 2025 dosegli ali presegli M_w 6,5 oziroma 5,5 za evropsko in sredozemsko območje, in šibkejši, ki so zahtevali človeška življenja. Označene so večje tektonske plošče, ob katerih se zgodi največ potresov. Znotraj njih se potresi dogajajo tudi ob stikih manjših plošč in na aktivnih prelomih.

Najmočnejši potres leta 2025 se je zgodil julija v bližini Kamčatke ($M_W = 8,8$), največ življenj (5456) pa je zahteval potres, ki je marca prizadel Mjanmar ($M_W = 7,7$). Ta dva potresa sta opisana v nadaljevanju.



Slika 1: Prostorska porazdelitev najmočnejših svetovnih potresov leta 2025. 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 2025. The size of the circle indicates the magnitude, and the colour indicates the focal depth. Major tectonic plates are shown (blue line).

V preglednici 1 so podatki o najmočnejših potresih iz leta 2025 (NEIC, 2026a; NEIC, 2026b; Wikipedia, 2026c). Za vsak potres so navedeni datum, žariščni čas po koordiniranem univerzalnem času (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 v prelomnem območju, površine potresnega pretrga in povprečne velikosti zdrsa ob prelomu. Potresni navor lahko izračunamo z modeliranjem 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 s krajevno navedbo širšega nadžariščnega območja potresa.

Preglednica 1: Seznam potresov iz leta 2025 z navorno magnitudo M_W vsaj 6,5 oziroma 5,5 za evropsko in sredozemsko območje. Dodani so tudi potresi (14) z manjšo magnitudo, ki so zahtevali smrtne žrtve.

Table 1: Earthquakes in 2025 with a moment magnitude (M_W) of at least 6.5 and 5.5 for the world and European-Mediterranean area, respectively. Earthquakes with lower magnitude that caused fatalities are also included. J = South; S = North; Z = West; V = East;

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 fatalities	wider epicentral area
	h.min	Lat (°)	Lon (°)	M_W	km		
4. 1.	0.52	9,46 S	40,12 V	5,7	8	2	Awash, Etiopija
7. 1.	1.05	28,57 S	87,38 V	7,1	10	126	Tibet
13. 1.	12.19	31,83 S	131,55 V	6,8	39		Miyazaki, Japonska
8. 2.	23.23	17,65 S	82,40 Z	7,6	14		pod morskim dnem, Kajmanski otoki
10. 3.	2.33	71,18 S	8,17 Z	6,5	10		pod morskim dnem, otok Jan Mayen
17. 3.	22.23	1,88 S	99,13 V	5,4	47	1	Sibolga, Indonezija
25. 3.	1.43	46,73 J	165,86 V	6,7	21		pod morskim dnem, blizu Nove Zelandije
28. 3.	6.20	22,00 S	95,93 V	7,7	10	5456	Mjanmar
28. 3.	6.32	21,70 S	95,97 V	6,7	10		Mjanmar
28. 3.	17.17	0,76 S	29,76 Z	6,6	12		pod morskim dnem, Srednjeatlantski hrbet
30. 3.	12.18	20,31 J	174,08 Z	7,0	29		pod morskim dnem, otočje Tonga
3. 4.	14.09	52,45 S	32,11 Z	6,9	10		pod morskim dnem, Reykjaneški hrbet
4. 4.	20.04	6,30 J	151,63 V	6,9	9		pod morskim dnem, v bližini Papue Nove Gvineje
13. 4.	4.24	38,90 S	70,83 V	5,8	8	1	Rasht, Tadžikistan
13. 4.	10.03	25,98 J	178,33 Z	6,5	271		pod morskim dnem, otočje Fidži
16. 4.	1.42	47,81 J	99,73 V	6,6	10		pod morskim dnem, Jugovzhodni indijskoceanski hrbet
23. 4.	9.49	40,83 S	28,19 V	6,2	13	1	Tekirdağ, Turčija
29. 4.	14.53	54,26 J	155,63 V	6,8	12		pod morskim dnem, otok Macquarie
2. 5.	12.58	56,81 J	68,10 Z	7,4	10		pod morskim dnem, Drakov preliv
13. 5.	22.51	35,23 S	16,99 V	6,0	74		pod morskim dnem, južno od otoka Kasos, Grčija
17. 5.	15.54	21,42 S	96,06 V	5,1	10	2	Mjanmar
20. 5.	15.05	3,76 J	144,81 V	6,5	17		pod morskim dnem, v bližini Papue Nove Gvineje
22. 5.	3.19	35,88 S	25,86 V	6,2	64		pod morskim dnem, severno od Krete, Grčija
2. 6.	23.17	36,73 S	28,19 V	5,8	72	1	Bayır, Turčija
15. 6.	16.35	12,17 J	77,44 Z	5,6	40	2	pod morskim dnem, v bližini Lime, Peru
28. 6.	8.32	60,98 J	38,97 Z	6,6	10		pod morskim dnem, Škotsko morje

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 fatalities	wider epicentral area
	h.min	Lat (°)	Lon (°)	M _w	km		
8. 7.	21.41	14,45 S	90,65 Z	5,7	10	7	Amatitlán, Gvatemala
14. 7.	5.49	6,22 J	131,22 V	6,7	79		pod morskim dnom, v bližini Indonezije
16. 7.	20.37	54,63 S	160,53 Z	7,3	38		pod morskim dnom, v bližini Aljaske
20. 7.	6.28	52,93 S	160,62 V	6,6	23		pod morskim dnom, v bližini Kamčatke
20. 7.	6.49	52,83 S	160,68 V	7,4	34		pod morskim dnom, v bližini Kamčatke
20. 7.	7.07	52,70 S	160,83 V	6,6	10		pod morskim dnom, v bližini Kamčatke
20. 7.	7.23	52,87 S	160,62 V	6,6	22		pod morskim dnom, v bližini Kamčatke
24. 7.	23.37	14,91 J	175,70 Z	6,6	314		pod morskim dnom, otoki Wallis in Futuna
25. 7.	1.29	37,72 S	18,01 Z	5,5	10		pod morskim dnom, zahodno od Portugalske
28. 7.	22.10	57,64 J	157,00 V	7,0	31		pod morskim dnom, otok Macquarie
29. 7.	17.53	23,45 J	178,86 V	6,6	553		pod morskim dnom, otočje Fidži
29. 7.	21.25	14,07 S	89,86 Z	5,7	10	2	Las Pilas, Gvatemala
29. 7.	23.24	52,53 S	160,25 V	8,8	35	1	pod morskim dnom, v bližini Kamčatke
30. 7.	0.09	52,21 S	159,86 V	6,9	21		pod morskim dnom, v bližini Kamčatke
3. 8.	5.37	50,59 S	157,86 V	6,8	30		pod morskim dnom, v bližini Kamčatke
10. 8.	16.53	39,37 S	28,02 V	6,1	10	1	Bigadiç, Turčija
16. 8.	22.38	1,29 J	120,72 V	5,8	8	2	pod morskim dnom, SZ od Posa, Indonezija
22. 8.	2.16	60,32 J	61,92 Z	7,5	10		pod morskim dnom, Drakov preliv
31. 8.	19.17	34,71 S	70,81 V	6,0	8	2217	Babur, Afganistan
4. 9.	16.56	34,69 S	70,76 V	5,6	17	2	Babur, Afganistan
13. 9.	2.37	53,19 S	160,14 V	7,4	40		pod morskim dnom, v bližini Kamčatke
18. 9.	18.58	53,17 S	160,68 V	7,8	27		pod morskim dnom, v bližini Kamčatke
25. 9.	3.51	9,93 S	70,71 Z	6,3	14	1	Puerto Rico, Venezuela
30. 9.	13.59	11,13 S	124,14 V	6,9	10	79	pod morskim dnom, Cebu, Filipini
7. 10.	11.05	6,76 J	146,82 V	6,6	104		Gabensis, Papua Nova Gvineja
10. 10.	1.43	7,29 S	126,69 V	7,4	59	10	pod morskim dnom, Davao, Filipini
10. 10.	11.12	7,21 S	126,66 V	6,7	47		pod morskim dnom, Davao, Filipini
10. 10.	20.29	60,19 J	61,82 Z	7,6	7		pod morskim dnom, Drakov preliv
11. 10.	16.18	13,81 S	39,88 V	5,6	10	1	Mekele, Etiopija
16. 10.	5.48	2,16 J	138,94 V	6,5	33		pod morskim dnom, v bližini Indonezije

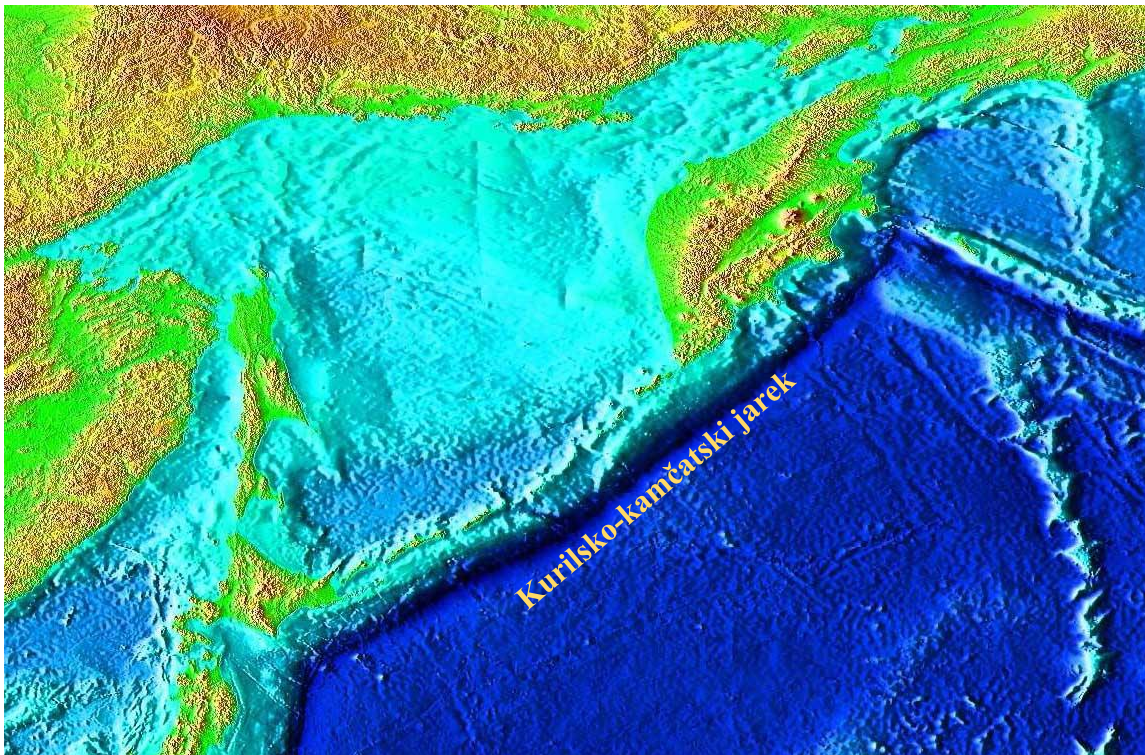
datum	čas (UTC)	koordinati nadžarišča		magnituda	globina	št. žrtev	širše nadžariščno območje
	ura.min	zem. šir. (°)	zem. dolž. (°)	M _w	km		
date	time (UTC)	epicentral coordinates		magnitude	depth	no. of fatalities	wider epicentral area
	h.min	Lat (°)	Lon (°)	M _w	km		
27. 10.	12.38	16,53 S	59,57 Z	6,5	9		pod morskim dnem, otok Gvadelup
27. 10.	19.48	39,19 S	28,24 V	6,0	8		Sındırgı, Turčija
2. 11.	20.29	36,55 S	67,37 V	6,2	28	31	Balkh, Afganistan
9. 11.	8.03	39,49 S	143,38 V	6,8	18		pod morskim dnem, ob obali Yamada, Japonska
21. 11.	4.38	23,87 S	90,57 V	5,4	27	10	Narsingdi, Bangladeš
27. 11.	4.56	2,69 S	96,03 V	6,6	25		pod morskim dnem, ob obali Sinabanga, Idonezija
6. 12.	20.41	60,31 S	139,55 Z	7,0	5		ledenik Hubbard, Aljaska, meja ZDA - Kanada
8. 12.	14.15	40,99 S	142,18 V	7,6	45		pod morskim dnem, blizu obale prefekture Aomori, Japonska
8. 12.	21.52	40,98 S	143,15 V	6,6	10		pod morskim dnem, blizu obale prefekture Aomori, Japonska
12. 12.	2.44	40,83 S	142,78 V	6,7	11		pod morskim dnem, blizu obale prefekture Aomori, Japonska
22. 12.	10.31	5,70 J	145,54 V	6,5	110		Sausi, Papua Nova Gvineja
27. 12.	15.05	24,69 S	122,05 V	6,6	68	1	pod morskim dnem, v bližini severnega dela Tajvana

Potres pri Kamčatki

Kurilsko-kamčatski jarek je oceanski jarek, dolg približno 2000 km, na SZ Tihega oceana. Razteza se od Komandorskih otokov v Beringovem morju na SV, kjer se seka z Aleutskim jarkom in prelomom Ulakhan, do otoka Hokaido na JZ, kjer se seka z Japonskim jarkom (slika 3). Je eno izmed najbolj aktivnih območij na svetu, kjer so močni potresi pogosti (Rupert in drugi, 2007). Na območju jarka se Tihooceanska plošča podriva pod Ohotsko s povprečno hitrostjo 8 cm/leto (Xu in drugi, 2025).

Kamčatko je 29. julija ob 23.24 po UTC (30. julija ob 11.24 po lokalnem kamčatskem času) stresel močen potres z navorno magnitudo 8,8, kar ga uvršča na šesto mesto na lestvici najmočnejših instrumentalno zabeleženih potresov (Wikipedia, 2026b). Pred glavnim potresom so se že več dni vrstili močnejši potresi, najmočnejši med njimi se je zgodil 20. julija z magnitudo 7,4. Glavnemu potresu je sledilo več tisoč popotresov, najmočnejša sta se zgodila 13. in 18. septembra z magnitudo 7,4 in 7,8. Žarišče potresa je bilo pod morskim dnem, 136 km JV od mesta Petropavlovsk-Kamčatski (NEIC, 2025). Kasnejše analize so pokazale zdrs približno 600 km x 140 km velikega segmenta (približno 4-kratna površina Slovenije) v coni subdukcije ob Kurilsko-kamčatskem jarku do globine 40 km, sam pretrg pa naj bi trajal več kot tri minute. Rezultati kažejo, da se je pretrg začel v bližini nadžarišča in se širil proti jugozahodu. Območje pretrga se v veliki meri prekriva s tistim ob potresu z magnitudo 8,8–9,0 novembra leta 1952 (slika 3), kar pomeni, da bi se oba potresa lahko zgodila na istem prelomnem segmentu (Xu in drugi, 2025). Nadžarišče potresa leta 1952 je 45 km JV od tokratnega potresa. Na splošno velja, da se pri najmočnejših potresih ($M \approx 9$) na območjih podiranja sprostijo napetosti, ki so se tam kopičile skozi stoletja. Razmeroma kratek časovni interval (73 let) med dvema zelo močnima potresoma na istem območju nam ponuja redko

priložnost za njuno primerjavo, saj sta bila oba instrumentalno zabeležena. V 73 letnem obdobju bi se ob upoštevanju povprečne hitrosti premikanja plošč (8 cm/leto) nabralo za okoli 6 m primanjkljaja zdrsa. Največji zdrs na območju pretrga ob potresu leta 2025 je znašal 12 m, na širšem območju pretrga pa 9 m. Pri tem dogodku se zato najverjetneje ni sprostila le napetost, nakopičena po letu 1952, temveč tudi tista, ki se ni v celoti sprostila med dogodkom leta 1952. Ta verjetno ni sprostil vse napetosti, ki se je nabirala od predhodnega dogodka iz leta 1737 ($M \approx 9,3$) in morda še celo od kakšnega zgodnejšega (Yagi in drugi, 2025). Porazdelitev zdrsa pri potresu leta 2025 je bila podobna tisti pri potresu 1952. Razlika je bila le v globini največjega zdrsa, ki je bil leta 1952 plitveje, in v zdrs v severnem delu aktiviranega območja (slika 3), kjer so bili leta 2025 pred- in popotresi (Fujii in Satake, 2025).



