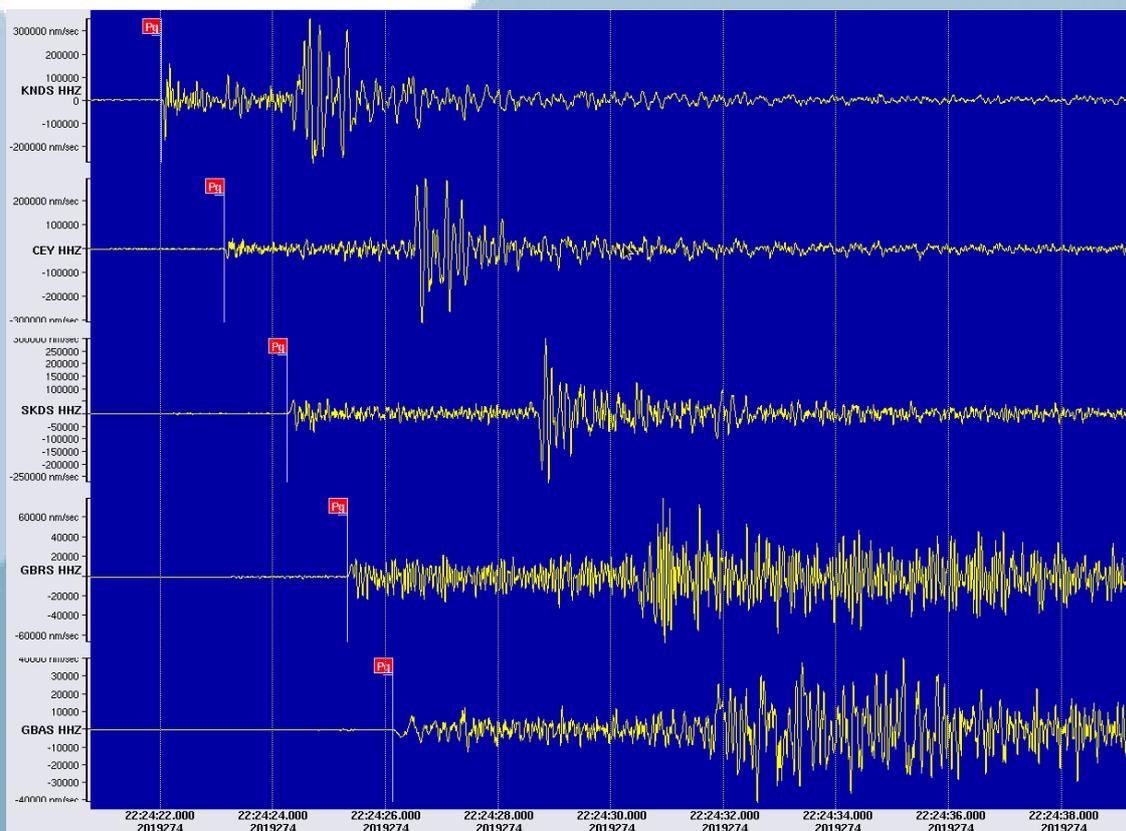




# Potresi v letu 2019 Earthquakes in 2019



## **Izdajatelj**

Ministrstvo za okolje in prostor  
Agencija RS za okolje  
Vojkova 1b, Ljubljana  
Spletni naslov: [www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si)  
e-naslov: [gp.arso@gov.si](mailto:gp.arso@gov.si)

## **Urednik**

dr. Andrej Gosar

## **Grafična priprava**

Peter Sinčič  
Miha Lanjšček

## **Uredniški svet**

dr. Andrej Gosar  
Ina Cecič  
dr. Martina Čarman  
Matjaž Godec  
mag. Tamara Jesenko  
Peter Sinčič  
dr. Barbara Šket Motnikar  
mag. Izidor Tasič  
Polona Zupančič  
mag. Mladen Živčić

## **Naslovnica:**

Zapis navpične komponente najmočnejšega potresa v Sloveniji v letu 2019 na nekaterih potresnih opazovalnicah državne mreže (KNDS - Knežji Dol, CEY - Cerknica, SKDS - Skadanščina, GBRS - Gornja Briga, GBAS - Gorenja Brezovica). Potres se je zgodil 2. oktobra, ob 0.24 po lokalnem času (1. oktobra, ob 22.24 UTC) z nadžariščem pri Ilirski Bistrici, lokalno magnitudo 3,4 in največjo intenziteto IV EMS-98. Z rdečo zastavico so označeni vstopni časi vzdolžnega(longitudinalnega) valovanja.

## **Cover Page:**

Z-component seismogram of the strongest earthquake in Slovenia in 2019 as recorded on several stations of the Seismic Network of the Republic of Slovenia (KNDS - Knežji Dol, CEY - Cerknica, SKDS - Skadanščina, GBRS - Gornja Briga, GBAS - Gorenja Brezovica). The earthquake occurred on 2 October, at 00:24 local time (1 October 22:24 UTC) near Ilirska Bistrica, with a local magnitude of 3,4 and maximum intensity IV EMS-98. Red flags denote arrival times of longitudinal waves.

Mednarodna standardna serijska številka: ISSN 1318 - 4792
--

## Kazalo / Contents

*Peter Sinčič, Izidor Tasič, Mladen Živčič*

**Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2019**

**Seismic Network in Slovenia in 2019.....5**

*Anita Jerše Sharma, Tamara Jesenko, Barbara Šket Motnikar, Mladen Živčič*

**Potresi v Sloveniji leta 2019**

**Earthquakes in Slovenia in 2019.....14**

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

**Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2019**

**Operation of the seismic network of the Republic of Slovenia in 2019 .....32**

*Tamara Jesenko*

**Najmočnejši potresi po svetu leta 2019**

**The World's Largest Earthquakes in 2019 .....41**

*Milka Ložar Stopar, Mladen Živčič*

**Žariščni mehanizmi močnejših potresov v Sloveniji v letu 2019**

**Fault Plane Solutions of Earthquakes in Slovenia in 2019.....51**

*Martina Čarman*

**Spletni odziv javnosti na potres v Sloveniji kot zaznalo potresov**

**Online Public Response to the Earthquake in Slovenia as an Earthquake Detector.....57**

**Dogodki v letu 2019**

**2019 Events.....68**



## Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2019

### Seismic Network in Slovenia in 2019

#### **Povzetek**

*Leta 2019 je na območju Slovenije delovalo 30 digitalnih potresnih opazovalnic z neprekinjenim prenosom podatkov v središče za obdelavo v Ljubljani, dve digitalni opazovalnici z neprekinjenim beleženjem podatkov na lokalni pomnilniški medij ter 13 digitalnih opazovalnic, opremljenih z akcelerografi za opazovanje seizmičnosti na urbanih območjih. Slednje beležijo in prenašajo v središče za obdelavo podatkov v Ljubljani samo zapise seizmičnih dogodkov, pri katerih pospeški presežejo prag proženja. Različne posodobitve opreme smo izvedli na 9 opazovalnicah.*

#### **Abstract**

*In the year 2019 there were 30 digital seismic stations incorporated in Seismic Network of the Republic of Slovenia (SNRS) with real-time continuous data transmission to the data centre in Ljubljana, two digital stations with continuous recording of data on local media, and 13 digital stations equipped with accelerographs to monitor seismicity in urban areas. The latter record and transmit to the data center in Ljubljana only waveforms of seismic events, where the acceleration exceeds trigger threshold. Various updates of equipment were implemented at 9 seismic stations.*

### **Digitalne potresne opazovalnice**

Leta 2019 je v Sloveniji delovalo 30 digitalnih potresnih opazovalnic, s katerih so se podatki samodejno neprekinjeno prenašali v središče za obdelavo podatkov (SOP) na Vojkovo 1b (Vidrih in ostali 2006) v Ljubljani in v rezervno središče na observatoriju na Golovcu v Ljubljani (preglednica 1, slika 1). Podatki opazovalnic na Jurščah (JURE) in Mašunu (MASP), ki sta bili zaradi povečane seizmične aktivnosti na Notranjskem postavljeni začasno, so se shranjevali na lokalni pomnilniški medij. Postavljena je bila tudi seizmološka enota v kleti zgradbe Vojkova 1B, kjer deluje Agencija za okolje. Na lokaciji MASP je do 7. maja 2019 delovala seizmološka enota s kontinuiranim načinom beleženja, oktobra pa je bila na isto mesto postavljena ETNA s prožilnim načinom delovanja in beleženja.

Tudi v tem letu smo izvedli nekaj večjih posodobitev seizmološke opreme. Na opazovalnicah Višnje (VISS) in Gorjuše (GORS) smo namestili nova seizmometra podjetja Streckeisen STS-2.5, na opazovalnicah Gorenja Brezovica (GBAS), Vrh pri Dolskem (VNDS) in Zavodnje (ZAVS) pa seizmometre podjetja Nanometrics Trillium. Na opazovalnicah Goliše (GOLS), Legarje (LEGS) in Podkum (PDKS) smo posodobili sistemsko programsko opremo (firmware) zajemalnih enot na opazovalnici Cesta (CESS) smo zamenjali obstoječo komunikacijsko opremo z LTE usmerjevalnikom in zunanjo anteno.

Za vpis opazovalnic v zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture, katere del je tudi infrastruktura za opazovanje naravnih pojavov in naravnih virov, je bilo treba pripraviti elaborat o seizmoloških opazovalnicah. V ta namen so bile opravljene geodetske meritve v novem geodetskem sistemu na potresnih opazovalnicah: Bojanci (BOJS), Dobrina (DOBS), Gorenja Brezovica (GBAS), Grobnik (GROS), Ilirska Bistrica



**Preglednica 1: Digitalne potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2019**

\* - opazovalnica je delovala že prejšnje leto

\*\* - delovanje opazovalnice se nadaljuje v prihodnjem letu

**Table 1: Digital seismic stations in Slovenia in 2019.**

\* - station has been in function in previous year

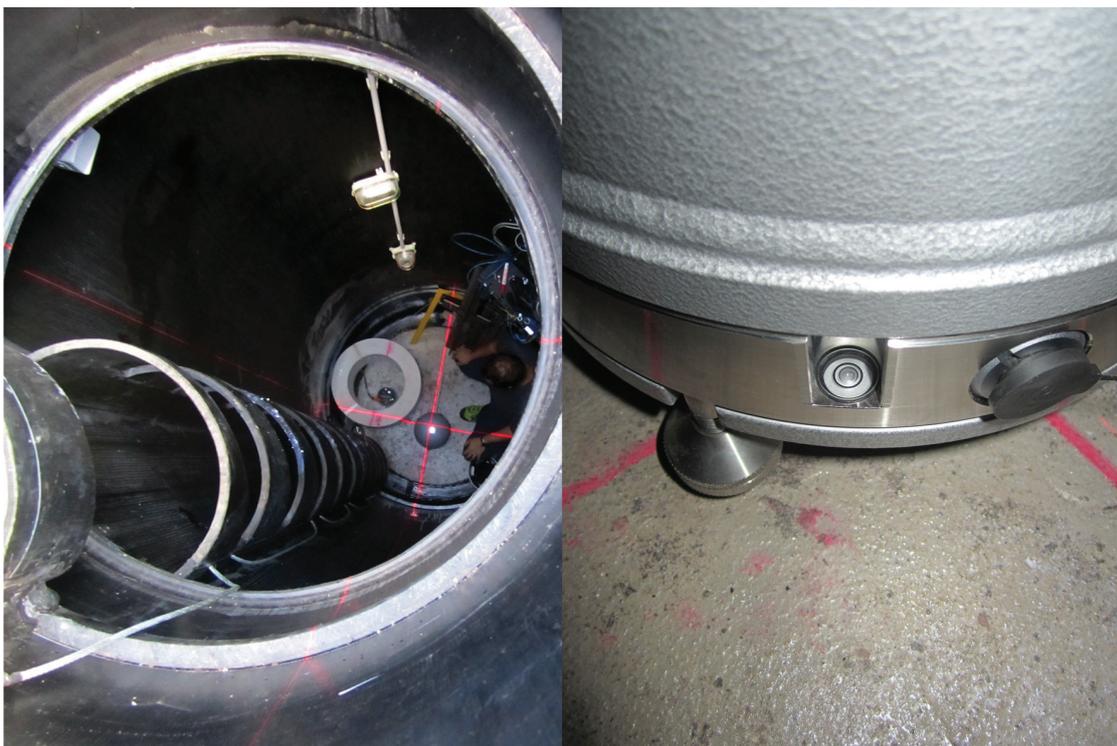
\*\* - station continues to operate in 2020