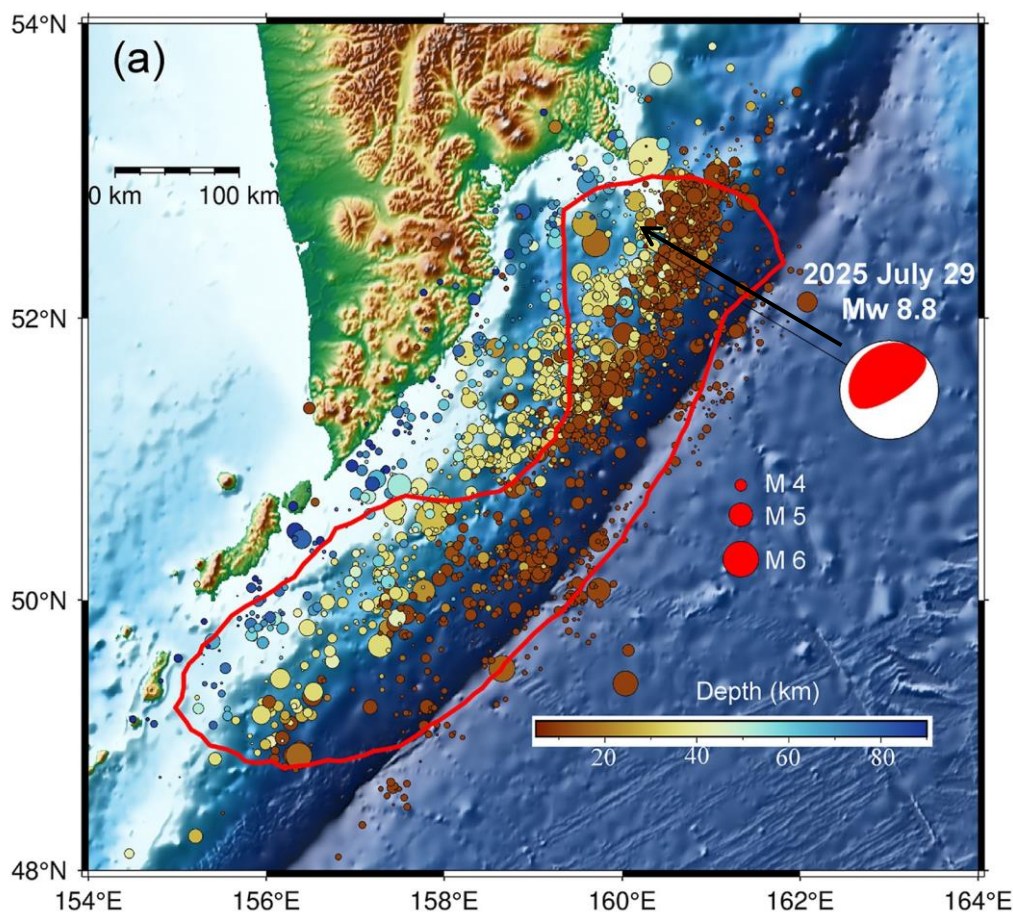
Slika 2: Topografska slika severozahodnega Tihega oceana, ki prikazuje obliko površja in morskega dna, z označenim Kurilsko-kamčatskim jarkom (Wikipedia., 2026a).

Figure 2: Topographic image of the northwest Pacific including the Kuril-Kamchatka Trench.. (Wikipedia, 2026a).

Kadar je žarišče potresa pod morjem in na območju podiranja plošč, je verjetnost za nastanek cunamija velika. Opazovanje cunamijev zagotavlja tudi dragocene informacije o potresih, ki jih povzročajo. Leta 1952 je po potresu nastal uničujoč cunami, ki je opustošil Kamčatko in Kurilske otoke (umrlo naj bi od 10.000 do 14.000 ljudi), ogromno škode je povzročil tudi na 5000 km oddaljenih Havajih (WSSPC, 2026). Takoj po potresu 29. julija 2025 so bila zato po vseh državah, ki ležijo okoli Tihega oceana, izdana opozorila pred velikim cunamijem. Na nekaterih obalah Kamčatke so zabeležili 5–6 metrov visoke valove, drugod okoli Tihega oceana pa so bili valovi nižji od pričakovanih, saj so merili največ meter v višino. Valovne oblike cunamija obeh potresov, zabeležene na mareografskih postajah okoli Tihega oceana, so bile zelo podobne (Fujii in Satake, 2025).

Potres na Kamčatki je povzročil nekaj škode, nekaj ljudi je bilo poškodovanih, smrtnih žrtev pa ni bilo. Potresu je sicer pripisana ena žrtev med evakuacijo pred cunamijem na Japonskem.

Inštitut za vulkanologijo in seizmologijo Ruske akademije znanosti je v začetku avgusta sporočil, da je zaradi potresa na Kamčatki izbruhnili sedem vulkanov, kar se tam ni zgodilo že skoraj 300 let. Med njimi je prvič od začetka človeških opazovanj izbruhnili tudi vulkan Krašeninnikov (Wikipedia, 2026č).



Slika 3: Prostorska porazdelitev pred- in popotresov z magnitudo večjo od 4 (od 9. julija do 15. septembra 2025). Črna puščica označuje lokacijo nadžarišča glavnega potresa julija 2025. Z rdečo črto je nakazano območje pretrga potresa z magnitudo 8,8–9,0 leta 1952 (Xu in drugi, 2025). Depth = globina, July = julij

Figure 3: Spatial distribution of foreshocks and aftershocks with magnitudes greater than 4 (from July 9 to September 15, 2025), the black arrow indicates the location of the epicenter of the earthquake in July 2025. The red outline shows the inferred rupture area of the 1952 MW 8.8–9.0 earthquake (Xu et al., 2025).

Potres v Mjanmaru

Mjanmar je 28. marca 2025 ob 6.20 po UTC (ob 12.50 po lokalnem mjanmarskem času) prizadel plitev močen potres ($M_w = 7,7$) z nadžariščem 16 km zahodno od Mandalaja, drugega največjega mesta v državi z več kot 1,7 milijona prebivalcev. To je bil potres, ki je leta 2025 zahteval največ človeških življenj. Potresu je sledilo več sto popotresov, najmočnejši med njimi, z magnitudo 6,7, se je zgodil 12 minut po glavnem potresu.

Mjanmar leži na območju delovanja štirih tektonskih plošč (Indijske, Evrazijske, Sundske in Burmanske plošče). V potresu se je pretrgal približno 480 km dolg del preloma Sagaing, ki v celoti meri 1200 km in se razteza od severa proti jugu čez osrednji Mjanmar vse do Anda-

manskega morja in predstavlja mejo med Burmansko in Sundsko ploščo. Ta aktivni desnozmčni prelom poteka mimo dveh največjih mest v Mjanmaru (Mandalaja in glavnega mesta države Nejppido), zato je potresna ogroženost tam velika. Ob njem se je v 20. stoletju že zgodilo nekaj močnejših potresov, a so njihovi učinki, verjetno tudi zaradi težkih družbenopolitičnih razmer v državi, slabše dokumentirani (Ye in drugi, 2025). Od nadžarišča se je krajši pretrg širil proti severu, medtem ko se je daljši pretrg, dolg 420 km, z veliko hitrostjo širil proti jugu vse do Kyataga. Satelitski posnetki so potrdili nenavadno dolg (≈ 500 km) površinski pretrg (slika 4), ki se je raztezal od Kyaukmyaunga v regiji Sagaing do Penwegona v regiji Bago. Povprečen zabeležen zdrs ob prelomu je bil 3–5 m, celoten dogodek pa je trajal nekaj več kot 80 sekund (Shahzada in drugi, 2025).

Potres je povzročil veliko škode v Mjanmaru in tudi v sosednji Tajski. V Mjanmaru sta bili najbolj prizadeti regiji Mandalaj in Sagaing. Porušene so bile številne zgradbe, templji, mošeje, šole, poškodovane so bile ceste, letališča, mostovi, prekinjena je bila dobava elektrike ter pretrgane internetne in telefonske povezave. Državlјanska vojna v Mjanmaru, ki še vedno traja, pa je še otežila reševanje iz ruševin, onemogočala pretok informacij o razsežnosti nesreče in upočasnila zagotavljanje pomoči preživelim. Na Tajskem je bil prizadet predvsem Bangkok (1000 km od nadžarišča), kjer se je porušila 33-nadstropna stolpnica. Bangkok leži na mehki podlagi (morska glina), ki ojača dolgotrajno nihanje tal, zaradi česar so visoke stavbe, predvsem starejše, ob močnih oddaljenih potresih še posebej ranljive. Veliko zgradb je bilo poškodovanih tudi v regiji Yunnan na Kitajskem in v mestu Ho Ši Minh v Vietnamu. Potres je zahteval vsaj 5456 življenj, večino v Mjanmaru. Več kot 11.400 ljudi je bilo ranjenih in več sto jih je še vedno pogrešanih (Shahzada in drugi, 2025; Wikipedia, 2026d).



Slika 4: Razmikanje tal v Sagaingu (Wikipedia, 2026d).

Figure 4: Lateral spreading in Sagaing (Wikipedia, 2026d).

Sklepne misli

Leta 2025 je bilo 47 potresov z navorno magnitudo vsaj 6,5. Od teh jih je imela večina žarišče pod morskim dnom. Človeška življenja je zahtevalo 23 potresov, ki so skupaj terjali najmanj 7957 življenj. Najmočnejši potres, z magnitudo 8,8, se je zgodil 29. julija v bližini Kamčatke, vendar ni povzročil veliko škode. Najbolj uničujoč je bil potres, ki se je zgodil 23. marca v Mjanmaru, v katerem je umrlo najmanj 5456 ljudi. Najmočnejši ($M = 6,2$) potres v Evropi se je zgodil 22. maja z žariščem 66 km globoko pod morjem v bližini Krete (Grčija) ter povzročil nekaj škode na tem otoku.

Viri in literatura

- Fujii, Y., Satake, K., 2025. The slip distributions of the 1952 and 2025 Kamchatka earthquakes from tsunami waveforms recorded around the Pacific Ocean, EarthArXiv, <https://doi.org/10.31223/X5BM94>, 11. 3. 2026
- ISC, 2026. International Seismological Centre, Summ. Bull. Intern. Seismol. Cent., January - June 2022, Vol 59 (No I), Thatcham United Kingdom, 2026, <https://doi.org/10.31905/DTFN4W76>, 11. 3. 2026.
- 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>.
- NEIC, 2025. M 8.8 - 2025 Kamchatka Peninsula, Russia Earthquake, US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/pt25210002/executive>, 12. 3. 2026.
- NEIC, 2026a. Significant Earthquakes – 2025. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/significant.php?year=2025>, 9. 3. 2026.
- NEIC, 2026b. Search Earthquake Catalogue. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>, 9. 3. 2026.
- Ruppert, N., A., Lees, J., M., Kozyreva, N., P., Eichelberger, J., 2007. Seismicity, earthquakes and structure along the alaska-aleutian and Kamchatka-Kurile subduction zones: a review Geophys. Monograph Am. Geophys. Union, 172, 129–144, <https://doi.org/10.1029/172GM12>, 11. 3. 2026
- Shahzada, K., Noor, U.A., Xu, Z.-D., 2025. In the wake of the March 28, 2025 Myanmar earthquake: A detailed examination, J. Dynamic Disasters, 1, 2, 100017, <https://doi.org/10.1016/j.jdd.2025.100017>, 12. 3. 2026
- Wikipedia, 2026a. Kuril–Kamchatka Trench. https://en.wikipedia.org/wiki/Kuril%E2%80%93Kamchatka_Trench, 11. 3. 2026.
- Wikipedia, 2026b. List of earthquakes. https://en.wikipedia.org/wiki/Lists_of_earthquakes#Strongest_earthquakes_by_magnitude, 11. 3. 2026.
- Wikipedia, 2026c. List of earthquakes in 2025. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_earthquakes_in_2025, 9. 3. 2026.

- Wikipedia, 2026č. 2025 Kamchatka earthquake. https://en.wikipedia.org/wiki/2025_Kamchatka_earthquake, 11. 3. 2026.
- Wikipedia, 2026d. 2025 Myanmar earthquake. https://en.wikipedia.org/wiki/2025_Myanmar_earthquake, 13. 3. 2026.
- WSSPC, 2026. 1952 Kamchatka Tsunami. WSSPC, Western States Seismic Policy Council. <https://www.wsspc.org/resources-reports/tsunami-center/significant-tsunami-events/1952-kamchatka-tsunami/>, 11. 3. 2026.
- Xu, D., Wang, W., Ren, Z., 2025. Preliminary slip distribution of the 29 July 2025 Mw 8.8, Kamchatka, Russia earthquake, *Earthq. Res. Adv.*, 100427, <https://doi.org/10.1016/j.eqrea.2025.100427>, 11. 3. 2026.
- Yagi, Y., Fukahata, Y., Okuwaki, R., Takagawa, T., Toda, S., 2025. Breaking the Cycle: Short Recurrence and Overshoot of an M9-class Kamchatka Earthquake, *Seismica*, 4, 2, <https://doi.org/10.26443/seismica.v4i2.2012>, 11. 3. 2026.
- Ye, L., Lay, T., Kanamori, H., 2025. The 28 March 2025 Mw 7.8 Myanmar Earthquake: Preliminary Analysis of an ~480 km Long Intermittent Supershear Rupture, *The Seismic Record*, 5, 3, 260–269, <https://doi.org/10.1785/0320250021>, 12. 3. 2026.

Kazalo

Izidor Tasič

Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2025

Seismic Stations in Slovenia in 2025

Povzetek

Leta 2025 je ARSO upravljal oz. soupravljal 52 potresnih opazovalnic. Državno mrežo potresnih opazovalnic je sestavljalo 26 potresnih opazovalnic prvega reda in 19 dopolnilnih potresnih opazovalnic. V sodelovanju z Inštitutom za raziskovanje krasa ZRC SAZU pa je soupravljal še 7 potresnih opazovalnic mreže SLO Karst NFO (ang. Near Fault Observatory). V prispevku so predstavljeni prostorska razporeditev opazovalnic, uporabljena oprema ter ključne spremembe in posodobitve, izvedene v obravnavanem letu.

Abstract

In 2025, ARSO operated or co-managed 52 seismic stations on the territory of Slovenia. The National network of seismic stations consisted of 26 first-order seismic stations and 19 supplementary seismic stations. In collaboration with the Karst Research Institute ZRC SAZU, ARSO also co-managed 7 seismic stations of the SLO Karst NFO (Near Fault Observatory) network. This article presents the spatial distribution of the stations, the equipment used, and the key changes and upgrades implemented during the year in question.

Uvod

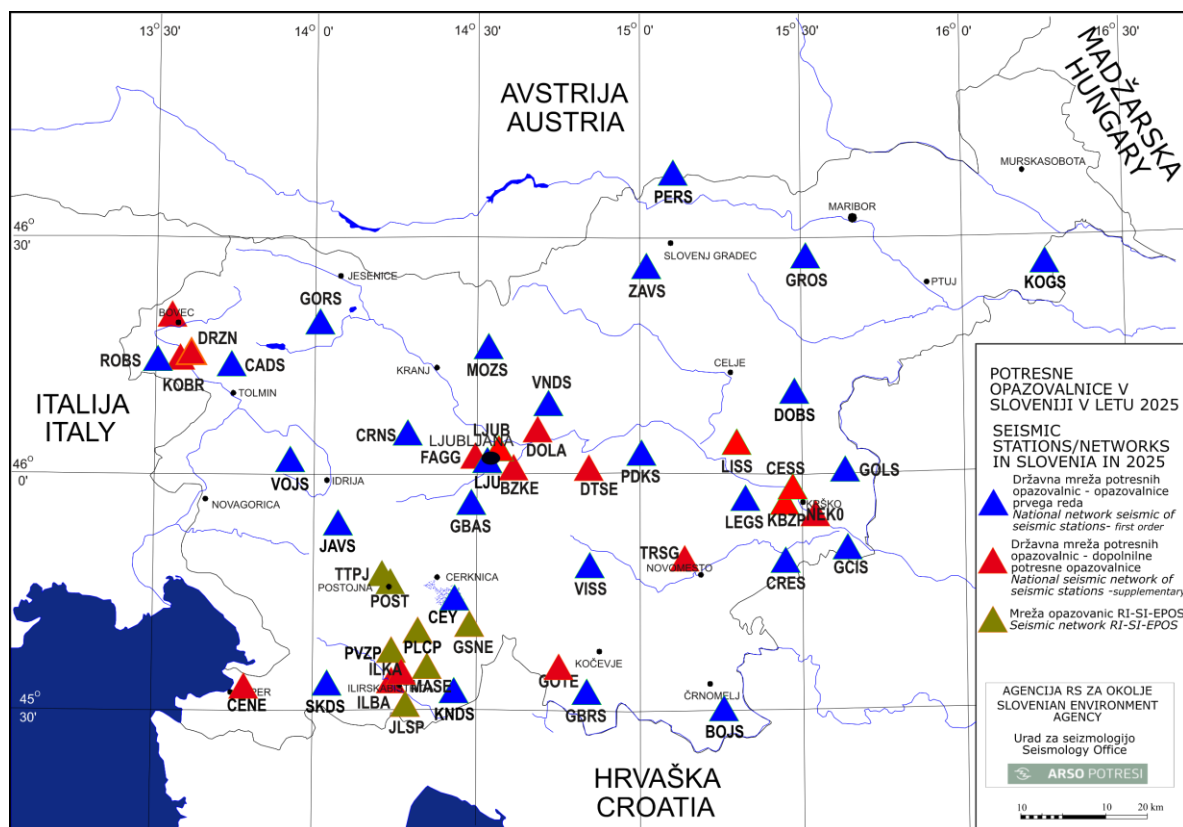
Državna mreža potresnih opazovalnic (DMPO) v Sloveniji je organizirana v dve skupini potresnih opazovalnic (ARSO, 2026), kot je prikazano na sliki 1. Takšna razdelitev omogoča učinkovito in zanesljivo spremljanje potresne dejavnosti na celotnem ozemlju države.

Prvo skupino sestavljajo potresne opazovalnice prvega reda, imenovane primarne oziroma referenčne potresne opazovalnice (DMPO_R). V Sloveniji deluje 26 takšnih opazovalnic, ki predstavljajo osrednji sistem potresnega opazovanja. Na sliki 1 so te opazovalnice prikazane z modrimi trikotniki. V dosedanjih objavah je bila ta skupina opazovalnic označena z oznako DMPO, s tem prispevkom pa spreminjamo sedanjo nomenklaturo in jo označujemo z DMPO_R.

Drugo skupino tvorijo dopolnilne potresne opazovalnice (DMPO_D), označene z rdečimi trikotniki. Njihov glavni namen je izboljšanje pokritosti potresno bolj dejavnega prostora in s tem natančnejše določanje potresnih parametrov.

Skupini potresnih opazovalnic se med seboj ločita glede na način delovanja, kakovost uporabljene seizmološke merilne opreme, kakovost lokacije in časovno obdobje delovanja.

V letu 2025 je ARSO v sodelovanju z Inštitutom za raziskovanje krasa ZRC SAZU soupravljal še potresne opazovalnice mreže Slo Karst NFO (SLO KARST NFO, 2020) južno od Postojne. ZRC SAZU je v okviru projekta Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS (RI-SI-EPOS, 2026) dobavil seizmološke instrumente za to mrežo. Opazovalnice te mreže so na sliki 1 označene z zelenimi trikotniki (Šebela in drugi, 2020, 2023; Šebela, 2021).



Slika 1: Državna mreža potresnih opazovalnic ARSO (rdeči in modri trikotniki; preglednici 2 in 4) in SLO Karst NFO (zeleni trikotniki; RI-SI-EPOS, Šebela, 2020) leta 2025 (preglednica 6).

Figure 1: Seismic stations of ARSO (red and blue triangles; Tables 2 and 4) in 2025 and Slovenian Karst NFO Seismic Network (SLO Karst NFO, green triangles, Šebela, 2020; Table 6).

Potresne opazovalnice prvega reda

DMPO_R sestavlja 26 potresnih opazovalnic (preglednici 1 in 2), ki so opremljene s širokopasovnim seizmometrom in pospeškometrom (Tasič, 2018). Prvi meri hitrost, drugi pospešek nihanja tal. Kombinacija obeh merilnih sistemov na enem mestu omogoča večje skupno dinamično območje merjenja. Tako lahko na potresni opazovalnici merimo zelo šibke seizmične signale, ki jih zaznajo samo občutljivi seizmometri, obenem pa z akcelerometri zabeležimo tudi velika nihanja tal, ki so izven merilnega območja seizmometrov. Prednost take postavitve se je pokazala ob močnem potresu leta 2020 pri Petrinji na Hrvaškem, kjer so bili na nekaterih lokacijah v Sloveniji seizmometri prekrmljeni, pospeškometri pa so pravilno zabeležili tudi največje nihanje tal (Tasič, 2018). Merilna instrumenta sta povezana s sodobno seizmološko 6-kanalno zajemalno enoto tipa Q330HRS podjetja Kinematics, ki podatke digitalizira in opremi s točnim časom ter jih nato samodejno neprekinjeno prenaša v Središče za obdelavo podatkov (SOP) na lokaciji ARSO v Ljubljani (Vidrih in drugi, 2006) in v rezervno središče na observatoriju na Golovcu v Ljubljani.

V letu 2025 smo na lokacijah DMPO_R izvedli nekaj večjih posodobitev seizmološke opreme, ki so opisane v članku Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2025 (Mali in drugi, 2026). Popis nameščene opreme je zapisan v preglednici 2.

Preglednica 1: Potresne opazovalnice prvega reda (DMPO_R) v Sloveniji**Table 1:** National seismic network - first order seismic stations (SNRS_R).

Oznaka	Ime opazovalnice	Začetek delovanja	Zem. šir.	Zem. dol.	Nadm. viš.	Litološka podlaga
Code	Station name	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	Skadanščina	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

Preglednica 2: Oprema na opazovalnicah prvega reda (DMPO_R) v letu 2025

<> – oprema je delovala celo leto,

* – oprema je delovala že prejšnje leto do datuma,

** – delovanje opreme od datuma do konca leta,

(x) – oprema je del projekta »Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega prostora RRI – RI-SI-EPOS« (RI-SI-EPOS, 2026).

Table 2: Equipment on first order seismic stations of Seismic Network of the Republic of Slovenia in 2025.

<> the equipment operated all year round

* – the equipment was already in function in previous year till the date;

** – the equipment operated starting from the date, till the end of 2025

(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, 2026).

Oznaka opazovalnice	Senzor/ser. št.	Čas delovanja (od–do)	Zajemalna naprava/ser.št.	Čas delovanja (od–do)
Station code	Sensor type/ser. no.	Operating (from–to)	Acquisition unit/ser. no.	Operating (from–to)
BOJS	T360 ^(x) /1001	<>	Q330HRS/5797	<>
	EpiSensor/1723	<>		
CADS	TRILLIUM 120QA/3091	<>	Q330HRS/6087	<>
	CMG-T5/T5JD6	*– 3. 7. 2025		
	TITAN/3892	3. 7. 2025–**		
CEY	CMG-3ESPC/T35617	<>	Q330HRS/6104	<>
	Fortis/TF465	<>		
CRES	STS-2/90733	<>	Q330HRS/5878	<>
	EpiSensor/782	<>		
CRNS	TH120/3183	<>	Q330HRS/6105 Q330HRS/6309	*–19. 11. 2025 19. 11. 2025–**
	CMG-T5/T5JD4	*–13. 5. 2025		
	Titan/3562	13. 5. 2025–**		
DOBS	CMG-3ESPC/T34749	<>	Q330HRS/6314	<>
	CMG5T/T5HL8	<>		
GBAS	TH120/2080	<>	Q330HRS/5655	<>
	TITAN/2985	<>		
GBRS	STS-2.5/192454	<>	Q330HRS/6315	<>
	FORTIS/TF467	<>		
GCIS	STS-2/120925	<>	Q330HRS/6311	<>
	EpiSensor/9755	<>		
GOLS	CMG-40TBH/T4B26	<>	Q330HRS/7326	<>
	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	<>		

Oznaka opazovalnice	Senzor/ser. št.	Čas delovanja (od–do)	Zajemalna naprava/ser.št.	Čas delovanja (od–do)
Station code	Sensor type/ser. no.	Operating (from–to)	Acquisition unit/ser. no.	Operating (from–to)
KOGS	3T-120/T311398	◇	Q330HRS/7462	◇
	TITAN/3584	◇		
LEGS	CMG-40TB/T4B29	◇	Q330HRS/7331	◇
	FORTIS/TF466	◇		
LJU	STS-2/40316	◇	Q330HRS/5656	◇
	EpiSensor/783 TITAN/3906	*–29. 10. 2025 29. 10. 2025–**		
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	◇
	TITAN/3585	◇		
VISS	STS-2.5/172107	◇	Q330HRS/5879	◇
	CMG-5T/T5HL7	◇		
VNDS	CMG-3T/T37725	◇	Q330HRS/6100	◇
	EpiSensor/1722	◇		
VOJS	STS 2.5/172149	◇	Q330HRS/6103	◇
	CMG 5T/T5V48	*–12. 5. 2025		
	TITAN/2984	12. 5. 2025–**		
ZAVS	T120QA/2976	◇	Q330HRS/6310	◇
	EpiSensor/10026	◇		

Dopolnilne potresne opazovalnice

DMPO_Dso opremljene z raznovrstno seizmološko opremo (preglednici 3 in 4). V letu 2025 je na ozemlju Slovenije v različnih časovnih obdobjih delovalo 19 dopolnilnih potresnih opazovalnic. Na novo sta bili postavljeni potresni opazovalnici ILKA (dodatna opazovalnica v Ilirski Bistrici) in LJUB, ki je postavljena v meteorološkem merilnem parku ARSO za Bežigradom v Ljubljani. Slednja je nadomestila potresno opazovalnico VJKL, ki je bila postavljena v kletnih prostorih ARSO in je bila zaradi obnovitvenih del stavbe ukinjena januarja 2025. V maju je z delovanjem zaključila dopolnilna potresna opazovalnica VACE. Ob koncu leta je bilo pet opazovalnic opremljenih s pospeškometri ETNA (preglednica 4), ki pošiljajo v SOP samo prožene dogodke, se pravi dogodke, katerih amplituda nihanja tal je večja od vnaprej določene amplitude za posamezno lokacijo. Ostale dopolnilne potresne opazovalnice pošiljajo v SOP podatke v neprekinjenem načinu. V letu 2025 so bile potresne opazovalnice LISS, TRSG in ILKA opremljene samo s seizmometrom, potresne opazovalnice LJUB, VJKL, CESS, GOTE in KBZP s pospeškometrom in seizmometrom, preostale potresne opazovalnice (BOVC, BZKE, CENE, DOLA, DRZN, DTSE, FAGG, KOBR, ILBA, NEK0 in VACE) pa samo s pospeškometrom.

Preglednica 3: Dopolnilne potresne opazovalnice (DMPO_D) v Sloveniji v letu 2025
(NEK) – oprema je v lasti Nuklearne elektrarne Krško (NEK).

Table 3: Supplementary seismic stations (SNRS_S) in Slovenia in 2025.
(NEK) – the equipment is owned by the Krško Nuclear Power Plant (NEK).

Oznaka	Ime opazovalnice	Začetek delovanja	Zem. šir.	Zem. dol.	Nadm. viš.	Litološka podlaga
Code	Station name	Start of operation	Lat.	Lon.	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
ILKA	Ilirska Bistrica	2025	45,5632	14,2509	432	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
LJUB	Ljubljana Bežigrad	2025	46,0655	14,5123	299	prod, pesek, melj / gravel, sand, silt
NEK0 ^(NEK)	Krško (NEK)	1994	45,9391	15,5185	156	prod, pesek / gravel, sand
TRSG	Trška Gora	2024	45,8403	15,1768	321	lapor, apnenec / limestone, marlstone
VACE	Vače	2020	46,1193	14,8380	521	apnenec / limestone
VJKL	ARSO – Ljubljana	2019	46,0652	14,5131	298	glina, prod / clay, gravel

Preglednica 4: Oprema na opazovalnicah DMPO_D v letu 2025

<> – oprema je delovala celo leto

* – oprema je delovala že prejšnje leto do datuma,

–** delovanje opreme od datuma do konca leta,

(xx) – serijska številka senzorja je povezana s serijsko številko zajemalne enote

(NEK) – oprema je v lasti NEK.

Table 4: Equipment on SNRS_S in Slovenia in 2025.

<> the equipment operated all year round

* – the equipment was already in function in previous year;

** – the equipment operated starting from the date, till the end of 2025

(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)	*– 5. 2. 2025	Etna/810	*– 5. 2. 2025
	Titan 2g ^(xx)	5. 2. 2025–**	TitanSMA/2410	5. 2. 2025–**
DRZN	EpiSensor 2g ^(xx)	<>	Etna/6354	<>
DTSE	EpiSensor 2g ^(xx)	*– 7. 3. 2025	Etna/6349	*– 7. 3. 2025
	Titan 2g ^(xx)	7. 3. 2025–**	TitanSMA/2354	7. 3. 2025–**
FAGG	FBA-23 2g ^(xx)	*– 15. 1. 2025	Etna/6597	*– 15. 1. 2025
	Titan 2g ^(xx)	15. 1. 2025–**	TitanSMA/2359	15. 1. 2025–**
GOTE	LE-3D,5s /C-132	*– 31. 1. 2025	CENTAUR/198	<>
	CMG5T/T5HL9	31. 1. 2025–**		
	CMG-3T/T37540	<>		
ILBA	TITAN 2g/2984	*– 7. 2. 2025	CENTAUR/ 101	*– 7. 2. 2025
	EpiSensor 2g ^(xx)	7. 2. 2025–**	ETNA2/104648	7. 2. 2025–**
ILKA	LE-3D 5S/ C-128	25. 5. 2025–**	EDR-209/6786	25. 5. 2025–**
KBZP	LE-3D,5s/AC-0768	<>	Centaur /11664	<>
	TITAN 2g/3563	<>		
KOBR	EpiSensor 2g ^(xx)	<>	Etna/2133	<>
LISS	CMG-40T/T4B06	<>	Q730/2000104	<>
LJUB	TrilliumCompact/10878	11. 12. 2025–**	Centaur/12325	11. 12. 2025–**
	Titan/3582	11. 12. 2025–**		
NEK0 ^(NEK)	AC-XX 2g ^(xx)	<>	GMS-scai/200024	<>
TRSG	TH120/3579	<>	Centaur /11663	<>
VACE	EpiSensor 2g ^(xx)	*–21. 5. 2025	Etna/6351	*–21. 5. 2025
VJKL	CMG-40T/T4B05	*–24. 1. 2025	Q730/2000092	*–24. 1. 2025
	FBA-23/26045	*–24. 1. 2025		

Mreža potresnih opazovalnic SLO Karst NFO

Mrežo SLO Karst NFO tvori sedem opazovalnic (Šebela in drugi, 2020, 2023). V letu 2020 je bilo v okviru projekta »Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS« (RI-SI-EPOS, 2026) v sodelovanju z Inštitutom za raziskovanje krasa ZRC SAZU in ARSO postavljenih 6 prenosnih opazovalnic na območju Postojna–Jelšane–Kozarišče (preglednici 5 in 6). V letu 2022 smo zaradi prenove objekta Muzeja presihajočih jezer (oznaka MPJP) opremo prenesli na novo lokacijo, in sicer v vas Palčje, v staro osnovno šolo (oznaka PLCP). Sedma potresna opazovalnica deluje v Postojnski jami. Na potresni opazovalnici v Postojnski jami je od leta 2010 delovala samo merilna oprema v lasti Univerze v Trstu, vendar brez točnega časa. V letu 2023 smo postavili dodatni merilni sistem – zajemalno enoto, s sinhronizacijo časa preko NTP protokol, in pospeškometer. Ta oprema je bila ravno tako dobavljena v okviru projekta RI-SI-EPOS. Zajemalna enota hkrati zajema tudi podatke iz seizmometra v lasti Univerze v Trstu. V letu 2025 je prišlo do okvare zajemalne enote, ki smo jo zamenjali z istovrstno v lasti ARSO.

Preglednica 5: Mreža SLO Karst NFO v Sloveniji v letu 2025.

Table 5: Network SLO Karst NFO in Slovenia in 2025.

Oznaka	Ime opazovalnice	Začetek delovanja	Zem. šir.	Zem. dol.	Nadm. viš.	Litološka podlaga
Code	Station name	Start of operation	Lat.	Lon.	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 2025.

<> oprema je delovala celo leto,

* – oprema je delovala že prejšnje leto do datuma,

–** delovanje opreme od datuma do konca leta,

(x) – oprema je del projekta »Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS« (RI-SI-EPOS, 2026).