opaz. station	ozn. code	zem. šir.		n. viš. elev. [m]	geološka podlaga local geology	seizmometer/ ser. št. seismometer/sn	zajemalna naprava/ser. št. acquisition unit/sn	čas delovanja operational time	
		latitude °N	longit. °E					od/from	do/to
Bojanci 1986	BOJS	45,5043	15,2518	252	kredni apnenec limestone	STS-2/10417	Q330HR/6087	☆	7. 6. 2019
						EpiSensor/1723	Q330HR/6309	7. 6. 2019	☆☆
Brezje pri Senušah 1990	KBZP	45,9405	15,4390	208	glina clay	CMG-40T/T4B09	CMG-DM24S6/A2526	☆	☆☆
Cerknica (Goričice) 1975	CEY	45,7381	14,4221	579	apnenec limestone	Fortis/TF465	Q330HR/6104	☆	☆☆
	CEY1					Trillium/2967	Q730/2000102	☆	☆☆
Cesta 1996	CESS	45,9733	15,4632	372	dolomit dolomite	CMG-40T/T4B18	EDR-209/6787	☆	21. 11. 2019
							EDR-209/6786	21. 11. 2019	☆☆
Čadrg 2003	CADS	46,228	13,7368	700	kredni apnenec limestone	CMG-3ESP/T36897	Q330HR/5797	☆	☆☆
						CMG-5T/T5JD6			
Črešnjevce 2002	CRES	45,826	15,4569	430	dolomit dolomite	STS-2/90733	Q330HR/5878	☆	☆☆
						EpiSensor/782			
Črni Vrh 2005	CRNS	46,0807	14,2614	712	sp. triasni sivi dolomit dolomite	CMG-3ESP/T36081	Q330HR/6105	☆	☆☆
						CMG-5T/T5JD4			
Dobrina 1996	DOBS	46,1494	15,4694	427	spodnjetriasni laporji marl	CMG-3ESP/T35605	Q330HR/2341	☆	☆☆
						CMG-5T/T5HL8			
Gorenja Brezovica 2008	GBAS	45,9348	14,4434	538	zgornjetriasni dolomit dolomite	CMG-3ESP/T35448	Q330HR/6100	☆	26. 9. 2019
						Trillium/3091		26. 9. 2019	☆☆
						CMG-5T/T5HL9		☆	☆☆
Gornja Briga 2007	GBRS	45,5311	14,8101	610	zgornjetriasni dolomit dolomite	CMG-3ESP/T35893	Q330HR/6315	☆	☆☆
						CMG-5TC/T5KU6			
Gornji Cirknik 2003	GCIS	45,8672	15,6275	390	dolomit dolomite	CMG-3ESP/T34749	Q330HR/6311	☆	☆☆
						CMG-5TC/T5KU5			
Goliše 2002	GOLS	46,0107	15,6245	559	masiven dolomit massive dolomite	CMG-40TBH/T4B26	Centaur/101	☆	☆☆
						FBA23/32206			
Gorjuše 2004	GORS	46,3174	13,9999	1048	ploščasti apnenec z roženci platty limestone with chert	CMG-3T/T36604	Q330HR/5657	☆	17. 9. 2019
						STS-2.5/151206		17. 9. 2019	☆☆
						EpiSensor/785		☆	☆☆
Grobnik 2002	GROS	46,4610	15,5017	930	tonalit tonalite	CMG-3ESP/T39558	Q330HR/6312	☆	☆☆
						FBA23/32168			
Javornik 2003	JAVS	45,8934	14,0643	1100	zgornje triasni dolomit dolomite	CMG-3T/T37725	Q330HR/5881	☆	☆☆
						CMG-5TC/T5HL6			
Juršče 2018	JURE	45.6646	14.2939	705	apnenec limestone	LE-3D 5S/0726	PR6-24/4975	☆	18. 12. 2019
Knežji dol 2003	KNDS	45,5279	14,3806	1024	zgornje jurski apnenec limestone	STS-2/120925	Q330HR/5798	☆	☆☆
						CMG-5TC/5HL5			

opaz. station	ozn. code	zem. šir.	zem. dol.	n. viš. elev. [m]	geološka podlaga local geology	seizmometer/ ser. št. seismometer/sn	zajemalna naprava/ser. št. acquisition unit/sn	čas delovanja operational time	
		latitude °N	longit. °E					od/from	do/to
Kog 2004	KOGS	46,4481	16,2503	245	glina clay	CMG-3T/T37085 EpiSensor/784	Q330HR/5653	☆	☆☆
Legarje 2002	LEGS	45,9488	15,3177	390	sivi dolomit dolomite	CMG-40TB/T4B29 FBA-23/32168	Centaur/105	☆	☆☆
Lisca 2002	LISS	46,0673	15,2906	948	masiven dolomit massive dolomite	CMG-40T/T4B06	EDR-209/6786	☆	28. 8. 2019
							EDR-209/6143	28. 8. 2019	16. 10. 2019
							Q730/2000104	16. 10. 2019	☆☆
Ljubljana 1958	LJU	46,0438	14,5278	396	karbonski peščenjaki sandstone	STS-2/40316 EpiSensor/783	Q330HR/5656	☆	☆☆
Ljubljana ARSO 2019	VJKL	46,0652	14,5131	298	karbonski peščenjaki sandstone	CMG-40T/T4B11 FBA-23/26045	Q730/2000092	21. 5. 2019	☆☆
Mašun 2018	MASP	45,6292	14,3663	1024	zgornje jurski apnenec limestone	LE-3D 5s/0768	PR6-24/4975	☆	7. 5. 2019
Možjanca 2005	MOZS	46,2941	14,4433	660	ploščasti apnenec platy limestone	CMG-3T/T37529 Fortis/TF089	Q330HR/5654	☆	☆☆
Pernice 2002	PERS	46,636	15,1167	795	blestnik schist	CMG-3ESP/T35616 CMG-5T/T5JD5	Q330HR/6102	☆	☆☆
Podkum 2002	PDKS	46,0612	14,9977	679	dolomit dolomite	CMG-40TBH/T4B28 FBA-23/003349	Centaur/198	☆	☆☆
Robič 2002	ROBS	46,2445	13,5094	257	apnenec limestone	CMG-3ESP/T34746 Fortis/TF090	Q330HR/5880	☆	☆☆
Skadanščina 2006	SKDS	45,5464	14,0143	552	ploščasti apnenec platy limestone	STS-2/T10416 EpiSensor/786	Q330HR/5658	☆	☆☆
Višnje 2003	VISS	45,8033	14,8393	399	siv apnenec limestone	CMG-3ESP/T35617	Q330HR/5879	☆	24. 10. 2019
						STS-2.5/151206		24. 10. 2019	☆☆
						CMG 5T/T5HL7		☆	17. 12. 2019
Vojsko 2004	VOJS	46,0322	13,8877	1072	zgornjetriasni dolomit dolomite	Trillium/2973 CMG 5T/T5V48	Q330HR/6103	☆	☆☆
Vrh pri Dolskem 2006	VNDS	46,1016	14,7014	531	kremenov peščenjak quartz sandstone	CMG-3ESP/T34238	Q330HR/5880	☆	20. 2. 2019
						Trillium/2975		20. 2. 2019	11. 9. 2019
						CMG-3ESP/T39926		11. 9. 2019	11. 12. 2019
						CMG-3ESP/T35448		11. 12. 2019	☆☆
						EpiSensor/1722		☆	☆☆
Zavodnje 2005	ZAVS	46,4342	15,0246	741	granodiorit granodiorite	CMG-3ESP/T39926	Q330HR/6310	☆	7. 3. 2019
						Trillium/2975		7. 3. 2019	☆☆
						Fortis/TF467		☆	☆☆

(ILBA), Javornik (JAVS), Knežji dol (KNDS), Podkum (PDKS), Skadanščina (SKDS) in Vrh pri Dolskem (VNDS). V kletnih prostorih Agencije RS za okolje RS Slovenije, na Vojkovi 1b v Ljubljani, smo namestili instrumente in dobili na območju Ljubljane novo merilno mesto za beleženje potresov - VJKL na območju Ljubljane.

Meseca maja smo prenehali z beleženjem potresov na Mašunu (MASP), decembra pa smo demontirali opazovalnico na Jurščah (JURE).



**Slika 2:** Namestitev novega seizmometra STS - 2.5 v seizmičnem jašku na potresni opazovalnici GORS v Gorjušah (foto: I. Tasič).

**Figure 2:** Installation of a new STS - 2.5 seismometer in the seismic shaft at the GORS station in Gorjuše (photo: I. Tasič).



**Slika 3:** Namestitev pospeškometra v kleti DSO Tisje v Črnem Potoku (foto: L. Pančur).

**Figure 3:** Installation of accelerograph in the basement of the nursing home Tisje in Črni Potok (photo: L. Pančur).

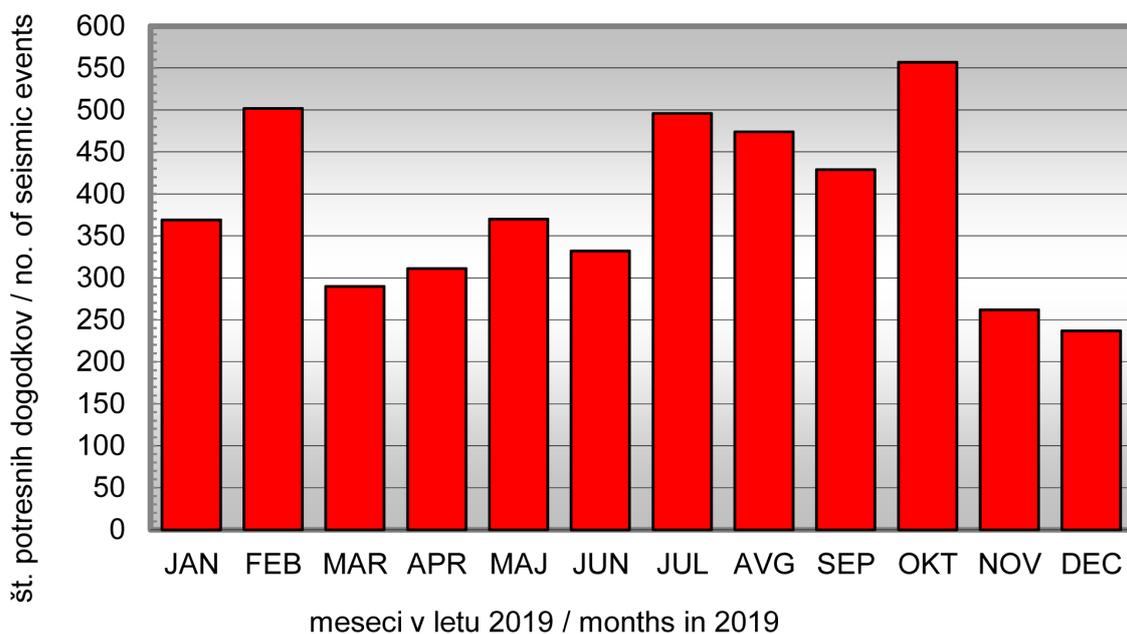
## Opazovalnice za beleženje močnega gibanja tal

Konec leta 2019 je bilo 26 opazovalnic opremljenih s seizmometrom in akcelerometrom (preglednica 1). Za merjenje pospeškov tal v urbanih območjih imamo 13 opazovalnic opremljenih s pospeškometri/akcelerografi (BOGE, DTSE, BOVC, DOLA, DRZN, FAGG, GOTE, ILBA, KOBR, KRTE, MASP, NEK0, POST in VOGR). Meseca junija smo prenehali z beleženjem seizmičnih dogodkov na opazovalnici BOGE v gradu Bogenšperk. Decembra pa smo nadaljevali z beleženjem seizmičnih dogodkov na opazovalnici DTSE na območju Litije s postavitvijo pospeškometra v Črnem Potoku v domu starejših občanov Tisje. Prenos podatkov z opazovalnice ILBA v Ilirski Bistrici poteka neprekinjeno preko komunikacijskega omrežja državnih organov, z ostalih nameščenih opazovalnic pa preko klicne povezave (linija ali GSM). Slednji instrumenti delujejo v prožilnem načinu in beležijo le dogodke,