Table 6: Equipment on Network SLO Karst NFO in Slovenia in 2025.

<> the equipment worked all year round

* – the equipment was already in function in previous year;

** – station continues to operate in 2025

(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, 2026).

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)	<>	CENTAUR ^(x) /7058 CENTAUR/0101	*–22. 9. 2025 22. 9. 2025–**

Sklepne misli

ARSO je v letu 2025 skrbel za kakovost meritev in nemoteno delovanje 52 potresnih opazovalnic v Sloveniji. Državna mreža potresnih opazovalnic, dopolnjena z mrežo SLO Karst NFO, je zagotavljala dobro pokritost potresno aktivnega prostora ter kakovostne podatke za lociranje in analizo potresov. Posodobitve, vzdrževanje in stalen razvoj opazovalnic in merilne opreme so pomembno prispevali k izboljšanju kakovosti in zanesljivosti meritev. Zbrani podatki so ključni tako za strokovno-raziskovalno delo kot tudi za podporo sistemom obveščanja in ocenjevanja potresne nevarnosti. Nadaljnji razvoj mreže, redno vzdrževanje opreme in sodelovanje med institucijami sosednjih držav ostajajo temelj za dolgoročno učinkovito spremljanje potresne dejavnosti v Sloveniji.

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>, 13. 4. 2026

ARSO, 2026. Potresne opazovalnice na ozemlju Slovenije, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. <https://potresi.arso.gov.si/potresne-opazovalnice/>, 13. 4. 2026.

Mali, M., Tasič, I., Pfundner, I., Prosen, J., Nemec, M., 2026. Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2025. Potresi v letu 2025, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792.

RI-SI-EPOS, 2026. <http://epos-ip.zrc-sazu.si/ri-si-epos/>, 13. 4. 2026.

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>, 13. 4. 2026.
- 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], 13. 4. 2026.
- 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, 13. 4. 2026.
- 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>, 13. 4. 2026.
- Tasič, I., 2018. Seizmometer in pospeškometer – merilni par na potresni opazovalnici. *Ujma* št. 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, Damjan Delač, Matej Nemec, Jože Prosen, Milka Ložar Stopar

Delovanje DMPO_R v letu 2025

Operation of SNRS_R in 2025

Povzetek

Z glavnimi parametri, ki so vplivali na zanesljivost delovanja Državne mreže potresnih opazovalnic 1. reda (DMPO_R) v letu 2025, predstavljamo povzetek analize delovanja ter pregled pomembnejših dogodkov in posodobitev. Zajem podatkov v letu 2025 je bil 99,58 % (gre za pridobljene podatke), kar smo dosegli s sprotnim vzdrževanjem in posodobitvami seizmološke in podporne opreme. Do izgub podatkov je v letu 2025 prišlo le ob menjavah seizmološke merilne opreme, ob ponovnih zagonih enote Q330 HRS ter ob namestitvi novih omaric s podporno opremo. V prispevku navedemo število prekinitev komunikacije (izpadov) za posamezno potresno opazovalnico glede na trajanje prekinitve. Za najdaljši izpad na posamezni potresni opazovalnici navedemo tudi njegov vzrok. Navedemo tudi časovne intervale, znotraj katerih ni delovalo po več potresnih opazovalnic hkrati, ter vzroke za omenjeno nedelovanje. Na osnovi rezultatov analize poteka tudi nadzor in izvedba posodobitev, ki prispevajo k boljšemu in zanesljivejšemu delovanju DMPO_R.

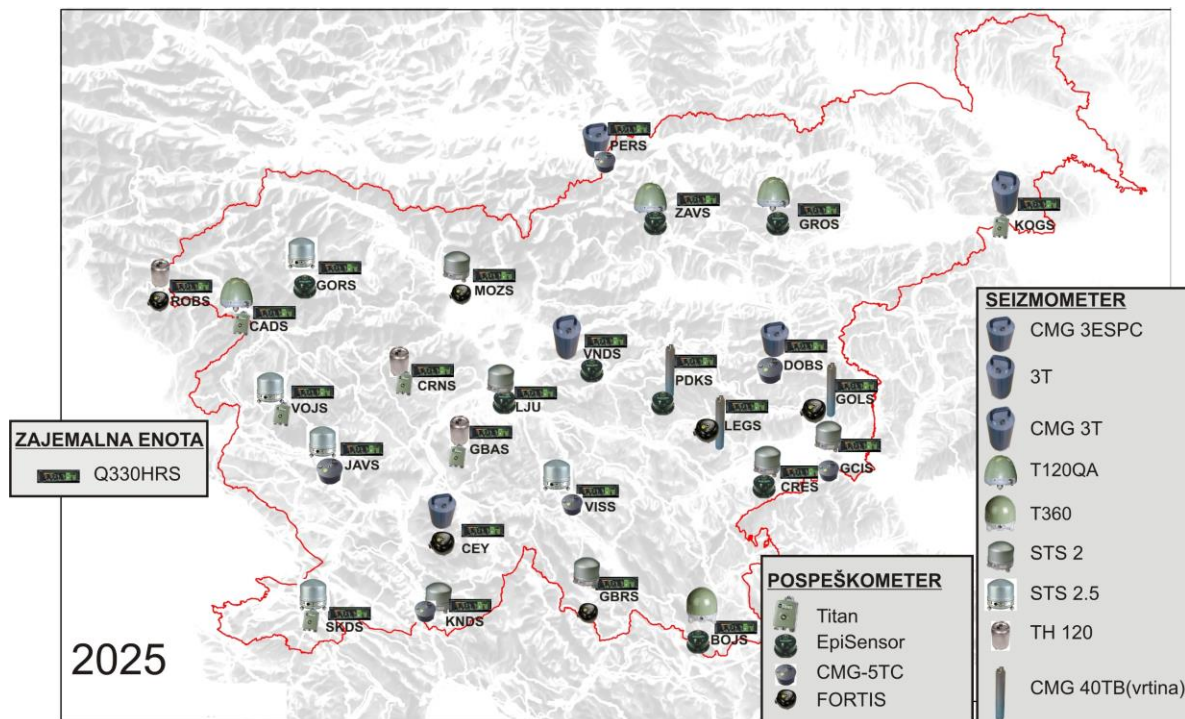
Abstract

The results of the analysis of operation of first-order seismic station of the Seismic Network of the Republic of Slovenia (SNRS_R) in 2025 are presented. The main upgrades, as well as the events that have influenced the operating quality of SNRS_R are presented, along with parameters describing its reliability. Data acquisition in 2025 was 99.58% (overall data collected), which we achieved through ongoing maintenance and upgrades of seismological and support equipment. Data losses occurred only when seismological equipment was replaced, restarts of the Q330 HRS units and during the process of installation of new cabinets with support equipment. In the article we provide the number and duration of out-of-operation periods (OOOP) for all seismic stations. The cause of the longest OOOP for each individual seismic station is presented. Time intervals during which more seismic stations were out of service simultaneously are presented, along with the reasons for these disruptions. Based on the analysis results, improvements are being constantly implemented, contributing to better and more reliable operation of SNRS_R.

Uvod

Državna mreža potresnih opazovalnic (DMPO) v Sloveniji je organizirana v dve skupini potresnih opazovalnic, referenčno in dopolnilno (Tasič, 2026). Skupino potresnih opazovalnic prvega reda, imenovane primarne oziroma referenčne potresne opazovalnice (DMPO_R), sestavlja 26 sodobno opremljenih opazovalnic. Vsaka izmed teh opazovalnic je opremljena z zajemalno enoto, dolgoperiodnim seizmometrom in pospeškometrom. Tip seizmološke opreme na posamezni potresni opazovalnici, ki je bila nameščena ob koncu leta 2025, je prikazan na sliki 1. Poleg seizmološke merilne opreme se na opazovalnicah nahaja še podpora oprema: 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. V letu 2025 smo postavili tudi prvih šest novih omaric s podporno opremo, in sicer na opazovalnicah VNDS, GBAS, MOZS, GCIS, SKDS in JAVS. Razvili smo tudi nadzorni sistem, ki sproti zbira statusne podatke vseh elementov podporne opreme.

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



Slika 1: DMPO_R ob koncu leta 2025. Prikazana je razporeditev različnih tipov seizmometrov, pospeškometrov in zajemalnih enot po posameznih potresnih opazovalnicah.

Figure 1: SNRS_R at the end 2025. The deployment of various types of seismometers, accelerometers, and acquisition units across the seismic stations is presented (seizmometer = seismometer, pospeškometer = accelerometer; zajemalna enota = acquisition unit).

Vsi posegi na DMPO_R ter rezultati analize vseh parametrov, ki vplivajo na kakovost delovanja DMPO_R, so v internem poročilu Sektorja za potresna opazovanja (SPO, 2025). Le-to obravnava naslednje parametre, ki opisujejo kakovost delovanja DMPO_R:

- 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) navedemo 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 v obliki preglednic in grafov.
- Podroben opis izpadov, ki so povzročili izgubo podatkov.
- Število samodejnih nastavitev mirovne lege seizmometra za opazovalnice opremljene s tipom seizmometra, ki to funkcijo ima.
- Analizo 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.
- Analiza vdorov vode v jaške potresnih opazovalnic. Navajamo število vdorov vode in njihove datume.

V tem prispevku izpostavljamo le pomembnejše točke iz internega poročila (SPO, 2025). Glavne posodobitve, ki smo jih v letu 2025 izvedli na DMPO_R, so naslednje:

- Namestitev novih omarič s podpornim oz. napajalnim sistemom na GBAS, GCIS, JAVS, MOZS, SKDS in VNDS. Posodobitev vključuje zamenjavo vseh elementov (akumulatorskih polnilcev, razsmernikov, tokovnih odvodnikov, prenapetostnih zaščit, vseh povezav, ...) v napajalnih zankah tako za seizmološko kot tudi komunikacijsko opremo. Nov sistem je opremljen tudi z nadzorno enoto, ki sproti nudi vse statusne podatke napajalne opreme. Nadzorna enota omogoča tudi priklop vrste senzorjev okoljskih parametrov. Na potresnih opazovalnicah JAVS in SKDS smo namestili nov nadzor nivoja vode v obeh jaških, ki omogoča spremljanje nivoja vode na 5 mm natančno.
- Menjave pospeškometrov:
 - CADS – nameščen pospeškometer tipa NMX Titan.
 - CRNS – nameščen pospeškometer tipa NMX Titan.
 - LJU – nameščen pospeškometer tipa NMX Titan.
 - VOJS – nameščen pospeškometer tipa NMX Titan.
- Menjave zajemalnih enot:
 - CRNS – nameščena zajemalna enota Q330HRS SN. 6309.
- Vzdrževanje nadzornih ter napajalnih sistemov. V letu 2025 smo izvajali kontrolo omejenega sistema na celotni DMPO. Izvedli smo naslednje ukrepe:
 - CRNS – menjava okvarjenega akumulatorskega polnilca z enakim delujočim.
 - JAVS – namestitev plovcev za spremljanje nivoja vode v obeh jaških
 - SKDS – namestitev plovcev za spremljanje nivoja vode v obeh jaških.
- Vzdrževanje komunikacij:
 - GBRS – menjava SHDSL modema ter napeljava optične povezave v servisni jašek.
 - GOLS – 2x menjava SHDSL modema.
 - JAVS – menjava LTE antene.
- Na potresnih opazovalnicah CRNS in KNDS smo v sodelovanju z INGV vzpostavili stalni GNSS sistem (oprema proizvajalca Stonex). Na potresnih opazovalnicah SKDS, VOJS in JAVS pa smo v sodelovanju z INGV izvedli testne postavitve GNSS sistemov. Ugotovili smo, da lokacija obstoječih stebrov ni dobra in bo potrebno zgraditi nove.

Delovanje DMPO_R v letu 2025

V letu 2025 je bila celotna DMPO_R opremljena z zajemalnimi enotami Q330HRS (Tasič, 2026). Ta tip zajemalnih enot omogoča tudi hranjenje podatkov v primeru izpada komunikacije. Z dvojnimi hranjenjem podatkov na mestu potresne opazovalnice, na zajemalni enoti in

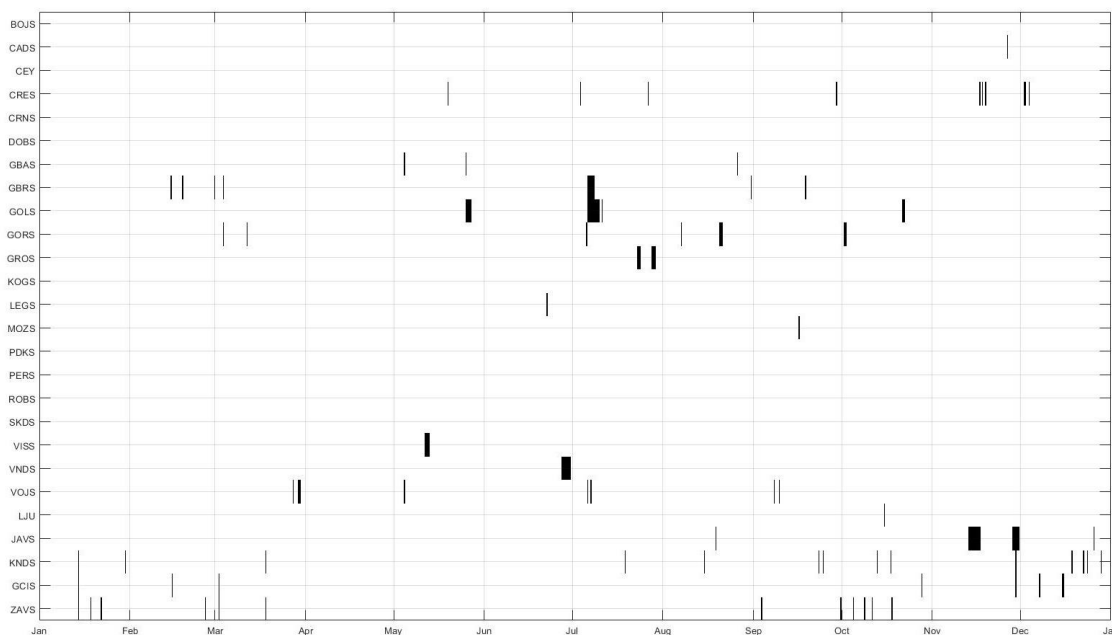
na dodatni enoti JetBox ali RPi, do izgube podatkov zaradi daljše prekinitve komunikacije praktično ne more več priti.

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 traja najmanj en dan.

V letu 2025 je bilo 21 potresnih opazovalnic opremljenih z nadzornim sistemom, ki v obeh jaških preverja 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).

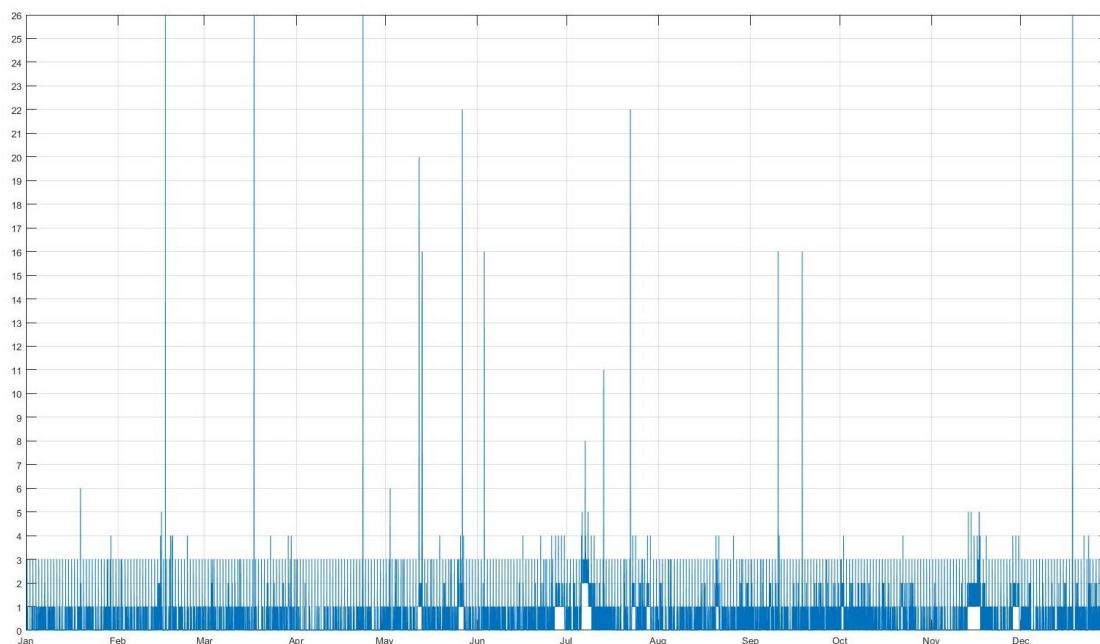
Do večje izgube seizmoloških podatkov v letu 2025 ni prišlo. Vseh pridobljenih podatkov (ne nujno sproti) je bilo v letu 2025 99,58 %. Največji delež k izgubi podatkov je prispeval večdnevni izpad napajanja na VNDS ter namestitvev novih omaric s podporno opremo. Večjih težav s komunikacijami v letu 2025 nismo imeli.

Na slikah 2a in 2b je prikazan pregled delovanja $DMPO_R$ v letu 2025, kjer črna barva (slika 2a) predstavlja nedelovanje oziroma izpad potresne opazovalnice. Pregled vseh izpadov ter opisi najdaljših izpadov za posamezno potresno opazovalnico so v preglednicah 1 in 2. Večina daljših izpadov, ki so posledica izpada komunikacijskih poti, ne predstavlja več trajne izgube podatkov, ampak le, da se analize morebitnega seizmičnega dogodka ne da delati sproti.



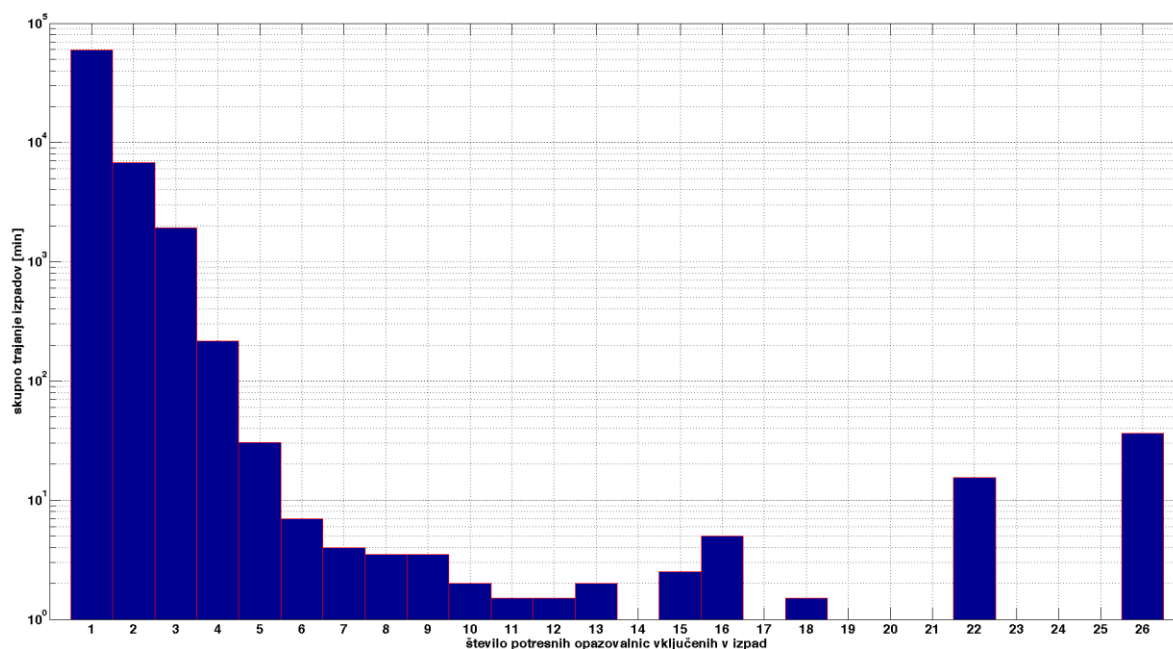
Slika 2a: Pregled delovanja $DMPO_R$ v letu 2025. Izpadi so označeni s črno barvo. Ločljivost slike omogoča, da so vidni le izpadi, daljši od treh ur.

Figure 2a: An overview of out-of-operation periods (black lines) for $SNRS_R$ in 2025. Due to the resolution, only out-of-operation periods longer than three hours are shown.



Slika 2b: Pregled delovanja DMPO_R v letu 2025. 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 SNRS_R in 2025. The ordinate axis shows the number of stations involved in the out-of-operation period.



Slika 3: Skupno trajanje izpadov več potresnih opazovalnic hkrati (letu 2025).

Figure 3: Total duration of out-of-operation periods that occurred at several seismic stations simultaneously in 2025.

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 vključenih enako število potresnih opazovalnic, kar pomeni, da je skupno trajanje izpadov, v katere je bilo istočasno vključenih

natanko 26 potresnih opazovalnic v letu 2025, znašalo 37 minut. 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.

Preglednica 1: Skupni podatki o številu izpadov in njihovem trajanju za DMPO_R v letu 2025.

Table 1: Out-of-operation periods (OOOP) for SNRS_R in 2025.

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	23	0d 2h 23m	0
CADS	76	0d 13h 3m	0
CEY	22	0d 7h 53m	0
CRES	905	3d 2h 53m	0
CRNS	21	0d 2h 8m	0
DOBS	21	0d 1h 35m	0
GBAS	118	0d 6h 36m	0
GBRS	651	5d 18h 28m	1
GCIS	1078	2d 6h 52m	0
GOLS	562	7d 1h 9m	2
GORS	138	2d 13h 51m	1
GROS	24	2d 17h 45m	2
JAVS	694	7d 21h 0m	2
KNDS	3746	5d 21h 54m	0
KOGS	24	0d 4h 5m	0
LEGS	70	0d 5h 40m	0
LJU	19	0d 3h 48m	0
MOZS	73	0d 7h 43m	0
PDKS	53	0d 2h 48m	0
PERS	141	0d 3h 24m	0
ROBS	48	0d 1h 49m	0
SKDS	22	0d 5h 13m	0
VISS	29	1d 18h 31m	1
VNDS	72	3d 15h 45m	1
VOJS	370	2d 19h 29m	0
ZAVS	1949	3d 6h 10m	0
Σ	10949	51d 15h 55min	10

Preglednica 2: Pregled najdaljših izpadov za posamezno potresno opazovalnico DMPO_R v letu 2025 in razlogi zanje.

Table 2: An overview and causes for the longest out-of-operation periods (OOOP's) for each station of the SNRS_R in 2025.

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	4. 4. ob 22.11	0d 1h 0m	izpad komunikacije
CADS	27. 11. ob 9.00	0d 3h 17m	izpad komunikacije
CEY	9. 7. ob 11.14	0d 5h 12m	izpad komunikacije
CRES	4. 12. ob 9.29	0d 1h 31m	izpad komunikacije
CRNS	19. 11. ob 13.06	0d 0h 31m	izpad komunikacije
DOBS	24. 4. ob 11.52	0d 0h 18m	izpad komunikacije
GBAS	27. 8. ob 6.49	0d 3h 31m	montaža nove omarice s podporno opremo
GBRS	6. 7. ob 22.6	2d 12h 3m	udar strele – izpad komunikacij
GCIS	25. 9. ob 7.45	0d 3h 45m	montaža nove omarice s podporno opremo
GOLS	6. 7. ob 23.35	3d 11h 48m	udar strele – okvara komunikacijske opreme
GORS	21. 8. ob 5.55	1d 3h 17m	izpad komunikacije
GROS	28. 7. ob 23.10	1d 8h 29m	izpad komunikacije
JAVS	13. 11. ob 23.40	4d 10h 36m	izpad komunikacije
KNDS	23. 3. ob 12.11	0d 1h 48m	izpad komunikacije
KOGS	20. 5. ob 6.49	0d 2h 4m	izpad komunikacije
LEGS	23. 6. ob 4.55	0d 3h 41m	izpad komunikacije
LJU	16. 10. ob 12.00	0d 2h 5m	izpad komunikacije
MOZS	17. 9. ob 7.15	0d 4h 33m	Izpad komunikacije
PDKS	24. 4. ob 11.52	0d 0h 17m	izpad komunikacije
PERS	27. 5. ob 23.00	0d 0h 17m	izpad komunikacije
ROBS	24. 4. ob 11.52	0d 0h 17m	izpad komunikacije
SKDS	16. 10. ob 8.34	0d 3h 44m	montaža nove omarice s podporno opremo
VISS	12. 5. ob 17.36	1d 14h 30m	napaka na komunikacijski opremi
VNDS	27. 6. ob 23.46	3d 10h 1m	udar strele – okvara energetskih vodov
VOJS	8. 9. ob 12.15	0d 10h 22m	izpad komunikacije
ZAVS	22. 1. ob 0.40	0d 1h 57m	izpad komunikacije

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

število opaz. / no. of stations	dolžina trajanja izpadov / length of OOP [min]						
	0–5 min	5–15 min	15–30 min	30–45 min	45–60 min	60–120 min	>120 min
2	1139	121	28	12	8	8	7
3	468	91	1	0	0	0	0
4	63	11	0	0	0	0	0
5	12	0	0	0	0	0	0
6	2	0	0	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	1	0	0	0	0	0	0
13	1	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
16	2	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	1	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
26	2	2	1	0	0	0	0

Zaključek

Predstavili smo povzetek analize delovanja DMPO_R v letu 2025 in najpomembnejše posodobitve. Ugotovili smo, da se izpadi (prekinitev v komunikaciji s posamezno potresno opazovalnico) pojavljajo neprestano. Medtem, ko je vzrok krajših izpadov vedno prekinitev komunikacij, pa so vzroki daljših izpadov raznovrstni in jih v grobem lahko delimo v tri skupine. V prvi skupini so težave oskrbe z električno energijo, v drugo skupino sodijo izpadi, ki so povezani s komunikacijsko potjo in opremo, v tretjo pa uvrščamo okvare na seizmološki opremi (na seizmometrih ali zajemalnih enotah). S podpornimi sistemi, ki jih razvijamo in

dopolnjujemo ter z rednimi posodobitvami in testiranji seizmološke merilne opreme, zmanjšujemo število in dolžino izpadov zaradi vseh naštetih vzrokov. V letu 2025 se tako lahko pohvalimo z 99,58 % pridobljenih podatkov. Do izgube podatkov je prišlo le ob namestitvi nove omarice s podporno opremo na šestih lokacijah, kjer smo morali začasno ugasniti seizmološko merilno opremo, ter ob daljšem izpadu oskrbe z električno energijo na potresni opazovalnici VNDS.

Predstavili smo tudi analizo izpadov več potresnih opazovalnic hkrati. V letu 2025 smo imeli 5 izpadov, v katerih je bila vključena celotna DMPO_R, v skupnem trajanju 37 minut. Posebno pozornost smo namenili tako imenovanim kritičnim izpadom, pri katerih več kot 75 % potresnih opazovalnic DMPO_R (20 ali več) izpade za več kot 5 minut. V letu 2025 smo imeli 4 tovrstne izpade.

Rezultati analiz delovanja opreme so nam v veliko pomoč pri nadaljnjem delu. Na njihovi osnovi vsakoletno izluščimo najpogostejše napake, ki povzročijo posamične izpade, 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, 2025. Državna mreža potresnih opazovalnic, delovanje v letu 2025, interno poročilo, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
- Tasič, I., 2026. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2026, Potresi v letu 2025, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792.

Kazalo

Dogodki v letu 2025

Events in 2025

Obisk ARSO pri italijanskih seizmologih na OGS v Vidmu

Seizmologi ARSO so 20. januarja 2025 obiskali Inštitut za oceanografijo in aplikativno geofiziko (OGS) v Vidmu. Italijanski seizmologi so predstavili operativne postopke, mrežo GNSS ter merilno opremo. Obisk je potekal v okviru vabljenega strokovnega predavanja. Gregor Rajh je ob tej priložnosti predstavil rezultate raziskav z uporabo lokalne seizmične tomografije. Pridobljeni izsledki pomembno prispevajo k boljšemu razumevanju geoloških procesov na širšem območju severozahodnega dela Dinarskega gorstva.



ARSO obiskali dijaki Gimnazije Bežigrad

ARSO so 29. januarja 2025 obiskali dijaki 4. letnika Gimnazije Bežigrad. Ina Cecić jim je pripravila zanimivo predavanje o osnovah seizmologije in potresih. Obiskovalci so spoznali tudi praktični vidik dela, saj jim je Marko Mali razkazal seizmološki laboratorij. Dijaki so tako dobili vpogled v raziskovalno delo in spremljanje potresne dejavnosti v Sloveniji.



Na posvetu SZGG je ARSO predstavil dve raziskavi

ARSO aktivno sodeluje v Slovenskem združenju za geodezijo in geofiziko (SZGG), ki deluje pod okriljem Mednarodne zveze za geodezijo in geofiziko (IUGG). Na vsakoletni skupščini in strokovnem posvetu člani predstavljajo ključne dosežke, raziskave ter zanimive dogodke preteklega leta. Posvet je potekal 30. januarja 2025 na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, kjer je ARSO sodeloval z dvema seizmološkima prispevkoma.

Prvi prispevek je osvetlil nenavaden seizmični pojav iz septembra 2023, ko so slovenske potresne opazovalnice zaznale izjemno dolgoperiodni signal s periodo 92 sekund. Signal je trajal skoraj šest dni in ni bil podoben nobenemu prej zabeleženemu dogodku. Analize so pokazale, da izvira iz vzhodne Grenlandije, kjer je obsežen plaz v fjordu Dickson sprožil približno 200 metrov visok cunami. Raziskava, objavljena leta 2024 v znanstveni reviji *Science*, je potrdila, da je prav ta dogodek povzročil globalno zaznaven seizmični signal, ki so ga zabeležile tudi slovenske potresne opazovalnice.

Drugi prispevek se je osredotočil na uporabo metode mikrotremorjev za raziskovanje podzemne zgradbe Ljubljanskega barja. Gre za hitro in neinvazivno metodo, ki na podlagi naravnih tresljajev tal omogoča določanje debeline mehkih sedimentov. Meritve so pokazale velike razlike v debelini sedimentov, ki segajo od 20 do 170 metrov. Na tej osnovi so raziskovalci izdelali podrobne modele podzemne zgradbe območja. Rezultati raziskave pomembno prispevajo k boljšemu razumevanju potresne nevarnosti, učinkovitejšemu načrtovanju gradenj ter upravljanju ključnih vodnih virov, kot je Iški vršaj.

ARSO s tovrstnimi raziskavami utrjuje svojo vlogo pomembnega akterja na področju geofizikalnih raziskav in spremljanja naravnih pojavov.

Predavanje o potresih in delu seizmologov za lokalno skupnost Palčje

V začetku leta 2020 je ZRC SAZU v okviru projekta RI-SI-EPOS kupil 6 prenosnih seizmoloških opazovalnic. V sodelovanju z ARSO so bile poleti istega leta nameščene na območju med Postojno, Jelšanami in gradom Snežnik.

Ena izmed opazovalnic novo postavljene mreže SLO Karst NFO je bila julija 2020 postavljena v Ekomuzeju Pivških presihajočih jezer ter tam delovala do junija 2022, ko je bila zaradi prenove objekta prestavljena v Osnovno šolo Palčje.

Na pobudo Ekomuzeja Pivških presihajočih jezer je imela seizmologinja Tamara Jesenko v Osnovni šoli Palčje predavanje, v katerem je pojasnila osnovne pojme seizmologije, beleženje potresov, obveščanje javnosti o močnih potresih in delovanje Državne mreže potresnih opazovalnic. Podrobneje je predstavila potresno aktivnost na območju Pivške in Košanske doline in izpostavila pomen in doprinos postavljanja začasne mreže potresnih opazovalnic, kot je SLO Karst NFO.