**Preglednica 2:** Podatki o opazovalnicah za beleženje močnega gibanja tal, ki so v Sloveniji delovale v letu 2019

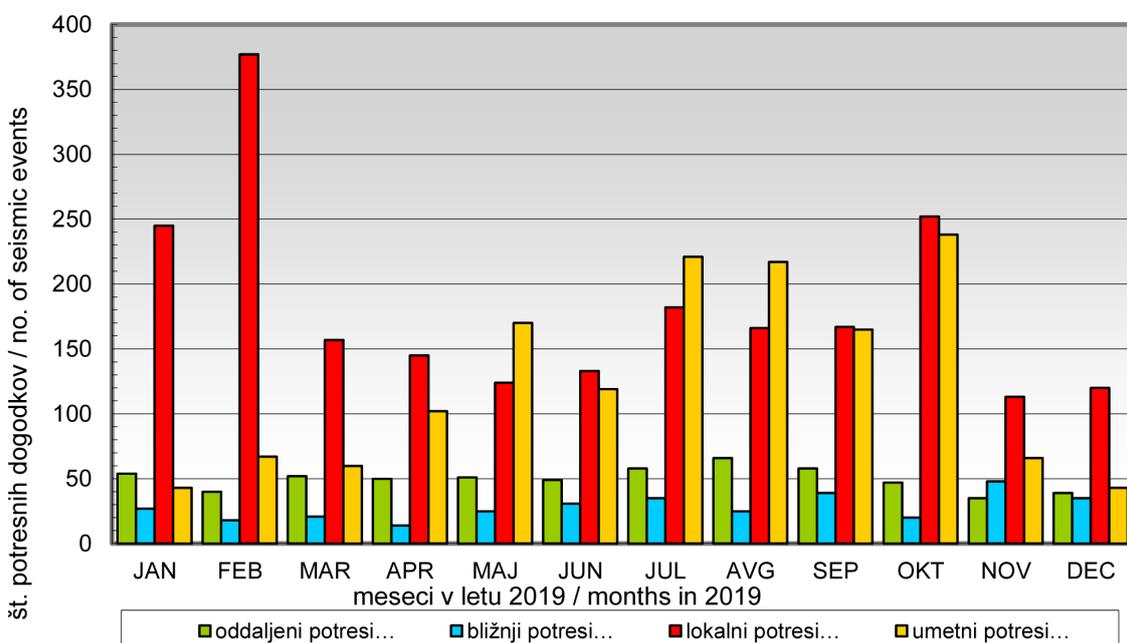
**Table 2:** Characteristic of strong motion seismic stations operating in Slovenia in 2019 (vse leto = entire year)

opaz. station	ozn. code	zem. šir. latitude	zem. dol. longitude	nad. viš. elev. [m]	senzor sensor type	zajemalna naprava acquisition unit	merilni obseg full scale range	čas delovanja operational time
		°N	°E					
Bogenšperk	BOGE	46,0237	14,8572	422	FBA-23	Etna/ 245	1 g	do 18. 6. 2019
Bovec	BOVC	46,3382	13,5543	455	FBA-23	Etna/811	1 g	vse leto
Dolsko	DOLA	46,0938	14,6781	265	FBA-23	Etna/810	1 g	vse leto
Drežnica	DRZN	46,2586	13,6126	544	EpiSensor	Etna/2134	2 g	vse leto
DSO Tisje	DTSE	46,0251	14,8395	279	EpiSensor	Etna/6349	2 g	od 12.12.2019
Gotenica	GOTE	45,6095	14,7464	670	FBA-23	Etna/1246	1 g	vse leto
Ilirska Bistrica	ILBA	45,5638	14,2446	404	FBA-23/ 26033	EDR 209/6142	0,25 g	do 28. 11. 2019
						EDR 209/6142		od 28. 11. 2019
Kobarid	KOBR	46,2474	13,5786	234	EpiSensor	Etna/2133	2 g	vse leto
Koritnice	KRTE	45,6193	14,287	639	EpiSensor	Etna/6351	2 g	14. 2. - 7. 5. 2019
Krško (NEK)	NEK0	45,9391	15,5185	156	FBA-23	Etna/1334	2 g	vse leto
Lju - FGG	FAGG	46,0459	14,4944	295	FBA-23	Etna/6597	2 g	vse leto
Mašun	MASP	45,6292	14,3663	1024	EpiSensor/ 31180	Etna/6351	2 g	2. 10 - 28. 11. 2019
Postojna	POST	45,7756	14,2129	553	EpiSensor/ 31186	Etna/6353	2 g	od 30. 1. 2019
Vogršček	VOGR	45,9057	13,7259	106	EpiSensor	K2/2228	2 g	do 26. 11. 2019



**Slika 4:** Število potresnih dogodkov po mesecih v letu 2019

**Figure 4:** Monthly distribution of seismic events in 2019.



**Slika 5:** Število naravnih (oddaljenih, bližnjih in lokalnih posebej) in umetnih potresov po mesecih v letu 2019

**Figure 5:** Monthly distribution of earthquakes (distant, regional, local) and artificial events in 2019.

**Preglednica 3:** Potresi v letu 2019, zabeleženi na slovenskih potresnih opazovalnicah.

**Table 3:** Earthquakes in 2019 recorded at Slovenian seismic network.

mesec	oddaljeni potresi	bližnji potresi	lokalni potresi	umetni potresi	dogodki
month	distant earthquakes	regional earthquakes	local earthquakes	artificial	events
januar January	54	27	245	43	326
februar February	40	18	377	67	435
marec March	52	21	157	60	230
april April	50	14	145	102	209
maj May	51	25	124	170	200
junij June	49	31	133	119	213
julij July	58	35	182	221	275
avgust August	66	25	166	217	257
september September	58	39	167	165	264
oktober October	47	20	252	238	319
november November	35	48	113	66	196
december December	39	35	120	43	194
skupaj Total	<b>599</b>	<b>338</b>	<b>2181</b>	<b>1511</b>	<b>3118</b>
legenda Legend	Legenda: Oddaljeni potresi / Distant earthquakes $\Delta > 10^\circ$ ( $> 1.100$ km) Regionalni potresi / Regional earthquakes $1,5^\circ < \Delta < 10^\circ$ ( $< 1.100$ km) Lokalni potresi / Local earthquakes $\Delta \leq 1,5^\circ$ ( $\leq 160$ km)  $\Delta$ - oddaljenost od Ljubljane v kotnih stopinjah: $1^\circ$ predstavlja približno 111,1 km $\Delta$ - distance from Ljubljana, in degrees: $1^\circ$ is approximately 111,1 km				

ki imajo pospeške tal večje od nastavljenega praga proženja. Podatki o času delovanja posameznih opazovalnic v urbanih območjih, njihovih oznakah, lokacijah in serijskih številkah so navedeni v preglednici 2.

## Število zabeleženih potresnih dogodkov

Slovenske potresne opazovalnice so leta 2019 zabeležile 3118 potresnih dogodkov, od tega 2181 lokalnih potresov, 338 bližnjih in 599 oddaljenih (ARSO, 2019). Seizmografi so zapisali tudi 1511

umetnih potresov (preglednica 3, sliki 4 in 5). Potresni dogodek je namreč lahko naravnega ali umetnega izvora.

## **Viri in literatura**

Agencija Republike Slovenije za okolje, 2019. Baza podatkov za potrese na ozemlju Slovenije leta 2017. Arhiv ARSO, Ljubljana.

Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., Gosar, A., Godec, M., Živčič, M. 2006. Državna mreža potresnih opazovalnic. Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 287 str.



## Potresi v Sloveniji leta 2019

### Earthquakes in Slovenia in 2019

#### **Povzetek**

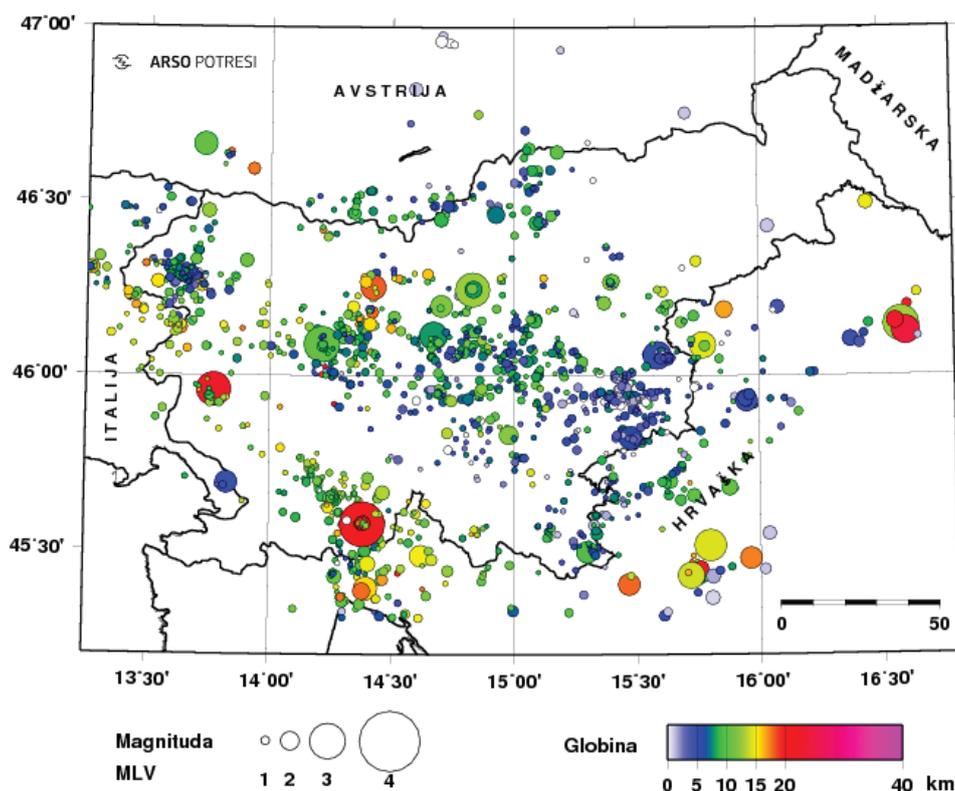
*V letu 2019 je bila potresna dejavnost v Sloveniji rahlo pod povprečjem. Državna mreža potresnih opazovalnic (v nadaljnjem besedilu: DMPO) je zabeležila 2181 potresov v Sloveniji ali bližnji okolici. Prebivalci so čutili vsaj 141 lokalnih potresov, 18 od njih je imelo lokalno magnitudo večjo ali enako 2,0; dva potresa pa sta dosegla največjo intenziteto IV–V EMS-98. Najmočnejši potres leta 2019 z lokalno magnitudo 3,4 se je zgodil 1. oktobra ob 22.24 UTC (2. oktobra ob 0.24 SEČ) z nadžariščem pri Ilirski Bistrici. Največja intenziteta potresa je bila IV EMS-98. Prebivalci Slovenije so čutili tudi pet potresov z žariščem v Italiji z največjo intenziteto v Sloveniji IV–V EMS-98. Številni prebivalci so 26. novembra v Sloveniji čutili tudi dva potresa z Balkanskega polotoka. Močnejši je bil potres v Albaniji, ki je z magnitudo 6,4, dosegel intenziteto IV EMS-98 na območju Slovenije. Potresov, ki bi v Sloveniji povzročili večjo gmotno škodo na objektih, v letu 2019 ni bilo.*

#### **Abstract**

*Earthquake activity in Slovenia was slightly lower than the average of previous years. The Seismic Network of the Republic of Slovenia recorded 2181 local earthquakes, at least 141 of which were felt by the people. There were 18 earthquakes with a local magnitude equal to or higher than 2.0, and there were two which reached maximum intensity IV-V EMS-98. The strongest earthquake in Slovenia in 2019, with a local magnitude of 3.4, was observed on 1 October at 22:24 UTC (2. October at 00:24 Central European Summer Time (CEST)) near Ilirska Bistrica with maximum intensity IV EMS-98. Inhabitants of Slovenia also felt five regional earthquakes with epicenters in Italy. Their maximum intensity in Slovenia was IV-V EMS-98. On 26 November several people in Slovenia also felt two earthquakes in Balkan Peninsula. The strongest occurred in Albania with magnitude 6.4 with maximum intensity in Slovenia IV EMS-98. There were no earthquakes in Slovenia in 2019 that caused any major structural damage to buildings.*

#### **Uvod**

V DMPO je bilo leta 2019 26 digitalnih opazovalnic z neprekinjenim prenosom podatkov v podatkovno središče na Agenciji za okolje (ARSO) in rezervno podatkovno središče na observatoriju na Golovcu, oboje v Ljubljani (Vidrih in drugi, 2006). Mrežo dopolnjujeta še dve začasni opazovalnici z enako opremo in neprekinjenim prenosom podatkov (opazovalnica na Cesti pri Krškem – CESS) in opazovalnica v meteorološki postaji na Lisci – LISS). Poleg tega so se v stvarnem času zbirali tudi podatki nekaterih tujih potresnih opazovalnic v okviru sodelovanja Central and East European Earthquake Research Network (CE3RN, 2019). Predvsem tisti z opazovalnic sosednjih držav (Avstrija, Hrvaška, Italija, Madžarska) omogočajo natančnejši izračun potresnih parametrov potresov v Sloveniji. Še posebej to velja za potrese, katerih nadžarišča so blizu slovenske državne meje.

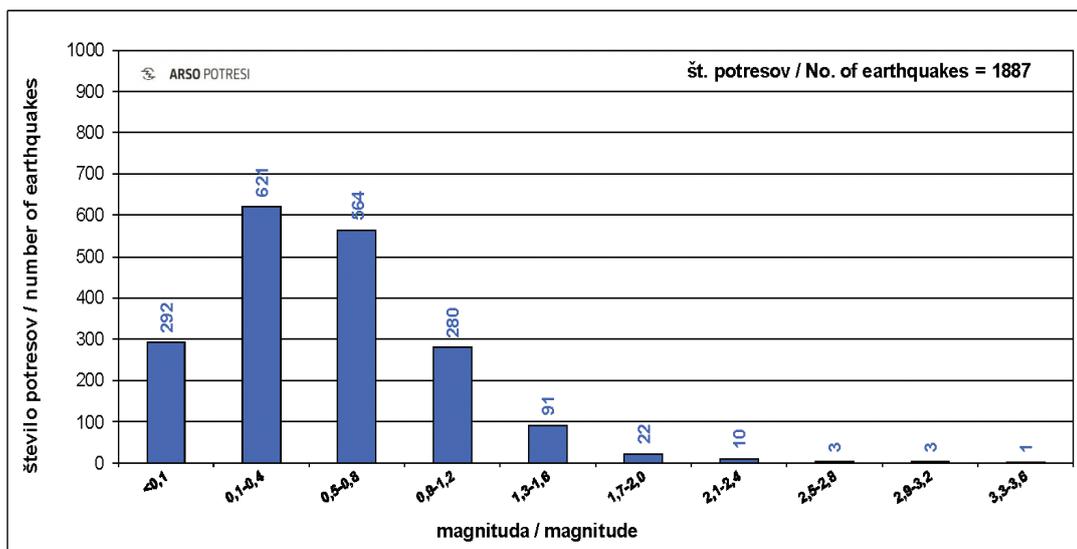


**Slika 1:** Nadžarišča potresov leta 2019, ki smo jim določili žariščni čas, koordinati nadžarišča in globino žarišča. Barva simbola ponazarja žariščno globino, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude  $M_{LV}$ . Slika je bila narejena s programom GMT (Wessel in Smith, 1991, 1998).

**Figure 1:** Distribution of earthquake epicentres in 2019, with calculated hypocentral time, epicentral coordinates and focal depth; the coloured symbols of varying sizes denote focal depth and local magnitude  $M_{LV}$ . Magnituda = magnitude; Globina = depth. Figure was made using GMT software (Wessel and Smith, 1991, 1998).

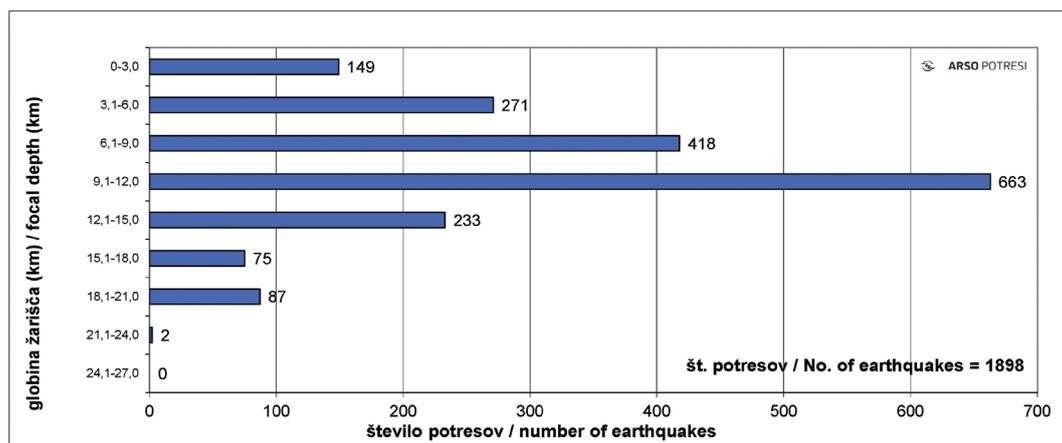
## Potresna dejavnost v Sloveniji leta 2019

Potresne opazovalnice državne mreže so leta 2019 zabeležile 2181 lokalnih potresov z žariščem v Sloveniji ali njeni bližnji okolici. Za 87 % zabeleženih lokalnih potresov smo zbrali dovolj podatkov, torej zapise z vsaj treh opazovalnic, da smo lahko izračunali lokacijo žarišča. Za 86,5 % potresov, ki so prikazani na sliki 1, smo lahko določili tudi magnitudo. Po podatkih za obdobje 1997–2016, potem ko iz kataloga odstranimo pred- in popotrese, se v Sloveniji vsako leto v povprečju zgodi 24 potresov z lokalno magnitudo večjo ali enako 2,0 in trije potresi z lokalno magnitudo večjo ali enako 3,0 (ARSO, 2020). V letu 2019 je bila potresna dejavnost v Sloveniji rahlo pod povprečjem. Osemnajst potresov je imelo lokalno magnitudo večjo ali enako 2,0, od tega sta bila dva z magnitudo 3,0 ali večjo od te vrednosti. Histogram na sliki 2 kaže porazdelitev lokalne magnitude ( $M_{LV}$ ); 98 odstotkov vseh potresov je imelo lokalno magnitudo manjšo od 1,7.



**Slika 2:** Porazdelitev magnitude ( $M_{LV}$ ) potresov v Sloveniji leta 2019

**Figure 2:** Distribution of earthquakes in Slovenia in 2019 with respect to  $M_{LV}$  magnitude



**Slika 3:** Porazdelitev globine žarišča potresov v Sloveniji leta 2019 (v kilometrih)

**Figure 3:** Distribution of focal depth (in kilometres) with respect to number of earthquakes in Slovenia in 2019

Porazdelitev globine žarišč potresov (slika 3) kaže, da so imeli leta 2019 vsi potresi na območju Slovenije in bližnje okolice (bilo jih je 1898) žarišča do globine 24 km; 22 % potresov je imelo žariščno globino enako ali manjšo od 6 km, 69 % potresov se je zgodilo na globini med 6,1 in 15 km, 9 % potresov je imelo žarišče v globini med 15,1 in 21 km, dvema potresoma (0,2 %) pa smo določili žariščno globino, ki je večja od 21 km.

Najmočnejši potres leta 2019 v Sloveniji oziroma njeni bližnji okolici se je zgodil 1. oktobra ob 22.24 po univerzalnem koordiniranem času (v nadaljnjem besedilu: UTC) oziroma 2. oktobra ob 0.24 po Srednjeevropskem času (v nadaljnjem besedilu: SEČ) pri Ilirski Bistrici ( $M_{LV} = 3,4$ ). Imel

je največjo intenziteto IV EMS-98. S kratico EMS-98 označujemo evropsko potresno lestvico (Grünthal, 1998). Ljudje so ga čutili v območju 175 km od nadžarišča do naselja Podgrad v Gornji Radgoni. Opazovalci so poročali o srednje močnem tresenju, žvenketanju stekla in tresenju pohištva. Bobnenje, ki je spremljalo potres, je prebudilo veliko ljudi.

V preglednici 1 so osnovni podatki za 73 lokalnih potresov z izračunano lokalno magnitudo, večjo ali enako 1,5, od katerih so jih prebivalci Slovenije čutili 54. Poleg teh je navedenih še 89 šibkejših potresov, ki so jih prebivalci Slovenije čutili in smo jim lahko izračunali lokacijo nadžarišča. Za vsak potres so navedeni datum (leto, mesec, dan), žariščni čas po UTC (ura, minuta, sekunda), koordinati nadžarišča (zemljepisna širina °N, zemljepisna dolžina °E), globina žarišča (km), lokalna magnituda ( $M_{LV}$ ) in največja intenziteta ( $I_{max}$ ) EMS-98, ki jo je potres dosegel v Sloveniji. V stolpcu Potresno območje je za večino nadžarišč v Sloveniji napisano ime naselja, ki je najbližje nadžarišču in je navedeno v seznamu naselij Geodetske uprave RS (GURS, 2018), za preostala (nadžarišče je več kot 5 km oddaljeno od najbližjega naselja iz omenjenega seznama ali pa je zunaj slovenskih meja) smo toponim poiskali s pomočjo storitev Google Zemljevidi (Google Maps, 2020). Za razliko od prejšnjih let, leta 2019 nismo ocenjevali intenzitet potresov, katerih le-ta je bila nižja od IV EMS-98, vendar smo takim potresom pripisali intenziteto, ki je bila določena z avtomatskim algoritmom (Šket Motnikar, 2020). Če podatki niso zadoščali za nedvoumno določitev intenzitete, smo potresu pripisali razpon vrednosti (npr. IV–V). Kadar potresu ni bilo mogoče določiti niti razpona mogočih vrednosti, smo temu pripisali oznako »čutili«, ali oznako »zvok«, če so opazovalci poročali le o zvočnih učinkih brez tresenja.

Za določitev osnovnih parametrov potresov, navedenih v preglednici 1, smo uporabili analize potresov, zapisanih na potresnih opazovalnicah državne mreže v Sloveniji, dopolnilnih opazovalnicah za močnejše tresljaje in opazovalnic sosednjih držav ter biltenov iz Avstrije (ZAMG, 2019–2020), na Hrvaškem (GEOF-PMF, 2020), in Italije (OGS, 2020). Žariščni čas (čas nastanka potresa), koordinati nadžarišča in žariščno globino smo določili iz časa prihodov vzdolžnega (P) in prečnega (S) valovanja na potresne opazovalnice. Potrese smo locirali s programom HYPOCENTER (Lienert in drugi, 1988; Lienert, 1994). Uporabili smo povprečni hitrostni model za ozemlje Slovenije, določen iz tridimenzionalnega modela za prostorsko valovanje (Michelini in drugi, 1998) in modela za površinsko valovanje (Živčić in drugi, 2000). Potresom, ki smo jim lahko določili le koordinati nadžarišča, smo za žariščno globino privzeli sedem kilometrov (Poljak in drugi, 2000). Lokalno magnitudo  $M_{LV}$  potresov smo določili iz največje hitrosti navpične komponente nihanja tal na slovenskih opazovalnicah in oddaljenosti nadžarišča do potresne opazovalnice. V preglednici 1 je navedena povprečna vrednost  $M_{LV}$  za opazovalnice v Sloveniji. Največja intenziteta ( $I_{max}$ ), ki jo je potres dosegel na ozemlju Slovenije, je ocenjena po EMS-98.

V preglednici 2 so navedeni bližnji (regionalni) potresi, ki so jih čutili tudi v Sloveniji. Ljudje so na ozemlju Slovenije čutili kar pet potresov z žariščem v Italiji. Največje učinke je v Sloveniji povzročil potres pri Raveni z magnitudo 4,3. V Sloveniji je dosegel je najvišjo intenziteto stopnje IV–V EMS-98. Prav tako so prebivalci Slovenije čutili še dva potresa z žariščem na Balkanskem polotoku. Prvi potres, ki se je zgodil v Albaniji 26. novembra ob 2.54 UTC z magnitudo 6,4, je prebudil posamezne ljudi. Opazovalci so poročali o srednje močnem valovanju, žvenketu stekla, nihanju luči in tresenju pohištva. Potres je v Sloveniji dosegel najvišjo intenziteto stopnje IV EMS-98. Na isti dan, ob 9.19 UTC, se je zgodil še potres v Bosni in Hercegovini z magnitudo 5,4. Tudi ta potres so zaznali prebivalci Slovenije. Poročali so o šibkem nihanju tal.