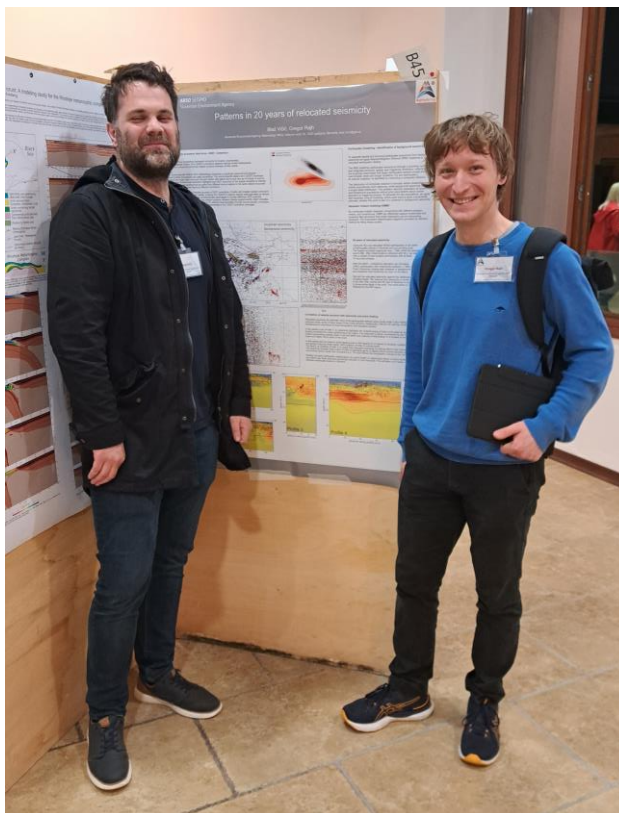


Delavnica AdriaArray 2025 združila seizmologe: ARSO predstavil raziskave

Seizmologi ARSO so se med 11. in 14. marcem udeležili mednarodne delavnice AdriaArray, ki je potekala na San Servolu v Italiji. Dogodek, posvečen največjemu pasivnemu seizmičnemu eksperimentu v Evropi, je združil številne strokovnjake s področja seizmologije, ki so predstavili najnovejše raziskave, izmenjali strokovne izkušnje ter poglobili razumevanje procesov v Zemljini notranjosti. Udeležba je ARSO omogočila vpogled v najnovejše znanstvene dosežke in dodatno okrepila sodelovanje z mednarodno raziskovalno skupnostjo.

Projekt AdriaArray predstavlja obsežno mednarodno pobudo, ki z gosto mrežo potresnih opazovalnic pokriva območje Jadranske plošče in njenih aktivnih robov. Z vključitvijo več kot 1500 stalnih in začasnih merilnih mest omogoča izjemno natančen vpogled v zgradbo zemeljske skorje in zgornjega plašča ter izboljšuje razumevanje potresne dejavnosti in potrebne nevarnosti v širši regiji. Mreža sega od Centralnega masiva na zahodu do Karpatov na vzhodu ter od Alp na severu do Kalabrijskega loka in celinske Grčije na jugu.

Podatki iz opazovalnic se sproti prenašajo v enoten integriran evropski podatkovni arhiv EIDA. Projekt združuje 442 udeležencev iz 64 institucij v 30 državah, podpirata pa ga raziskovalni infrastrukturi ORFEUS (Observatories and Research Facilities for European Seismology) in EPOS (European Plate Observing System).



130. obletnico ljubljanskega potresa obeležili z raznovrstnimi vsebinami

Ob 130. obletnici ljubljanskega potresa smo pripravili nabor vsebin, s katerimi smo osvetlili pomen enega najpomembnejših zgodovinskih dogodkov. Spomin na potres smo obeležili s [podkastom](#), televizijskim prispevkom v [oddaji Dnevnik na TV Slovenija](#) ter z izobraževalnimi in poljudnimi gradivi.

Posebno mesto ima [brošura Sprehod po potresni Ljubljani](#), ki bralce vodi skozi ključne lokacije in zgodbe, povezane s potresom, ter [film](#) z istim naslovom, ki na vizualen način približa dogajanje in posledice naravne nesreče.

Pripravljene vsebine prispevajo k boljšemu razumevanju potresne nevarnosti, hkrati pa poudarjajo, kako je potres leta 1895 oblikoval razvoj sodobne Ljubljane in njeno urbanistično podobo.

Sprehod po potresni Ljubljani za sodelavce ARSO pod vodstvom seizmologinje Ine Ceciĉ

V petek, 9. maja 2025, je v središču Ljubljane potekal voden ogled, posveĉen potresni zgodovini mesta. Sprehod je vodila seizmologinja Ina Ceciĉ, ki je sodelavcem na ARSO pribliŹala kljuĉne dogodke in posledice najmoĉnejših potresov, ki so zaznamovali prestolnico.

Ogled je obsegal sedem postankov, na katerih so udeleŹenci spoznavali priĉevanja o dveh najpomembnejših zgodovinskih potresih, ki sta prizadela Ljubljano – potresu 26. marca 1511 in potresu 14. aprila 1895. Oba sta povzročila obseŹno škodo in pomembno vplivala na Źivljenje v mestu ter njegovo nadaljnjo urbanistiĉno in druŹbeno ureditev.

Posebej je bil izpostavljen potres leta 1895, ki ni pomenil le razdejanja, temveĉ tudi prelomnico v razvoju Ljubljane. Po njem je mesto dobilo prvi sodobni urbanistiĉni naĉrt, ki je zaznamoval njegov nadaljnji razvoj. Sprehod je udeleŹencem ponudil vpogled v to, kako naravne nesreĉe oblikujejo prostor, v katerem Źivimo, ter poudaril pomen razumevanja potresne nevarnosti tudi danes.



UdeleŹenci vodenega ogleda po središču Ljubljane.

V Maroku na sreĉanju uporabnikov informacijskega sistema Antelope za obdelavo seizmiĉnih podatkov

Seizmologa Jurij Pahor in Marko Mali sta se med 19. in 22. majem 2025 udeleŹila rednega letnega sreĉanja uporabnikov informacijskega sistema za obdelavo seizmiĉnih podatkov Antelope (Antelope Users Group Meeting), ki ga je organiziral Nacionalni center za tehniĉne in znanstvene raziskave – Nacionalni inštitut za geofiziko (CRNST – ING) v Rabatu, Maroko. Na strokovnem sreĉanju so razvijalci iz podjetja Boulder Real Time Technologies iz ZDA

predstavili novosti v letošnji nadgradnji Antelope, načrtovan nadaljnji razvoj ter izmenjali izkušnje z uporabniki sistema pri uporabi določenih funkcij. Potekala je živahna razprava o uporabi različnih orodij ter želje po dodatnih funkcijah, ki jih razvijalci sistema v čim večji meri skušajo uresničiti. Jurij Pahor je na srečanju predstavil delo ARSO na področju seizmologije ter izkušnje z uporabo orodij strojnega učenja za analizo potresov, kar je trenutno zelo aktualna tema.

Informacijski sistem Antelope uporabljajo mnoge institucije po svetu, uporabniki tega sistema so med seboj dobro povezani in sodelujejo pri mnogih projektih. Slovenska seizmološka služba ARSO je skupaj z avstrijsko Geosphere in italijansko OGS že leta 2001 začela s sprotno izmenjavo seizmoloških podatkov, kar je bilo mogoče tudi zaradi tehnoloških zmogljivosti sistema Antelope.

Srečanja v Rabatu so se udeležili seizmologi iz osmih držav – iz Italije, Avstrije, Nemčije, Maroka, Omana, Južne Koreje, ZDA ter Slovenije – kar je omogočilo ohranjanje in poglobljanje medsebojnega sodelovanja.



ARSO na Znanstivalu 2025

ARSO je sodelovala na ljubljanskem Znanstivalu 2025, tridnevnem festivalu promocije izobraževanja, znanosti in znanstvenega načina razmišljanja. Od 30. maja do 1. junija 2025 se je odvijal na Ljubljanskih ulicah, mostovih, trgih in v Hiši eksperimentov.



V množici zanimivih stojnic na Stritarjevi ulici je ena pripadla tudi ARSO. V petek so jo zasedle sodelavke iz Sektorja za ekološko stanje voda in Sektorja za kemijsko stanje voda. Predstavile so kakovost slovenskih kopalnih voda s poudarkom na Blejskem in Bohinjskem jezeru, ki v poletnem času nudita ohladitev številnim kopalcem.

Seizmologi pa so zavrtili “časovni stroj” in obiskovalce v soboto popeljali 130 let v preteklost – v čas, ko je močan potres zatresel Ljubljano in za vedno zaznamoval njeno podobo. To obdobje je radovednežem pomagala približati tudi direktorica Urada za seizmologijo Martina Čarman. Povedala je, da so si starejši obiskovalci na stojnici z velikim zanimanjem ogledali galerijo fotografij popotresne Ljubljane in z veseljem delili spomine na potres in druge mestne zgodbe, ki so jim jih pripovedovali še njihovih dedki in babice. Otroci so na stojnici izvedeli, da so Ljubljančani, ki so po potresu ostali brez strehe nad glavo, svoje prenočišče našli v lesenih zeljarskih sodih. Po obnovi je Ljubljana postala svetovljansko mesto, z mnogimi lepimi stavbami. Obiskovalci so si lahko izdelali makete nekaterih stavb v okolici Tromostovja, na primer Kresije, Filipovega dvorca, Hauptmannove hiše in palače Urbanc, in jih odnesli domov. Ob tej priložnosti so seizmologi pripravili tudi informativno [knjižico](#), s katero se lahko vsak samostojno sprehodi po Ljubljani in odkriva, kako se je mesto zaradi potresa spremenilo.

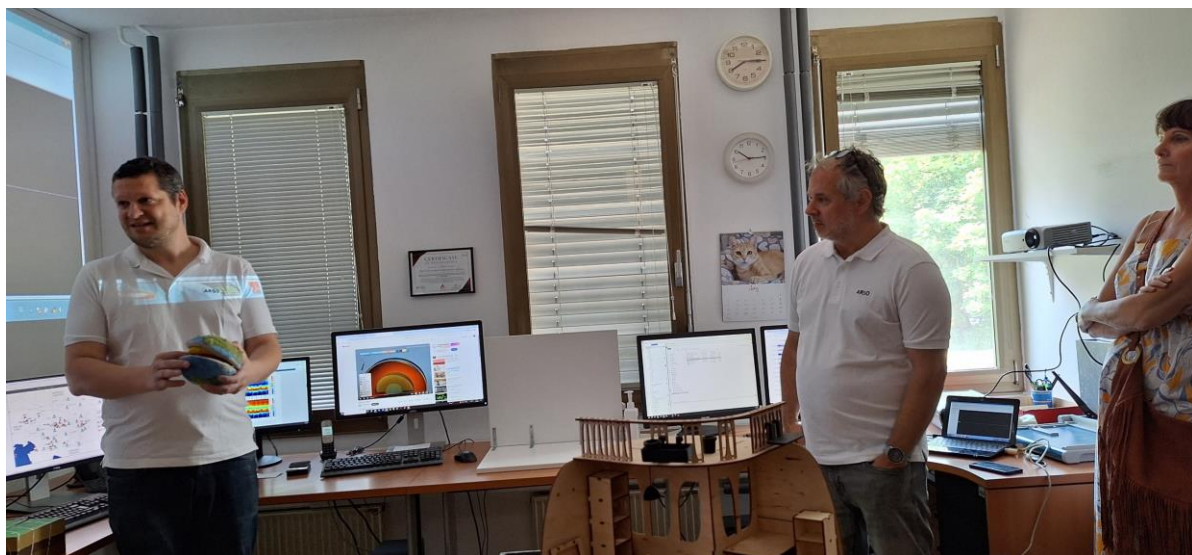
Dan odprtih vrat na ARSO

Prva sobota v juniju 2025 je bila za strokovnjake ARSO delovno obarvana, saj so ponovno odprli vrata javnosti. Obiskovalce so sprejemali v dveh terminih, ob 8.00 in 10.00, skupaj pa jih je prišlo približno 50.

Pomembno vlogo pri predstavitvi dejavnosti agencije so imeli tudi seizmologi, ki so obiskovalcem približali svoje delo, spremljanje potresne dejavnosti ter pomen pravočasnega in zanesljivega obveščanja javnosti. Poseben poudarek je bil na predstavitvi vsakodnevnega dela, ki poteka v ozadju zaznave potresov.

Obiskovalci so spoznali tudi delo drugih strokovnjakov, od spremljanja kakovosti voda in zraka do kalibracije merilnih instrumentov ter vzorčenja tal.

Po koncu ogledov so obiskovalci izrazili veliko zadovoljstvo in hvaležnost za možen vpogled v delo strokovnjakov ARSO.



Strokovni srečanja skupine ORFEUS SM-SMC in ShakeMap-EU v Milanu

V prostorih Nacionalnega inštituta za geofiziko in vulkanologijo (INGV) v Milanu sta v okviru projekta Geo-Inquire EC od 3. do 5. junija 2025 potekali letni srečanja delovnih skupin

ORFEUS Strong Motion – Service management committee (SM-SMC) in ShakeMap-EU. Srečanja sta se udeležili seizmologinji Anita Jerše Sharma in Polona Zupančič.

EPOS-Seizmologija, ki ga vodita in koordinirata ORFEUS in EMSC, skrbi za vzpostavitev evropske infrastrukture za pretok seizmoloških podatkov, znanja in raziskavi, ki omogoča in spodbuja multidisciplinarne raziskave na področju opazovanja dinamike tektonskih plošč.

Anita Jerše Sharma se je kot predstavnica ARSO v delovni skupini ORFEUS Strong-Motion Service Management Committee (SM-SMC) udeležila dvodnevne srečanja. Srečanje je potekalo v mešani obliki (delno v živo, delno prek spleta) in je združilo okoli 20 strokovnjakov iz različnih evropskih držav. Delavnica je bila namenjena usposabljanju za uporabo posodobljenega orodja ESMPPro za obdelavo zapisov močnih potresov. Udeleženci so sodelovali v interaktivni predstavitvi obdelovalnega postopka z uporabo resničnih dogodkov, kjer so samostojno preizkušali in obdelovali izbrane primere potresov. Razpravljali so o uporabnosti in praktičnosti nove spletne platforme ter o načrtu za prehod na uporabo orodja ESMPPro. V okviru rednega letnega sestanka odbora SM-SMC so bile predstavljene tri razvojne naloge, financirane iz sredstev SM-SMC. Potekale so tudi volitve novega predsednika odbora ter razprava o trenutnem stanju in prihodnjih aktivnostih odbora.

Tretji dan je bil posvečen evropski iniciativi ShakeMap-EU, ki je namenjena samodejnemu in poenotenemu kartiranju potresnih učinkov po zmernih in močnih potresih na območju Evrope in Sredozemlja. Od leta 2024 v iniciativi sodeluje tudi ARSO s prispevanjem vhodnih podatkov, lokalnih modelov in relacij za slovensko ozemlje ter tako izboljšuje natančnost kartiranja, posodablja lastne postopke v skladu z evropskimi smernicami ter s svojim strokovnim znanjem sooblikuje prihodnji razvoj tega področja. Udeleženci tokratnega srečanja so bili iz Evrope in širšega Sredozemlja, preko spleta pa so predavali tudi predstavniki in soavtorji programa ShakeMaps iz Ameriškega zveznega geološkega zavoda USGS. Tema letošnjega srečanja je bila vključitev podatkov spletnih vprašalnikov o učinkih potresa »Ste čutili potres?« v izdelavo kart tresenja tal.



Določitev lastnosti kamnin na potresnih opazovalnicah z uporabo plitve seizmične metode MASW

Poznavanje lastnosti kamnin pod potresno opazovalnico je ključno za oceno ojačitve tresenja tal lokacije. Med pomembnejše podatke sodita hitrost vzdolžnega in prečnega valovanja v kamninah pod opazovalnico.

Za izdelavo hitrostnih profilov strižnega valovanja pod potresnimi opazovalnicami strokovnjaki Geološkega zavoda Slovenije na opazovalnicah izvajajo geofizikalne meritve z metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves ali večkanalna analiza površinskih valov).

Pri metodi MASW je seizmični signal sprožen s kladivom, odziv tal pa beležijo 4,5 Hz vertikalni geofoni. Z razlago meritev bodo izdelani hitrostni profili strižnega valovanja do globine 30 m, če bodo to dopuščale okoliščine (npr. prostor za dovolj dolgo in pravilno razvrstitev geofonov). Na podlagi dostopnih podatkov in MASW meritev bodo podatki predstavljeni tudi v obliki litološkega ali litostratigrafskega stolpca.

Prve meritve so bile opravljene aprila 2025 na travniku stavbe ARSO, na Vojkovi v Ljubljani. V jeseni bo na tem travniku postavljena nova potresna opazovalnica.



Meritve na travniku stavbe ARSO na Vojkovi v Ljubljani

Konec maja so bile meritve izvedene tudi na Golovcu, kjer od leta 1958 do danes neprekinjeno deluje danes najstarejša potresna opazovalnica v Sloveniji.