**Preglednica 1:** Seznam potresov leta 2019, ki so imeli lokalno magnitudo večjo ali enako 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 preglednici je tudi 89 potresov s sicer manjšo lokalno magnitudo, vendar so jih prebivalci Slovenije čutili in smo jim tudi lahko določili osnovne parametre.

**Table 1:** List of earthquakes with  $M_{LV} \geq 1.5$  in 2019, for which the hypocentral time, coordinates of the epicentre and the focal depth were calculated; the maximum intensity of the felt earthquakes is also stated. Information is provided also for 89 earthquakes of a lower magnitude, felt by the inhabitants of Slovenia, for which we also calculated the hypocentral time, coordinates of the epicentre and the focal depth.  $h$  = focal depth;  $nst$  = number of stations used;  $RMS$  = the root mean square of time residuals. Zvok = sound; čutili = felt.

leto	datum		čas (UTC)				z. šir.		z. dolž.		h	nst	RMS		$M_{LV}$	$I_{max}$ EMS 98	potresno območje
	mesec	dan	h	m	s	°N	°E	°E	°E	s			s				
year	month	day	h	min	s	lat	lon	lon	lon	h	nst	RMS	s	$M_{LV}$	$I_{max}$ EMS 98	epicentral area	
2019	1	4	23	43	24,5	46,13	14,31	14,31	13	48	0,4	0,4	1,5	III	Sv. Barbara		
2019	1	5	11	26	5,1	46,08	14,89	14,89	13	40	0,5	0,5	1,5		Spodnji Log		
2019	1	8	4	3	11	45,69	13,83	13,83	5	64	0,6	0,6	2,2	III-IV	Ferneti (Fernetiči) meja Italija - Slovenija		
2019	1	14	3	45	7,1	45,68	13,81	13,81	5	24	0,5	0,5	0,9	III	Ferneti (Fernetiči) meja Italija - Slovenija		
2019	1	20	2	6	22,8	45,54	15,14	15,14	12	15	0,3	0,3	1,0	III-IV	Dragovanja vas		
2019	1	20	2	9	41,5	45,55	15,14	15,14	9	10	0,3	0,3	0,8	čutili	Grič pri Dobljčah		
2019	1	20	3	13	19,4	45,55	15,14	15,14	10	7	0,3	0,3	0,4	III-IV	Dragovanja vas		
2019	1	22	13	23	39,4	46,16	15,09	15,09	8	22	0,3	0,3	1,5	III-IV	Boben		
2019	1	22	18	2	10,7	46,16	15,09	15,09	9	34	0,3	0,3	1,6	IV	Studence		
2019	1	26	1	18	53,6	46,16	15,08	15,08	9	14	0,3	0,3	0,8	III-IV	Boben		
2019	1	27	10	47	10	45,87	15,22	15,22	4	19	0,4	0,4	0,9	III	Šmarješke Toplice		
2019	1	27	20	42	43,1	46,27	13,54	13,54	16	8	0,1	0,1	1,6		Trnovo ob Soči		
2019	1	31	12	11	10,2	46,07	14,22	14,22	21	27	0,3	0,3	1,5	čutili	Rovt		
2019	1	31	20	42	42,9	45,64	14,26	14,26	13	24	0,4	0,4	0,9	II-III	Bač		
2019	1	31	21	34	21,4	45,65	14,26	14,26	12	24	0,4	0,4	1,0	II-III	Bač		
2019	1	31	21	44	33,2	45,64	14,27	14,27	13	37	0,5	0,5	1,4	II-III	Bač		

datum			čas (UTC)				z. šir.		z. dolž.		h		nšt		RMS		M <sub>Lv</sub>		I <sub>max</sub>		potresno območje	
leto	mesec	dan	h	m	s	°N	°E	lon	lat	h	km	h	km	s	s	s	s	I <sub>max</sub>	I <sub>max</sub>	epicentral area		
year	month	day	h	min	s	°N	°E	lon	lat	h	km	h	km	s	s	s	s	I <sub>max</sub>	I <sub>max</sub>	epicentral area		
2019	1	31	22	43	10,2	45,65	14,26	14,26	45,65	11	11	18	0,3	1,1	0,3	1,1	0,3	čutili	čutili	Bač		
2019	2	1	0	19	26,2	45,65	14,26	14,26	45,65	10	10	35	0,5	1,4	0,5	1,4	0,5	II	II	Bač		
2019	2	1	1	41	20,7	45,66	14,26	14,26	45,66	11	11	32	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4	II	II	Pačlje		
2019	2	1	2	0	35,4	45,65	14,26	14,26	45,65	11	11	36	0,4	1,5	0,4	1,5	0,4	II	II	Bač		
2019	2	1	2	7	13,2	45,65	14,26	14,26	45,65	12	12	14	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	čutili	čutili	Bač		
2019	2	1	2	19	9,7	45,65	14,26	14,26	45,65	11	11	32	0,4	1,4	0,4	1,4	0,4	čutili	čutili	Bač		
2019	2	1	2	45	28,1	45,65	14,26	14,26	45,65	11	11	22	0,3	1,1	0,3	1,1	0,3	čutili	čutili	Bač		
2019	2	1	3	28	23,6	45,65	14,26	14,26	45,65	11	11	26	0,3	1,3	0,3	1,3	0,3	čutili	čutili	Bač		
2019	2	1	3	41	38,5	45,65	14,25	14,25	45,65	12	12	28	0,3	1,3	0,3	1,3	0,3	čutili	čutili	Bač		
2019	2	1	3	44	12,2	45,65	14,25	14,25	45,65	12	12	23	0,3	1,2	0,3	1,2	0,3	III	III	Bač		
2019	2	4	11	1	33,5	46,06	15,59	15,59	46,06	5	5	65	0,5	2,6	0,5	2,6	0,5	IV-V	IV-V	Gradišče		
2019	2	4	15	17	21,4	46,14	13,63	13,63	46,14	17	17	25	0,3	1,7	0,3	1,7	0,3			Tribil Superiore (Gorenji Tarbij), Italija		
2019	2	6	21	6	0,9	45,65	14,26	14,26	45,65	11	11	45	0,5	1,4	0,5	1,4	0,5	III	III	Bač		
2019	2	7	2	23	17,7	45,65	14,26	14,26	45,65	11	11	18	0,3	1,1	0,3	1,1	0,3	III	III	Bač		
2019	2	7	2	43	44,5	45,65	14,26	14,26	45,65	11	11	41	0,4	1,5	0,4	1,5	0,4	III	III	Bač		
2019	2	7	6	42	20,5	45,65	14,26	14,26	45,65	12	12	22	0,3	1,3	0,3	1,3	0,3	III	III	Bač		
2019	2	7	7	0	49,4	45,65	14,26	14,26	45,65	11	11	35	0,5	1,6	0,5	1,6	0,5	III	III	Bač		
2019	2	7	10	4	13,3	45,65	14,26	14,26	45,65	11	11	16	0,3	1,1	0,3	1,1	0,3	III-IV	III-IV	Bač		
2019	2	8	6	54	40,2	46,59	15,10	15,10	46,59	11	11	19	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4	III	III	Sv. Danijel		
2019	2	8	9	8	1	45,65	14,25	14,25	45,65	11	11	23	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4	II-III	II-III	Drskovče		
2019	2	12	13	19	51,3	45,56	15,32	15,32	45,56	1	1	15	0,5	1,2	0,5	1,2	0,5	III	III	Stopčić Vrh, Hrvaška		
2019	2	14	2	48	41,8	45,66	14,27	14,27	45,66	11	11	63	0,5	1,7	0,5	1,7	0,5	III-IV	III-IV	Jursče		

datum			čas (UTC)				z. šir.		z. dolž.		h		nst		RMS		M <sub>Lv</sub>		I <sub>max</sub>		potresno območje	
leto	mesec	dan	h	m	s	°N	°E	lat	lon	h	km	h	km	s	s	M <sub>Lv</sub>	I <sub>max</sub>	EMS 98	epicentral area			
year	month	day	h	min	s	°N	°E	lat	lon	h	km	h	km	s	s	M <sub>Lv</sub>	I <sub>max</sub>	EMS 98	epicentral area			
2019	2	14	8	47	19,6	46,08	15,77	46,08	15,77	10	37	0,5	1,6	0,5	1,6	1,6			Črešnjevec, Tuhelj, Hrvaška			
2019	2	14	9	18	56,1	45,66	14,26	45,66	14,26	11	41	0,4	1,5	0,4	1,5	1,5			Pačlje			
2019	2	14	9	19	49,8	45,65	14,27	45,65	14,27	11	13	0,2	1,2	0,2	1,2	1,2			Bač			
2019	2	14	22	54	45,1	45,38	15,50	45,38	15,50	18	64	0,4	2,2	0,4	2,2	2,2			Ščulac, Hrvaška			
2019	2	15	2	6	51,3	45,66	14,26	45,66	14,26	11	43	0,5	1,3	0,5	1,3	1,3			Pačlje			
2019	2	15	4	24	6,8	45,65	14,26	45,65	14,26	11	66	0,5	1,7	0,5	1,7	1,7			Pačlje			
2019	2	15	4	26	6,8	45,65	14,25	45,65	14,25	11	44	0,4	1,5	0,4	1,5	1,5			Drskovče			
2019	2	15	4	38	46,3	45,66	14,26	45,66	14,26	12	35	0,5	1,3	0,5	1,3	1,3			Pačlje			
2019	2	21	20	3	52,6	45,94	14,90	45,94	14,90	10	22	0,4	0,9	0,4	0,9	0,9			Mali Gaber			
2019	2	24	14	47	42,6	46,01	14,23	46,01	14,23	2	39	0,5	1,5	0,5	1,5	1,5			Podlipa			
2019	2	26	12	56	33	45,57	15,31	45,57	15,31	1	25	0,5	1,4	0,5	1,4	1,4			Mrzljaki, Hrvaška			
2019	2	27	20	43	30,9	45,66	14,26	45,66	14,26	10	15	0,2	0,7	0,2	0,7	0,7			Pačlje			
2019	2	28	17	11	13,4	46,64	15,18	46,64	15,18	10	6	0,4	1,6	0,4	1,6	1,6			Sv. Trije Kralji			
2019	2	28	19	32	18,9	46,23	13,45	46,23	13,45	11	40	0,5	1,5	0,5	1,5	1,5			Logje			
2019	3	4	19	48	19,7	46,04	15,05	46,04	15,05	8	43	0,4	1,5	0,4	1,5	1,5			Radgonica			
2019	3	8	21	20	9,2	45,63	14,37	45,63	14,37	15	44	0,4	1,2	0,4	1,2	1,2			Mašun			
2019	3	13	1	24	21,2	45,93	14,60	45,93	14,60	0	3	0	<0,1	0	<0,1	<0,1			Udje			
2019	3	13	18	19	11,9	46,14	15,05	46,14	15,05	8	6	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3			Trbovlje			
2019	3	14	1	1	32,8	46,01	14,45	46,01	14,45	11	41	0,3	1,0	0,3	1,0	1,0			Črna vas			
2019	3	21	18	36	9,7	46,27	15,40	46,27	15,40	10	33	0,5	1,7	0,5	1,7	1,7			Dramlje			
2019	3	21	20	0	17,5	46,14	14,40	46,14	14,40	13	40	0,4	1,4	0,4	1,4	1,4			Vaše			
2019	3	26	7	34	32	45,65	14,22	45,65	14,22	9	20	0,2	1,3	0,2	1,3	1,3			Drskovče			

datum		čas (UTC)				z. šir.		z. dolž.		h		nst		RMS		M <sub>LV</sub>		I <sub>max</sub>		potresno območje	
leto	mesec	dan	h	m	s	°N	°E	km	km	h	km	h	km	s	s	M <sub>LV</sub>	I <sub>max</sub>	EMS 98	epicentral area		
year	month	day	h	min	s	lat	lon	h	km	h	km	h	km	RMS	s	M <sub>LV</sub>	I <sub>max</sub>	EMS 98	epicentral area		
2019	3	26	20	12	5,2	46,27	15,40	12	30	0,3	1,6									Šedina	
2019	3	27	23	48	36,1	45,66	14,26	11	31	0,3	1,3									Pačlje	
2019	3	31	1	12	23,5	45,85	15,44	7	36	0,4	1,2									Jablance	
2019	3	31	4	14	59,6	46,45	14,70	10	56	0,5	1,8									Podolševa	
2019	4	1	20	57	44,1	45,65	14,26	11	21	0,2	0,7									Bač	
2019	4	2	12	50	49,3	46,17	14,51	11	32	0,3	1,5									Utik	
2019	4	3	1	51	34,7	46,31	13,28	12	57	0,6	1,7									Musi (Mužac), Italija	
2019	4	4	1	15	40,7	46,20	14,70	12	68	0,6	2,2									Obrše	
2019	4	7	22	31	19,3	46,01	14,19	5	42	0,5	1,0									Praprotno Brdo	
2019	4	8	20	46	37,9	45,93	14,79	7	5	0,2	<0,1									Stranska vas ob Višnjici	
2019	4	11	19	57	21,5	45,47	14,63	17	63	0,5	2,3									Gerovo, Hrvaška	
2019	4	11	20	12	47,6	45,81	15,48	6	61	0,5	2,3									Cerovica, Hrvaška	
2019	4	11	21	17	5,5	45,82	15,50	4	31	0,6	1,3									Osunja, Hrvaška	
2019	4	13	22	26	53,2	46,25	14,42	16	76	0,5	2,4									Srednja vas pri Šenčurju	
2019	4	14	16	20	10,6	46,14	14,82	8	23	0,4	1,0									Podgorica pri Pečah	
2019	4	16	18	23	38,9	45,69	15,65	17	30	0,5	1,7									Donja Reka, Hrvaška	
2019	4	19	17	36	20,8	45,47	15,33	6	66	0,6	2,2									Balkovci	
2019	4	21	16	6	11,2	45,67	14,46	14	54	0,4	1,7									Kozarišče	
2019	4	23	5	20	4,3	46,18	14,42	18	37	0,4	1,5									Moše	
2019	4	27	4	39	51,6	45,95	14,70	8	53	0,5	1,7									Gatina	
2019	4	27	9	31	32,3	46,09	15,78	12	62	0,5	2,5									Trsteno, Tuhej, Hrvaška	
2019	5	2	14	53	2,6	46,24	13,75	2	6	0,2	0,3									Tolimske Ravne	

datum			čas (UTC)				z. šir.		z. dolž.		h		nst		RMS		M <sub>Lv</sub>		I <sub>max</sub>		potresno območje	
leto	meseč	dan	h	m	s	°N	°E	km	km	h	h	h	h	s	s	M <sub>Lv</sub>	I <sub>max</sub>	epicentral area				
year	month	day	h	min	s	lat	lon	h	km	h	h	h	h	s	s	M <sub>Lv</sub>	I <sub>max</sub>	epicentral area				
2019	5	2	15	25	37,8	45,99	14,86	8	11	0,2	1,0	III-IV	Bukovica									
2019	5	3	3	50	20,7	45,50	14,39	9	34	0,5	1,5	III-IV	Zabiče									
2019	5	4	23	32	57	46,05	15,59	9	55	0,5	1,7	III-IV	Gradišče									
2019	5	9	3	14	22,7	45,97	13,79	19	97	0,5	2,9	IV	Nemci									
2019	5	9	13	52	16,6	46,12	14,67	8	70	0,5	2,6	IV	Vinje									
2019	5	10	18	47	49,8	46,12	14,37	11	19	0,3	0,6	čutili	Tehovec									
2019	5	17	7	29	47	46,09	14,22	13	34	0,4	1,5		Rovt									
2019	5	19	14	0	43,7	46,13	14,39	12	24	0,3	1,0	čutili	Žlebe									
2019	6	11	6	54	43,3	46,09	14,21	10	81	0,5	3,0	IV	Kremenik									
2019	6	11	7	27	38,1	46,08	14,22	10	20	0,4	1,0	III-IV	Rovt									
2019	6	11	11	16	34,9	46,47	14,34	10	24	0,3	1,5		Zell-Mitterwinkel (Sele-Srednji kot), Avstrija									
2019	6	12	2	41	43,2	45,87	15,55	2	14	0,2	0,8	čutili	Stankovo									
2019	6	13	12	18	11,3	45,40	14,40	16	59	0,5	2,3		Mladeniči, Hrvaška									
2019	6	15	6	36	38,6	46,75	15,70	1	9	0,3	1,5		Ziegler, Avstrija									
2019	6	16	20	24	55,1	46,59	13,93	18	32	0,3	1,5		Villach (Beljak), Avstrija									
2019	6	17	16	23	15	45,97	14,33	5	19	0,4	1,0	III	Blatna Brezovica									
2019	6	23	21	13	53,2	45,72	15,65	7	17	0,3	0,9	III-IV	Plešivica, Hrvaška									
2019	6	26	0	25	33,8	45,97	14,33	7	32	0,4	0,9	III-IV	Blatna Brezovica									
2019	7	9	20	11	47,6	46,14	14,50	17	28	0,4	1,2	čutili	Srednje Gajmeljne									
2019	7	12	2	12	19,9	45,44	15,25	5	7	0,2	0,6	čutili	Pribanjci, Hrvaška									
2019	7	20	11	53	41,4	46,25	14,84	12	59	0,5	2,2	III-IV	Okrog pri Motniku									
2019	7	20	12	30	24,1	46,25	14,83	13	75	0,5	2,9	IV	Okrog pri Motniku									

datum			čas (UTC)				z. šir.		z. dolž.		h		nst		RMS		M <sub>LV</sub>		I <sub>max</sub>		potresno območje	
leto	meseč	dan	h	m	s	°N	°E	h	km	h	km	h	km	s	s	s	s	EMS 98	EMS 98	epicentral area		
year	month	day	h	min	s	lat	lon	h	km	h	km	h	km	RMS	RMS	M <sub>LV</sub>	M <sub>LV</sub>	I <sub>max</sub>	I <sub>max</sub>	epicentral area		
2019	7	20	14	35	29,9	46,25	14,84	12	55	0,5	2,0	III-IV	Okrog pri Motniku									
2019	7	26	19	5	52,3	45,83	14,80	0	3	0,2	0,5	III	Kal									
2019	8	5	13	29	25,9	45,35	14,30	11	13	0,2	1,4	čutili	Bregi, Hrvaška									
2019	8	5	21	49	9	46,66	13,73	10	64	0,5	2,3	III	Kellerberg, Avstrija									
2019	8	11	12	58	20,3	46,07	14,78	9	27	0,3	1,1	čutili	Golišče									
2019	8	12	21	25	26,9	46,28	15,12	16	24	0,5	0,9	III-IV	Zalog pri Šempetru									
2019	8	16	13	5	50,7	45,38	14,38	18	29	0,3	1,9		Viškovo, Hrvaška									
2019	8	17	3	2	26	45,42	14,27	12	59	0,5	1,7	III-IV	Veli Brigud, Hrvaška									
2019	8	19	7	18	48	46,16	15,01	6	9	0,2	1,2	čutili	Potoška vas									
2019	8	23	5	36	37,2	45,56	15,15	10	8	0,2	0,9	IV	Blatnik pri Črnomlju									
2019	8	24	1	22	28,2	46,28	14,95	12	27	0,3	1,0	III-IV	Čreta									
2019	8	25	0	29	31	45,57	15,14	6	7	0,2	0,6	III-IV	Jelševnik									
2019	8	26	9	16	34,7	46,15	14,41	16	39	0,4	1,6		Verje									
2019	8	30	9	15	18,7	46,04	15,28	9	9	0,3	0,6	čutili	Ledina									
2019	8	30	16	3	55,7	46,19	15,86	17	34	0,4	1,9		Žutnica, Hrvaška									
2019	9	2	11	39	55,2	46,01	14,69	10	20	0,3	1,2	II	Ravno Brdo									
2019	9	4	22	20	33,2	46,49	14,73	6	34	0,5	1,5	čutili	Topla									
2019	9	5	8	12	46,8	46,33	13,90	11	44	0,5	1,6	II-III	Studor v Bohinju									
2019	9	11	19	11	3,3	45,90	15,29	3	13	0,2	0,5	II	Škocjan									
2019	9	12	10	47	51,7	45,83	14,98	12	50	0,5	2,0	III	Sadinja vas pri Dvoru									
2019	9	14	0	28	3,4	46,29	13,65	6	66	0,5	1,8	III-IV	Lepena									
2019	9	15	9	9	59,2	46,50	16,45	15	18	0,3	1,7		Mursko Stredišče, Hrvaška									

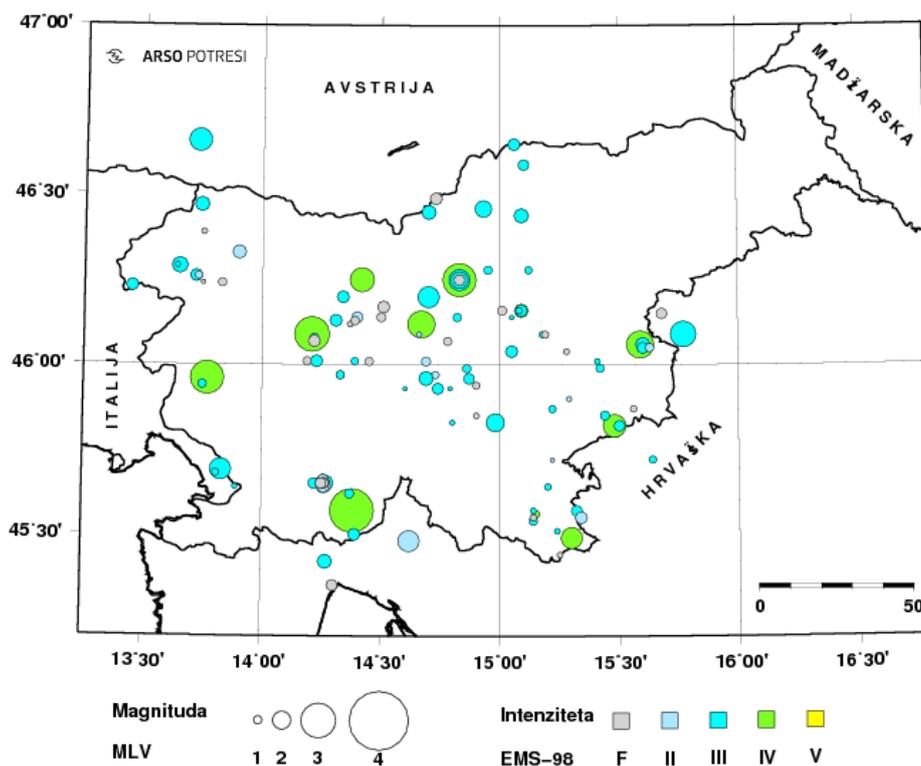
datum			čas (UTC)				z. šir.		z. dolž.		h		nst		RMS		M <sub>Lv</sub>		I <sub>max</sub>		potresno območje	
leto	mesec	dan	h	m	s	°N	°E	km	km	h	h	h	h	s	s	M <sub>Lv</sub>	I <sub>max</sub>	EMS 98	epicentral area			
year	month	day	h	min	s	lat	lon	h	h	h	h	h	h	s	s	M <sub>Lv</sub>	I <sub>max</sub>	EMS 98	epicentral area			
2019	9	20	5	44	7,3	45,64	15,20	7	5	0,1	0,8	III	Sovinek									
2019	9	24	2	55	17,2	46,01	14,39	8	24	0,3	0,9	III-IV	Lukovica pri Brezovici									
2019	9	25	20	50	38,5	46,01	15,41	4	14	0,3	0,7	III-IV	Krajina Brda									
2019	9	30	14	16	55,8	45,99	15,42	3	24	0,5	1,1	III-IV	Kladje nad Blanco									
2019	10	1	14	11	15	46,43	16,04	1	3	0	1,6		Preclava									
2019	10	1	22	24	18,1	45,57	14,38	21	73	0,4	3,4	IV	Snežnik									
2019	10	1	22	30	0	45,58	14,39	21	45	0,4	1,7		Snežnik									
2019	10	2	1	33	52,7	46,65	15,06	11	24	0,6	1,5	III	Kozji Vrh nad Dravogradom, meja Slovenija - Avstrija									
2019	10	11	4	23	27,4	46,09	15,18	7	14	0,2	0,8	III-IV	Veliko Širje									
2019	10	13	7	56	14	46,44	15,09	9	27	0,4	1,7	III-IV	Vodriž									
2019	10	14	7	37	33,5	46,20	14,34	15	40	0,4	1,5	III	Žabnica									
2019	10	16	11	5	29,2	45,94	13,75	10	19	0,2	1,1	III	Vitovlje									
2019	10	16	19	43	16,8	45,72	15,22	12	4	0,2	0,3	II-III	Sela pri Jugorju									
2019	10	18	7	15	1	46,05	15,60	5	33	0,5	1,4	III-IV	Gradišče									
2019	10	23	20	55	20,7	46,05	15,63	5	9	0,2	1,0	II	Črešnjevec ob Bistrici									
2019	10	28	5	51	36,8	45,46	14,40	15	37	0,4	1,8		Klana, Hrvaška									
2019	10	29	4	46	1,6	46,09	15,19	10	7	0,3	0,9	čutili	Veliko Širje									
2019	10	29	19	47	8,8	45,51	15,24	6	6	0,3	0,6	III	Bojanci									
2019	10	31	17	47	50,1	46,26	13,72	16	50	0,3	1,5	III	Čadrg									
2019	11	18	7	9	50,6	46,47	13,74	13	41	0,3	1,7	III-IV	Podkoren									
2019	11	18	8	0	59,2	46,46	14,93	7	36	0,7	1,9	III-IV	Jazbina									
2019	11	29	19	44	30,4	45,96	14,86	13	32	0,4	1,5		Šentpavel na Dolenjskem									