Meritve na travniku Geofizikalnega observatorija na Golovcu, na potresni opazovalnici Ljubljana (LJU)

Raziskave prelomov razkrivajo potresno dogajanje v davni preteklosti

Urad za seizmologijo že vrsto let sodeluje z Geološkim zavodom Slovenije (GeoZS) pri raziskavah aktivnih prelomov Slovenije z namenom pridobiti podatke za oceno potresne nevarnosti. Nova karta potresne nevarnosti je bila končana leta 2021, vendar se raziskave aktivnih struktur v Sloveniji nadaljujejo. V juniju so seizmologi obiskali paleoseizmološki razkop na Raškem prelomu v okolici Kobdilja. To je že tretja tovrstna raziskava na tem približno 80 km dolgem aktivnem prelomu, ki sega od Furlanije preko Krasa do Ilirske Bistrice. Strokovni ogled je vodila dr. Petra Jamšek Rupnik z GeoZS, priznana strokovnjakinja kvartarne geomorfologije in vodja projekta. V preteklih letih so bile na Raškem prelomu izvedene številne raziskave (npr. detajlno strukturno-geološko kartiranje, geomorfološke analize, plitve geofizikalne raziskave), ki so omogočile določitev najugodnejših lokacij za paleoseizmološke razkope. Tovrstne raziskave so zelo pomembne saj pomagajo razkriti potresno dogajanje na prelomu v zadnjih tisočletjih, medtem ko seizmološki katalogi potresov segajo le nekaj stoletij v preteklost.



Izid publikacije Potresi v letu 2024

20. junija 2025 je izšla letna e-publikacija Urada za seizmologijo, Potresi v letu 2024, kjer so zbrani prispevki o potresih in drugih zanimivostih s področja seizmologije v letu 2024. Dostopna je v arhivu letnih publikacij.



Uvodno srečanje za projekt CONCORDIA

ARSO je junija 2025 začel s čezmejnimi projektom CONCORDIA, ki bo izboljšal upravljanje tveganj in odzivanje na naravne nesreče, predvsem na potrese in plazove, na obmejnem območju med Slovenijo in Italijo. Uvodno srečanje je potekalo 18. junija 2025. ARSO vodi delovni paket, ki razvija skupna orodja za čezmejno ukrepanje, sodeluje tudi pri razvoju merilne infrastrukture, določanju vrste nevarnosti in izobraževanju končnih uporabnikov. Projekt vodi Univerza v Trstu. Sodeluje 5 partnerjev in 3 pridruženi partnerji. Trajal bo od 1. junija 2025 do 31. maja 2027, financiran pa je iz programa Interreg Italija–Slovenija 2021–2027. Projekt poteka pod geslom “Skupaj za varnejšo prihodnost!”.

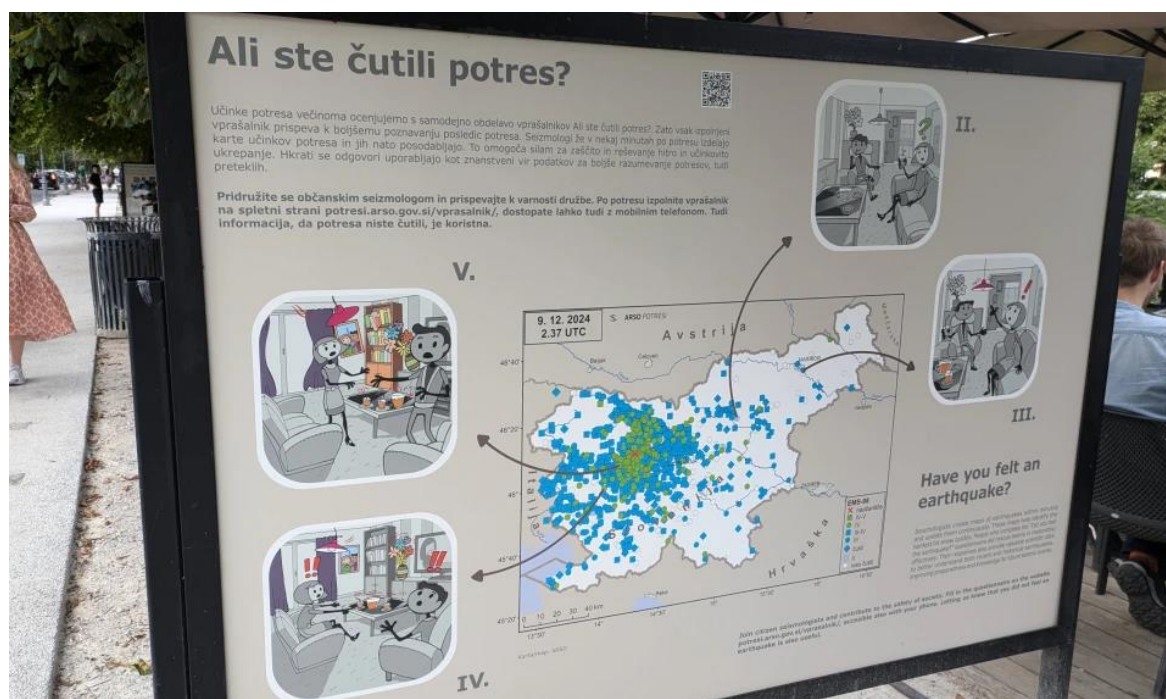


Otvoritev razstave "Odkrivaj, sodeluj, raziskuj – Občanska znanost v Sloveniji"

V četrtek, 31. julija 2025, so seizmologi ARSO sodelovali na odprtju razstave 'Odkrivaj, sodeluj, raziskuj', ki jo je pripravila Občanska znanost v Sloveniji. Na ogled je bila od 1. do 31. avgusta 2025 na Krakovskem nasipu v Ljubljani. Na razstavi so bili predstavljeni najboljši primeri občanske znanosti. Razstava je obiskovalce popeljala skozi aktualne raziskovalne projekte.

Občanska znanost je oblika znanstvenega raziskovanja, kjer lahko kot neprofesionalen raziskovalec ali raziskovalka sodeluje vsak, ne glede na starost, izobrazbo ali strokovno znanje. Pomembno je le, da ga ženeta radovednost in želja po prispevanju k znanstvenim raziskavam. Občanska znanost ljudem omogoča, da pri znanstvenih raziskavah aktivno sodelujejo, in sicer se lahko vključujejo na različnih stopnjah raziskovalnega procesa: od načrtovanja raziskav do opazovanja pojavov, zbiranja podatkov, analize rezultatov, sporočanja odkritij svetu itd. Tako postaja znanost bolj vključujoča in odprta za javnost.

Dogodek je privabil številne obiskovalce, ki so si ogledali zanimive projekte in izvedeli, kako lahko tudi sami prispevajo k zbiranju in analizi podatkov. Razstava je bila interaktivna in je obsegala 22 plakatov, na katerih je bilo predstavljenih več kot 30 projektov. Dva četrta v mesecu – 7. in 21. avgusta – sta bila na voljo tudi vodenena ogleda, kjer so bili predstavljeni posamezni projekti in njihovi prispevki k znanosti. Med njimi tudi projekt ARSO »Ali ste čutili potres?«.



Seizmologi v Lizboni na mednarodni konferenci IASPEI

Anita Jerše Sharma se je udeležila mednarodne konference IASPEI (International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior), ki je leta 2025 od 1. do 5. septembra potekala v Lizboni, v prostorih Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Konferenca je

združila številne strokovnjake z vsega sveta s področja seizmologije. Obravnavane so bile zelo raznolike teme – od teoretičnih in metodoloških pristopov do praktičnih uporab pri spremljanju in zmanjševanju potresne ogroženosti. Nekatere za ARSO posebej zanimive predstavljene vsebine so bile:

- Makroseizmologija – predstavitev metod zbiranja in analize podatkov po svetu ter pomen njihove uporabe pri ocenjevanju učinkov potresov.
- ShakeMaps – nove možnosti izdelave kart tresenja tal in njihova uporabnost pri hitrem obveščanju javnosti ter služb za zaščito in reševanje.
- Mreže potresnih opazovalnic – izzivi pri zagotavljanju goste, zanesljive in tehnološko sodobne mreže opazovalnic, ki omogoča hitrejša in natančnejša zaznavanje potresov.

Zanimiva so bila tudi predavanja s tematiko izobraževanja in promocije geoznanosti, predvsem seizmologije, in predavanja o nedavnih uničujočih potresih.

Anita Jerše Sharma se je udeležila sestanka delovne skupine ESC Working Group on Best Practices for the Collection, Assessment and Exploitation of Macroseismic Data, ki jo vodita seizmologa iz INGV, Andrea Rovida in Vera D'Amico. ARSO bo v prihodnje aktivno sodeloval s skupino. Na sestanku je bila posebej pomembna razprava o novi mednarodni makroseizmični lestvici (IMS-25), ki jo je predstavil David Wald (USGS). Lestvica bo kmalu izdana in bo pomembno vplivala na nadaljnje delo pri ocenjevanju učinkov potresov.

Prav tako se je kot predstavnica ARSO udeležila Generalne skupščine EMSC (Evropsko sredozemska seizmološka organizacija), ki jo je vodil Rémy Bossu. Na zasedanju so bili predstavljeni finančni vidiki, prihodnji načrti ter izzivi v okviru EMSC.

Udeležba na konferenci je bila izjemno koristna tako z vidika strokovnega izpopolnjevanja kot tudi zaradi priložnosti za mednarodno povezovanje s strokovnjaki in izmenjavo dobrih praks.



Do potresne opazovalnice v Postojnski jami s turističnim vlakcem

V Postojnski jami že 15 let, natančneje od 7. maja 2010, beležimo potrese. Potresno opazovalnico je ARSO postavili v sodelovanju z Univerzo v Trstu in Inštitutom za raziskovanje krasi (IZRK) pri ZRC SAZU z namenom opazovanja potresne dejavnosti v neposredni bližini aktivnega preloma Predjama-Avče.

Del tega preloma poteka prav skozi Postojnsko jamo in je lepo viden. V jami izvaja IZRK poleg potresnih meritev tudi meritve pomikov z ekstenziometri neposredno na prelomu v jami. Za ogled in vzdrževanje potresne opazovalnice, ki ima oznako TTPJ, nas prijazni upravljalci Postojnske jame del poti zapeljejo kar s turističnim vlakcem, nato pa je do rova, v katerem sta danes nameščena seizmometer in akcelerometer, še nekaj minut hoje.

Potresna opazovalnica sproti pošilja podatke na ARSO, do nje je napeljana internetna povezava, vendar na začetku ni bila opremljena s točnim časom, saj je bilo zaradi tehničnih ovir težko prenesti GPS signal do zajemalne enote. Taki podatki so vseeno uporabni, saj se nekaj informacij o potresu lahko izlušči iz zapisov tudi, če imajo netočen čas. Del opreme je bil leta 2018 posodobljen z inštrumenti kupljenimi v okviru projekta RI-SI-EPOS, opazovalnica pa je postala del mreže SLO Karst Near Fault Observatory, več informacij je na <https://slo-karst-nfo.si/>. Nova oprema omogoča tudi sinhronizacijo meritev s točnim časom.

Mreža SLO Karst NFO vsebuje še šest potresnih opazovalnic na Ilirskobistriškem in Cerkniškem. V prihodnosti jo želimo dopolniti z GNSS opazovalnicami za neposredno merjenje pomikov tal, kar bo močno izboljšalo poznavanje tektonske dinamike na tem območju in tudi širše.



Udeležba ARSO na dogodku o satelitskih storitvah za obvladovanje nesreč

Anita Jerše Sharma se je 9. septembra 2025 udeležila dogodka Satellite-based Services for Disaster Risk Management na Brdu pri Kranju. Namen dogodka je bil predstaviti, kako satelitske tehnologije in podatki EU programov (Copernicus, Galileo, GOVSATCOM, IRIS2) prispevajo k preprečevanju, pripravljenosti, odzivanju in obnovi ob nesrečah. Sodelovali so predstavniki Evropske komisije, ministrstev ter agencije EUSPA. Sledila je razprava na visokem političnem nivoju o pomenu evropskih vesoljskih zmogljivosti in vlogi Slovenije pri njihovem razvoju in uporabi.

V dveh panelnih razpravah so strokovnjaki iz raziskovalnih ustanov, državnih organov in podjetij predstavili primere uporabe satelitskih podatkov pri obvladovanju nesreč ter razpravljali o izzivih in priložnostih, povezanih z njihovim širšim vključevanjem v prakso. Poseben

poudarek je bil na priložnostih financiranja ter na izzivih pri uporabi satelitskih podatkov v operativnih postopkih zaščite in reševanja.



Sprehod po potresni Ljubljani za udeležence konference European Meteorological Society

V petek, 12. septembra 2025, smo izvedli voden ogled po centru Ljubljane, kjer je seizmologinja Ina Cecić udeležencem konference Evropskega meteorološkega društva predstavila zgodovinske potrese, ki so spremenili izgled mesta.



Pogled v globoko notranjost Zemlje in drugih planetov s korelacijo kode zapisov potresov

Na Evropsko noč raziskovalcev, 26. septembra 2025, smo imeli izredno priložnost prisluhniti predavanju svetovno priznanega geofizika prof. Hrvoja Tkalčiča. Predavanje je potekalo v Svečani dvorani Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, soorganizirala pa sta ga ARSO in SZGG.

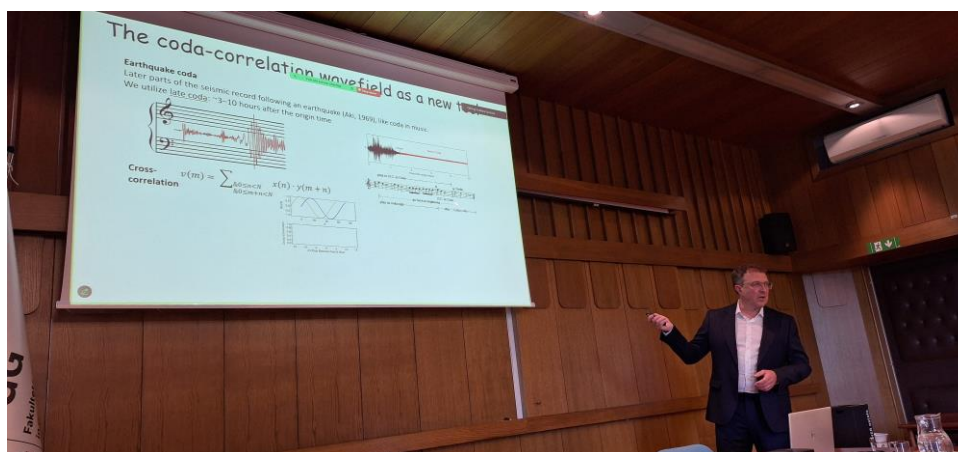
Prof. Tkalčič, redni profesor in vodja geofizike na Avstralski narodni univerzi ter direktor potresne in infrazvočne opazovalnice Warramunga, sodi med vodilne strokovnjake na področju raziskovanja notranje zgradbe Zemlje. Njegovo znanstveno delo je bilo večkrat nagrajeno, med drugim s prestižno Price medaljo Kraljevega astronomskega društva, obenem pa je član Avstralske akademije znanosti in Ameriške geofizikalne zveze.

V predavanju z naslovom »Looking Deep Inside the Earth and Other Planets with Coda Correlation Seismology« je predstavil inovativno seizmološko metodo, ki omogoča vpogled v notranjost Zemlje in drugih planetov tudi tam, kjer je pokritost s seizmičnimi podatki omejena. S pristopom kodne korelacije seizmičnih zapisov so raziskovalci uspeli zaznati strižne valove, ki potujejo skozi notranje jedro, in s tem dodatno potrdili njegovo trdno strukturo.

Predstavil je tudi pomembna nova spoznanja o zgradbi Zemljinega jedra. Raziskovalna skupina pod njegovim vodstvom je ugotovila, da zunanje jedro ni homogeno, temveč vsebuje nizkohitrostno ekvatorialno torusno strukturo. Z analizo korelacij seizmičnih signalov so uspeli izolirati večkratne reverberacije valov skozi celoten premer Zemlje ter potrdili anizotropijo v najglobljem delu notranjega jedra.

Poudaril je, da bodo metode, kot je kodna korelacija, v prihodnje v kombinaciji z gostejšo mrežo seizmičnih senzorjev ključne za nadaljnji razvoj globalne in planetarne seizmologije.

Dogodek je udeležencem ponudil poglobljen vpogled v sodobne raziskovalne pristope ter prispeval k večjemu razumevanju procesov v globinah našega planeta.