datum		čas (UTC)			z. šir.		z. dolž.		h		nst		RMS		M <sub>LV</sub>		I <sub>max</sub>		potresno območje	
leto	meseč	dan	h	m	s	°N	°E	km	km	km	km	km	s	s	s	s	EMS 98	EMS 98		
year	month	day	h	min	s	lat	lon	h	h	h	h	nst	RMS	RMS	M <sub>LV</sub>	M <sub>LV</sub>	I <sub>max</sub>	I <sub>max</sub>	epicentral area	
2019	11	30	3	48	51,2	45,93	14,74	13	42	0,5	1,4	42	0,5	0,5	1,4	III	III	Nova vas		
2019	11	30	15	42	23,3	45,64	13,89	14	6	0,2	0,5	6	0,2	0,2	0,5	III-IV	III-IV	Basovizza (Bazovica), Italija		
2019	12	2	3	33	54,9	46,39	13,75	10	8	0,2	0,6	8	0,2	0,2	0,6	čutili	čutili	Trenta		
2019	12	2	9	26	8,2	46,27	14,39	16	20	0,3	1,5	20	0,3	0,3	1,5			Orehovlje		
2019	12	3	2	23	47	46,24	13,83	6	13	0,2	1,1	13	0,2	0,2	1,1	čutili	čutili	Kneške Ravne		
2019	12	5	19	52	34	46,15	15,68	12	26	0,4	1,3	26	0,4	0,4	1,3	čutili	čutili	Trnovec Desinički, Hrvaška		
2019	12	7	2	37	37,5	45,96	14,87	11	32	0,3	1,3	32	0,3	0,3	1,3	III	III	Zaboršt pri Šentvidu		
2019	12	7	20	46	2,6	46,09	14,66	10	11	0,3	0,5	11	0,3	0,3	0,5	II	II	Podgora pri Dolskem		
2019	12	9	14	22	23,5	45,97	14,73	8	8	0,2	0,9	8	0,2	0,2	0,9	II	II	Dedni Dol		
2019	12	12	21	19	30,6	46,25	14,83	11	27	0,5	1,3	27	0,5	0,5	1,3	čutili	čutili	Okrog pri Motniku		
2019	12	19	4	12	49	46,26	13,73	6	17	0,5	0,9	17	0,5	0,5	0,9	II-III	II-III	Čadrg		
2019	12	23	14	35	22,7	46,21	15,37	12	29	0,4	1,6	29	0,4	0,4	1,6			Krajčica		
2019	12	24	17	52	12,1	45,85	14,90	5	19	0,2	0,7	19	0,2	0,2	0,7	čutili	čutili	Dešeča vas		
2019	12	30	20	39	19	46,29	13,64	7	11	0,2	0,5	11	0,2	0,2	0,5	III	III	Lepena		

**Preglednica 2:** Seznam bližnjih (regionalnih) potresov, ki so jih leta 2019 čutili prebivalci Slovenije.

**Table 2:** List of regional earthquakes that were felt by the inhabitants of Slovenia in 2019.

datum	čas (UTC)		$M_w$	intenziteta	potresno območje
	h	min		EMS-98	
date	time (UTC)		$M_w$	intensity	epicentral area
	h	min		EMS-98	
14. 1. 2019	23	3	4,3	IV–V	Ravena (Ravenna), Italija
14. 6. 2019	13	57	3,7	III–IV	Tolmeč (Tolmezzo), Italija
7. 7. 2019	21	9	3,2	čutili	Tolmeč (Tolmezzo), Italija
28. 7. 2019	19	19	3,3	II–III	Majano (Maian), Italija
22. 9. 2019	12	58	3,4	III–IV	Tolmeč (Tolmezzo), Italija
26. 11. 2019	2	54	6,4	IV	Drač (Durrës), Albanija
26. 11. 2019	9	19	5,4	III	Blagaj, Bosna in Hercegovina



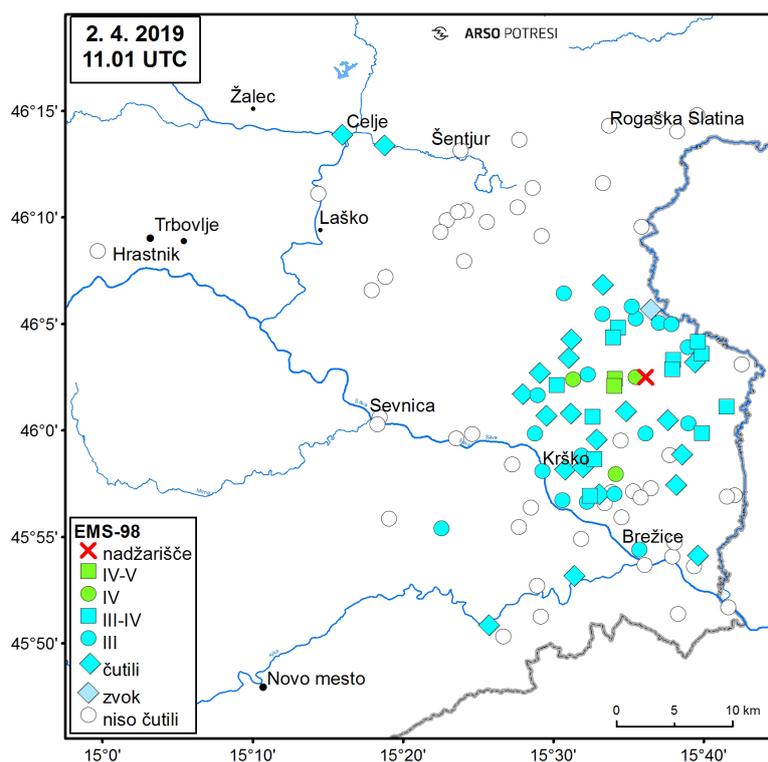
**Slika 4:** Nadžarišča lokalnih potresov, ki so jih leta 2019 čutili prebivalci Slovenije. Barva simbola ponazarja največjo doseženo intenziteto v Sloveniji, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude  $M_{LV}$ . Pri razponu mogočih vrednosti intenzitete je prikazana spodnja vrednost. Slika je bila narejena s programom GMT (Wessel in Smith, 1991, 1998).

**Figure 4:** Epicentres of local earthquakes felt in Slovenia in 2019. The size of the symbols represents local magnitude, while the colour represents maximum intensity in Slovenia. Lower value of intensity is shown for possible intensity ranges. Magnituda = magnitude; Intenziteta = intensity. Figure was made using GMT software (Wessel and Smith, 1991, 1998).

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

V letu 2019 v Sloveniji ni bilo potresov, ki bi povzročili gmotno škodo, le posamezne razpoke v ometu. Dva potresa sta imela največjo intenziteto IV–V EMS-98 in 11 jih je imelo intenziteto IV EMS-98. Prebivalci v Sloveniji so čutili skupno vsaj 141 potresov, 134 lokalnih in sedem regionalnih. Nadžarišča potresov so prikazana na sliki 4. Velikost kroga označuje lokalno magnitudo, barva pa največjo doseženo intenziteto potresa v Sloveniji.

V nadaljevanju sta opisana dva najmočnejša potresa v Sloveniji leta 2019. Potres pri Kozjem ( $M_{LV}=2,6$ ) je dosegel največjo intenziteto IV–V EMS-98, potres pri Ilirski Bistrici ( $M_{LV}=3,4$ ) pa IV EMS-98. Za vsakega izmed teh potresov je prikazana karta intenzitete po naseljih (sliki 5 in 6) z vrisanim instrumentalno določenim nadžariščem. Intenziteta potresa v posameznem naselju je ocenjena na podlagi vprašalnikov o učinkih potresa (za  $I_{max} \geq IV$ ). Vprašalnike po potresu pošljemo prostovoljnemu poročevalcu ali pa jih občani sami izpolnijo na spletni strani ARSO (ARSO, 2020a) ali evropske seizmološke organizacije EMSC (EMSC/CSEM, 2020). Na sliki 7 so prikazana vsa naselja, od koder smo

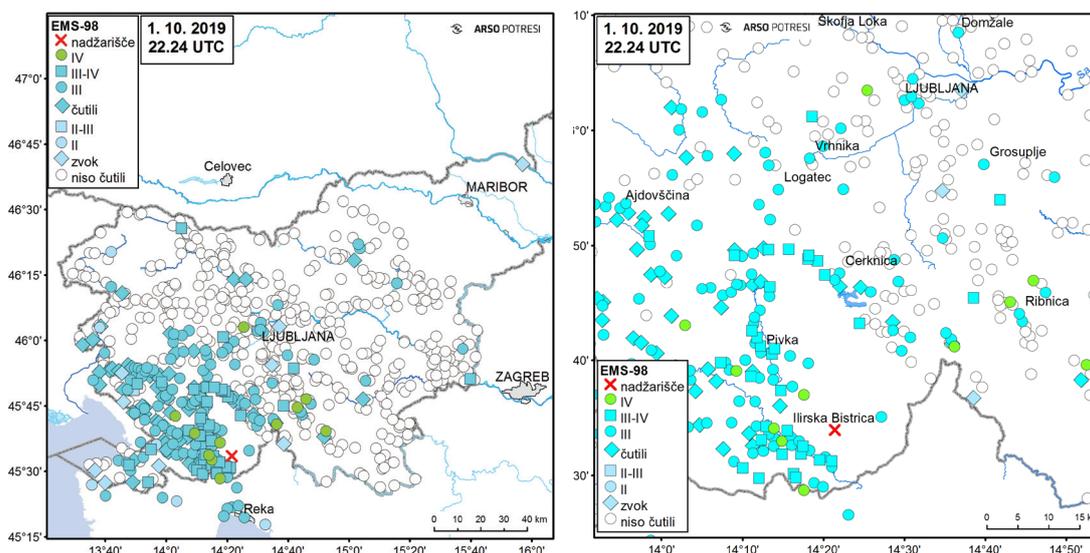


**Slika 5:** Intenziteta potresa magnitude 2,6 pri Kozjem 4. februarja 2019 ob 11.01 po UTC v posameznih naseljih.

**Figure 5:** Macroseismic data points of the earthquake near Kozje ( $M_{LV}=2.6$ ) on 4 Februar 2019 at 11:01 UTC in individual settlements. Nadžarišče = epicentre; čutili = felt; niso čutili = not felt.

dobili podatke, da so ljudje čutili učinke katerega izmed potresov, katerih najvišja intenziteta je bila IV ali več. Barva in oznaka na sliki opredelujeta največjo intenziteto, doseženo v posameznem naselju leta 2019. V nadaljevanju so vse navedene magnitude lokalne ( $M_{LV}$ ).