Udeležba na srečanju uporabnikov programa ArcGIS

V Grand Plaza hotelu v Ljubljani je 30. septembra 2025 potekalo srečanje uporabnikov programa ArcGIS, ki ga letno prireja podjetje GDi.

Na srečanju so bile predstavljene ključne novosti ter zanimivi praktični primeri uporabe tega programa. Med njimi je svoj izdelek predstavila tudi Mestna občina Ljubljana, ki je program uporabila za pomoč pri gasilski vaji ob scenariju uničujočega potresa, ki se je izvedla konec maja 2025. V predstavitvi je bila omenjena tudi Karta potresne nevarnosti s projektnimi pospeški tal, ki jo je ARSO izdala leta 2021. Cilj vaje je bilo preizkusiti delovanje ljubljanskih gasilcev in ostalih služb zaščite in reševanja. Tekom predstavitve so opozorili predvsem na ranljivost starih stavb v Ljubljani, ki bi lahko bile kritične ob večjem potresu.

Srečanja sta se udeležili seizmologinji Polona Zupančič in Polona Kuhar.



Predstavitve koncepta Obhodnic in uporabe ESRI – Survey123 tehnologije v Civilni zaščiti MOL

V torek, 21. oktobra 2025, je bila na ARSO predstavitve aplikacije Obhodnice, ki jo Civilna zaščita Mestne občine Ljubljana (CZ MOL) uporablja za zbiranje podatkov o poškodovanosti objektov po potresih in drugih naravnih ujmah. Aplikacijo sta predstavila Luka Novak in Željko Gudžulić iz Oddelka za zaščito in reševanje Mestne občine Ljubljana.

Na predstavitvi sta gosta prikazala koncept sistema Obhodnic ter uporabo tehnologije ESRI ArcGIS Survey123 v CZ MOL. Poudarila sta pomen digitalizacije, ki omogoča hiter, sočasen in zanesljiv prenos velike količine podatkov s terena, zlasti ob naravnih nesrečah večjih razsežnosti, kot so rušilni potresi.

Obhodnice temeljijo na vnaprej pripravljenem naboru vprašanj, ki zagotavlja celovito sliko razmer na terenu. Zbrani podatki omogočajo štabom Civilne zaščite hitro, natančno in učinkovito odločanje ter boljše usmerjanje reševalnih aktivnosti. Ob tem so izpostavili tudi pomen verodostojnih terenskih informacij, ki so ključne za uspešno sodelovanje domačih in tujih reševalnih enot ob večjih nesrečah.



Geo-INQUIRE izobraževanje na temo fizikalno podprtih modelov potresne nevarnosti

Med 19. in 25. oktobrom 2025 se je seizmolog Blaž Vičič udeležil izobraževanja o naprednih metodah za določanje potresne nevarnosti.

Na izobraževanju, ki je bilo organizirano na Švicarskem zveznem inštitutu za tehnologijo ETH Zürich, se je Blaž dodobra spoznal z modeliranjem fizikalnih procesov in časovnega poteka potresnega cikla, kar bo v prihodnje uporabljeno v nadgradnji obstoječih kart potresne nevarnosti v Sloveniji. Poleg tega se je spoznaval tudi s tako imenovanim epidemskim tipom popotresne aktivnosti (Epidemic Type Aftershock Sequence - ETAS), ki se po svetu uporablja za ocenjevanje verjetnosti pojavljanja močnejših popotresov na nekem območju po glavnem potresu.

Slavni študent in priznani predavatelj švicarskega zveznega inštituta je bil Albert Einstein, ki se je na ETH Zürich izobraževal med leti 1896 in 1900, predaval pa med leti 1912 in 1914.



Pogled na Zürich s terase na Švicarskem zveznem inštitutu za tehnologijo (levo) in pred omarico profesorja Alberta Einsteina (desno).

Sodelovanje ARSO na 3. dnevu občanske znanosti v Novi Gorici

V sredo, 12. novembra 2025, je ARSO v Goriški knjižnici Franceta Bevka v Novi Gorici sodeloval na 3. dnevu občanske znanosti 2025. Dogodek je predstavil številne navdihujoče primere domačih in tujih projektov občanske znanosti, ki uspešno vključujejo prebivalce v raziskovalne procese.

ARSO sta zastopali sodelavki Anita Jerše Sharma in Polona Kuhar, ki sta na stojnici predstavljali projekt »Ste čutili potres?«. Obiskovalce sta spodbujali, naj postanejo opazovalci potresov, bodisi z registracijo na spletni strani bodisi z izpolnitvijo vprašalnika ob potresu, saj je vsak podatek pomemben. Zbrani odzivi poročevalcev se vključujejo v pripravo kart učinkov potresov in pomagajo usmerjati reševalne ekipe tja, kjer je pomoč najbolj potrebna.

Dogodek je bil tudi priložnost za promocijo projekta CONCORDIA (Interreg Italija–Slovenija), ki krepi čezmejno sodelovanje ter vključuje ljudi v znanstvene procese.



ARSO gostil avstrijske seizmologinje iz GeoSphere

Na ARSO so med 3. in 5. novembrom 2025 gostili skupino seizmologinj iz avstrijske agencije GeoSphere z Dunaja. V odprtem in konstruktivnem dialogu so bile predstavljene dobre prakse delovanja obeh seizmoloških služb, razvojne in raziskovalne projekte ter razpravljali o možnostih nadaljnjega sodelovanja. Posebno pozornost je trenutno namenjena vzpostavitvi sprotne izmenjave podatkov o učinkih potresov, ki se zbirajo s spletnim vprašalnikom »Ste čutili potres?«.

GeoSphere in ARSO povezuje dolgoletno in uspešno sodelovanje. Skupaj so med prvimi vzpostavili sprotno izmenjavo seizmoloških podatkov ter razvijali informacijske rešitve za hitrejša in natančnejša določanje potresnih parametrov ter upravljanje mreže potresnih opazovalnic. Pomemben mejnik predstavlja leto 2002, ko so skupaj z GeoSphere in italijanskim inštitutom OGS iz Vidma vzpostavili eno prvih virtualnih seizmoloških mrež na svetu. Ta je bistveno izboljšala določanje parametrov potresov na obmejnih območjih, kot je Posočje. Uspešno sodelujejo tudi pri raziskavah zgodovinskih potresov.

Tovrstna strokovna srečanja dodatno krepijo mednarodno povezovanje ter omogočajo hitrejši in bolj usklajen odziv ob potresih, ki ne poznajo državnih meja. Z izmenjavo znanja in skupnim načrtovanjem prispevajo k večji varnosti prebivalcev in hkrati utrjujejo strokovne vezi med seizmološkimi službami.



Razvoj mreže opazovalnic ARSO GNSS za spremljanje deformacij Zemljine skorje

V tednu od 10. do 14. novembra 2025 so seizmologi postavili prvi stalni opazovalnici mreže ARSO GNSS (Global Navigation Satellite Systems) na lokacijah Črni Vrh in Knežji Dol pod Snežnikom. Ob tem so na lokacijah Skadanščina, Javornik in Vojsko vzpostavili tudi začasne GNSS opazovalnice, katerih podatki bodo služili za presojo primernosti teh območij za nadaljnjo postavitev stalnih postaj.

Pri vzpostavitvi opazovalnic so sodelovali tudi seizmologi iz podružnice Italijanskega narodnega inštituta za geofiziko in vulkanologijo (INGV) v L'Aquila, ki imajo bogate izkušnje na področju postavitve in interpretacije GNSS meritev. Svoje znanje so razvijali predvsem v osrednjih Apeninih, kjer so se v preteklosti zgodili številni rušilni potresi.

V naslednjih treh letih bodo vzpostavili deset opazovalnic mreže ARSO GNSS, predvsem na območju zahodne in osrednje Slovenije. Nova mreža bo omogočila spremljanje zelo majhnih in počasnih deformacij zemeljske skorje, povezanih s prelomi, ki ne ustvarjajo potresnih valov, ter beleženje premikov tal med potresi. Zbrani podatki bodo pomembni za preučevanje premikanja tektonskih plošč, razumevanje regionalnih in lokalnih tektonskih procesov ter izboljšanje ocen potresne nevarnosti.

Podatki mreže bodo uporabni tudi za raziskave temeljnih fizikalnih procesov, hkrati pa bodo kot posredna meritev zračne vlage prispevali k izboljšavam numeričnega napovedovanja vremena.



Seizmološke podatkovne zbirke in umetna inteligenca za razvoj in storitve EPOS Seismology & Geo-INQUIRE

Seizmologi so se med 24. in 28. novembrom 2025 v Atenah udeležili letnega srečanja EPOS Seismology & Geo-Inquire, ki so ga pripravile tri krovne evropske seizmološke infrastrukture (ORFEUS, EFEHR, EMSC). Srečanje je bilo organizirano v sodelovanju z Inštitutom za geodinamiko nacionalnega observatorija v Atenah ter s finančno podporo projekta Geo-INQUIRE in je potekalo v obliki vabljenih predavanj in razstave posterjev.

Na srečanju sta rezultate raziskav na ARSO predstavila seizmologa Barbara Šket Motnikar in Blaž Vičič, ki sta predavala o pridobivanju informacij o učinkih potresov z uporabo vprašalnikov 'Ste čutili potres?' in o zmožnostih definiranja aktivnih prelomov iz dolgotrajnih meritev seizmične aktivnosti zabeležene na potresnih opazovalnicah.

Poleg sklopov predavanj o makroseizmiki in o potresni nevarnosti so bila za ARSO zanimiva področja tudi strojno učenje ter velike podatkovne baze. Razprave med odmori pa so prispevale k boljšemu mednarodnemu povezovanju in izmenjavi znanja.

Postavitev potresne opazovalnice LJUB na travniku stavbe ARSO

Na travniku ARSO so od sredine decembra 2025 v plitko vrtino namestili nov seizmološki merilni sistem, ki ga sestavljata seizmometer in pospeškometer. Sistem neprekinjeno meri nihanje tal v neposredni okolici ter omogoča spremljanje tako imenovanega seizmičnega utripa mesta Ljubljana.

Nova potresna opazovalnica ima pomembno vlogo v Državni mreži potresnih opazovalnic, saj deluje kot dodatni varnostni sistem. Njena bližina zagotavlja dostop do ključnih seizmičnih podatkov tudi v primerih morebitnih globalnih izpadov komunikacijskih povezav z drugimi opazovalnicami. S tem prispeva k večji zanesljivosti spremljanja potresne dejavnosti in krepitvi pripravljenosti ob morebitnih izrednih dogodkih.



Ure seizmologije – interna predavanja

Seizmologi na ARSO nekajkrat letno pripravimo interna predavanja, ki se nanašajo na naše delo. V letu 2025 smo imeli 15 predavanj:

- Marko Mali. Posodobitev opreme servisnih jaškov potresnih opazovalnic DMPO. 23. januar 2025.
- Barbara Šket Motnikar. Neodvisni strokovni pregled PSHA za JEK2 ter verifikacijski izračun; naročnik GEN in NEK. 6. februar 2025.
- Polona Zupančič. Izdelava seizmotektonskih kart, naloga z Geološkim zavodom Slovenije. 6. februar 2025.
- Izidor Tasič. SZGG po SZGG - Kako smo v Sloveniji na potresnih opazovalnicah zaznali 200-metrski cunami iz Grenlandije. 13. februar 2025.
- Izidor Tasič. 26 sekundi mikroseizm iz Gvinejskega zaliva. 13. februar 2025.
- Jurij Pahor. Obveščanje z aplikacijo Potresnik. 20. februar 2025.
- Izidor Tasič. Priprava programske opreme za analizo napak delovanja seizmometrov DMPO na podlagi križne korelacije. 6. marec 2025.
- Obisk gradbišča ARSO in ogled statičnega ojačenja objekta, 1. april 2025.



- Izidor Tasič. Nakup seizmometra, dveh šestkanalnih zajemalnih enot in štirih pospeškometrov za državno mrežo potresnih opazovalnic. 3. april 2025.
- Izidor Tasič. Nakup treh akceleroagrafov za seizmično opazovanje v urbanih okoljih. 3. april 2025.
- Anita Jerše Sharma. Vzpostavitev postopka za obdelavo akceleroogramov v Evropski podatkovni bazi akceleroogramov. 17. april 2025.
- Miha Lanjšček, Tamara Jesenko. Mreža seizmografov v osnovnih šolah. 24. april 2025.
- Jurij Pahor. Dobre prakse pri dnevni analizi potresov. 8. maj 2025.
- Ina Cecić. Sprehod po potresni Ljubljani. 2. junij 2025.



- Izidor Tasič, Marko Mali. Potresna opazovalnica na travniku ARSO. 18. december. 2025.

Kazalo

Objave v letu 2025

Publications in 2025

Izvirni znanstveni članki v letu 2025

Kolínský, P., Meier, T., Agius, M. R., Bijedić, A., Bokelmann, G., Borleanu, F., Brnović D., Didem Cambaz, M., Cammarano, F., Čarman, M., Cauzzi, C., Chernih, D., Csicsay, K., Cvijić Amulić, S., Czuba, W., Diaz, J., Dimitrova, L., Dushi, E., Christos P. Evangelidis, C. P., Faccenna, C., Farfuliak, L., Friederich, W., Georgieva, G., Horn, N., Ivančić, I., Jia, Y., Kaviris, G., Kovács, I. J., Sergei Lebedev, S., Le Breton, E., Lukešová, R., Mazur, S., van der Meijde, M., Molinari, I., Mustafa, S., Nagel, T., Bom Nielsen, S., Obermann, A., Papazachos, C., Parolai, S., Paul, A., Píromallo, C., Plicka V., Rietbrock, A., Rondenay, S., Rossi, G., Rümpker, G., Schiffer, C., Schlömer, A., Sigloch, K., Silvennoinen, H., Sokos, E., Špaček, P., Stipčević, J., Tallarico, A., Tiira, T., Tilmann, F., Valčić, D., Wassermann, J., Wesztergom, V., Xhahysa, A., Živčić, M. and the AdriaArray Seismology Group, 2025. AdriaArray – a Passive Seismic Experiment to Study Structure, Geodynamics and Geohazards of the Adriatic Plate, *Annals of Geophysics*, 68, 2025.
<https://doi.org/10.4401/ag-9284>.

Strokovni članki v letu 2025

Gosar, A., 2025. Ugotavljanje debeline nevezanih sedimentov s seizmološko metodo mikrotremorjev. V: Kuhar, M. (ur.), et al. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2024, zbornik del, 30. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, 30. januar 2025. Ljubljana, str. 7–18.

Jerše Sharma, A., Jesenko, T., 2025. Potresi v Sloveniji leta 2024. V: Jesenko, T. (ur.), Potresi v letu 2024, Agencija Republike Slovenije za okolje, 7–24. ISSN 1318-4792.

Ložar Stopar, M., Živčić, M., 2025. Žariščni mehanizmi močnejših potresov v Sloveniji leta 2024. V: Jesenko, T. (ur.), Potresi v letu 2024, Agencija Republike Slovenije za okolje, 25–30. ISSN 1318-4792.

Jesenko, T., 2025. Najmočnejši potresi po svetu leta 2024. V: Jesenko, T. (ur.), Potresi v letu 2024, Agencija Republike Slovenije za okolje, 41–49. ISSN 1318-4792.

Mali, M., Tasič, I., Pfundner, I., Prosen, J., Nemec, M., 2025. Delovanje Državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2024. V: Jesenko, T. (ur.), Potresi v letu 2024, ARSO, 59–67. ISSN 1318-4792.

Tasič, T., 2025. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2024. V: Jesenko, T. (ur.), Potresi v letu 2024, Agencija Republike Slovenije za okolje, 50–58. ISSN 1318-4792.

Tasič, I., Pahor, J., Jesenko, T., 2025. Kako smo v Sloveniji na potresnih opazovalnicah zaznali 200-metrski cunami iz Grenlandije. V: Kuhar, M. (ur.), Raziskave s področja geodezije in geofizike 2024, zbornik del, 30. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, 30. januar 2025. Ljubljana, str. 36–43.

Vičič, B., Zupančič, P., Čarman, M., 2025. Primerjava objavljenih relacij med vršnim pospeškom tal in makroseizmično intenziteto s podatki za močnejše lokalne potrese. V: Jesenko, T. (ur.), Potresi v letu 2024, ARSO, 31–40. ISSN 1318-4792.

Podcasti v letu 2025

Cecić I., 2025. [ARSO podcast](#), 130 let od velikega ljubljanskega potresa, 133. epizoda, 9. 4. 2025

Kazalo