**Potres 4. februarja 2019 ob 11.01 po UTC pri Kozjem (slika 5).** Potres magnitude 2,6 so ljudje čutili v območju 47 km od nadžarišča. Največjo intenziteto (IV–V EMS-98) je potres dosegel v naseljih

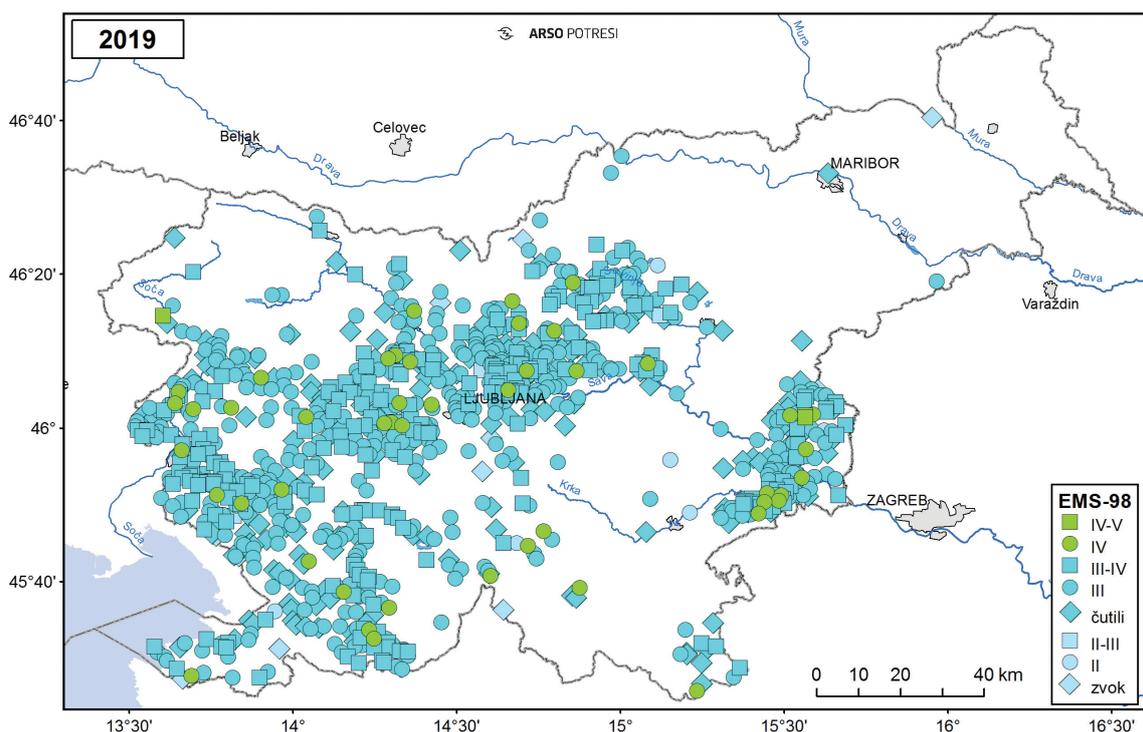


**Slika 6:** Intenziteta potresa magnitude 3,4 pri Ilirski Bistrici 1. oktobra 2019 ob 22.24 po UTC v posameznih naseljih; a) celotno območje, kjer so potres čutili; b) širše nadžariščno območje.

**Figure 6:** Macroseismic data points of the earthquake near Ilirska Bistrica ( $M_{LV}=3.4$ ) on 1 October 2019 at 22:24 UTC in individual settlements; a) felt area b) wider epicentral area  
Nadžarišče = epicentre; čutili = felt; zvok = thunder; niso čutili = not felt.

Poklek pri Podsredi in Gorjane. Opazovalci so potres opisovali, kot bi s strehe padla ogromna količina snega. Poročali so o enkratnem zmerno do močnem tresenju ter o močnem žvenketanju posode. Posameznike je tresenje tal in glasno bobnenje tako prestrašilo, da so zbežali na prosto. Žarišče potresa je bilo dokaj plitvo (5 km), zato so prebivalci potres občutili močneje, kot bi ga, če bi bilo žarišče globlje.

**Potres 1. oktober 2019 ob 22.24 po UTC pri Ilirski Bistrici (slika 6).** Najmočnejši potres po magnitudi leta 2019 je bil potres pri Ilirski Bistrici ( $M_{LV} = 3,4$ ). Čutili so ga v območju 175 km od nadžarišča do naselja Podgrad v Gornji Radgoni. Opazovalci so poročali o zmernem tresenju, žvenketanju stekla in tresenju pohištva. Bobnenje, ki je spremljalo potres, je prebudilo veliko ljudi. Kljub temu, da je bil ta potres močnejši od potresa pri Kozjem, ki se je zgodil 4. februarja, ga ljudje niso občutili tako močno. Eden glavnih razlogov je tudi globina potresa, ki je bila precej globlja (21 km) od potresa pri Kozjem.



**Slika 7:** Največja intenziteta potresa izmed vseh, ki so se zgodili leta 2019, ocenjena v posameznem naselju v Sloveniji.

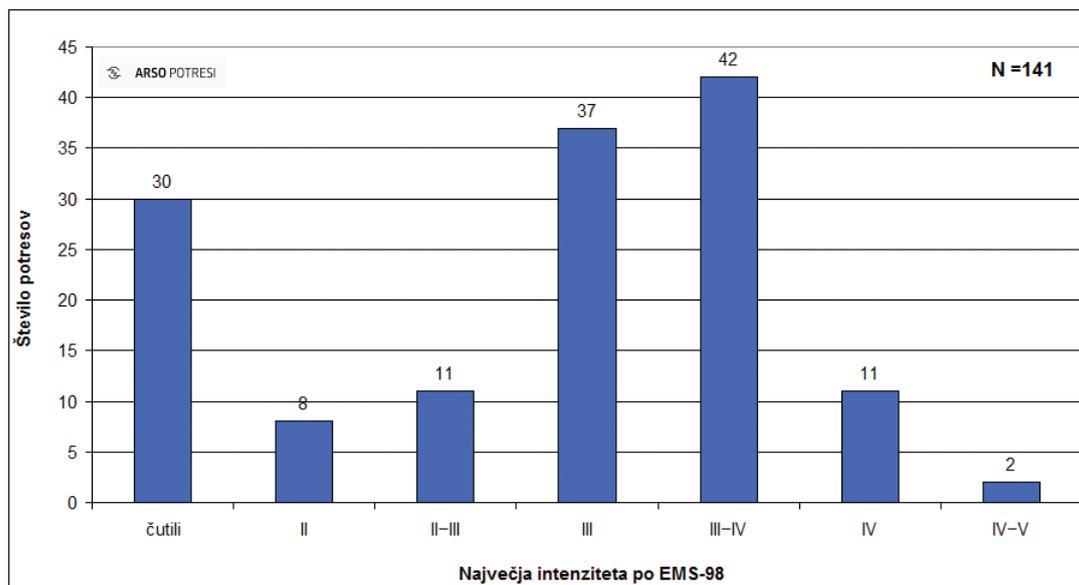
**Figure 7:** Overall map of the maximum intensity in individual settlements in Slovenia of all the earthquakes in 2019 felt by the inhabitants of Slovenia. Čutili = felt; zvok = thunder.

## Sklepne misli

Leta 2019 so se v Sloveniji ali njeni bližnji okolici zgodil 2181 potresi. Šestnajst potresov je imelo lokalno magnitudo med 2,0 in 2,9, dva potresa pa sta imela magnitudo 3,0 ali večjo od te vrednosti. Večina potresov (98 %) je imela lokalno magnitudo manjšo od 1,7. Vsi potresi na območju Slovenije in bližnje okolice so imeli žarišče do globine 24 km (sliki 1 in 2).

V Sloveniji je bilo leta 2019 vsaj 141 potresov, za katere vemo, da so jih opazovalci čutili (sliki 4 in 8). Dva potresa sta dosegla intenziteto IV–V EMS-98, 11 potresov intenziteto IV. Za preostale potrese (128) v letu 2019 smo uporabili samodejno ocenjeno intenziteto (42 potresov je imelo intenziteto III–IV EMS-98, 37 III EMS-98, 11 II–III EMS-98 in 8 II EMS-98. Za preostale potrese (30) pa nimamo dovolj informacij o učinkih, zato jim ni bilo mogoče določiti intenzitete. Intenziteta je pri teh potresih ocenjena samo opisno, in sicer z oznako »čutili.«.) (slika 8).

Makroseizmični podatki za potrese bi bili zelo pomanjkljivi ali celo nedostopni, če nam ne bi pomagali številni prostovoljni poročevalci. Zaradi Splošne uredbe EU o varstvu osebnih podatkov (Uredba (EU) 2016/679, angleško General Data Protection Regulation, GDPR), so vsi registrirani poročevalci izpolnili privolitev za hrambo in uporabo osebnih podatkov. Osebnostne podatke (ime, priimek, naslov, lokacija v času potresa, morebitni e-naslov ter neobvezne podatke telefon, spol, datum rojstva) uporabljamo



**Slika 8:** Porazdelitev največje intenzitete EMS-98 potresov v Sloveniji leta 2019

**Figure 8:** Distribution of maximum EMS-98 intensity with respect to number of earthquakes in Slovenia in 2019. Čutili = felt.

izključno za namen raziskovanja potresov in njihovih učinkov. Po podatkih iz januarja 2020 je registriranih 2432 aktivnih poročevalcev (975 jih izpolnjuje papirne vprašalnike, 1457 pa spletne vprašalnike). Vsem se za sodelovanje lepo zahvaljujemo, prav tako pa tudi številnim neregistriranim poročevalcem, ki izpolnjujejo spletne vprašalnike o učinkih potresov.

Registriranim poročevalcem smo leta 2019 poslali 9049 makroseizmičnih vprašalnikov za 25 potresov (1886 papirnih in 7163 spletnih vprašalnikov). Poročevalci so vrnili 1886 izpoljenih papirnih vprašalnikov (84 %), od tega:

- 193 poročil, da so zaznali potres,
- 1323 poročil, da niso zaznali potresa,
- 80 poročil, ki jih nismo mogli prirediti potresu (brez podane lokacije, tujina,...)

Spletni poročevalci so na naš poziv izpolnili 3008 spletnih vprašalnikov (42 %). Skupaj (zaprošenih ali poslanih na lastno pobudo) smo prejeli 8539 izpoljenih spletnih vprašalnikov, med katerimi je bilo:

- 5220 poročil, da so zaznali potres,
- 2873 poročil, da niso zaznali potresa,
- 436 poročil, ki jih nismo mogli prirediti potresu (rudniški dogodek, razstreljevanje, promet, brez podane lokacije,...).

Tudi leta 2019 smo pri zbiranju in izmenjavi podatkov sodelovali s seizmologi iz sosednjih držav (Italije, Avstrije in Hrvaške). Zahvaljujemo se jim za poslane oziroma na spletu objavljene makroseizmične podatke.

## Viri in literatura

ARSO, 2019. Letni seizmološki bilteni, 1997–2019. Arhiv Agencije RS za okolje, Ljubljana.

ARSO, 2020a. Vprašalnik o potresu. Dostopno na: <http://potresi.arso.gov.si/vprasalnik> (25. 03. 2021).

The Central and Eastern European Earthquake Research Network - CE3RN, 2019. <http://www.ce3rn.eu/> (2019).

EMSC/CSEM, 2020. European-Mediterranean Seismological Centre – EMSC/CSEM. Dostopno na: [https://www.emsc-csem.org/Earthquake/Contribute/choose\\_earthquake.php](https://www.emsc-csem.org/Earthquake/Contribute/choose_earthquake.php) (25.03.2021).

GURS (Geodetska uprava RS), 2018. Centroidi naselij (geografske koordinate), računalniški seznam.

GEOF-PMF, 2020. Data reports (online). Geofizički odsjek Prirodoslovno-Matematičnog Fakulteta, Zagreb, Hrvaška. Spletni naslov: [https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska\\_sluzba/seizmoloski\\_bilteni](https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/seizmoloski_bilteni).

Google Maps. 2019. <https://www.google.com/maps>.

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.

Lienert, B. R., Berg, E., Frazer, L. N. 1988. HYPOCENTER: An earthquake location method using centered, scaled, and adaptively least squares. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 76, 771–783.

Lienert, B. R. 1994. HYPOCENTER 3.2 – A Computer Program for Locating Earthquakes Locally, Regionally and Globally. Hawaii Institute of Geophysics & Planetology, Honolulu, 70 str.

Michelini, A., Živčić, M., Suhadolc, P. 1998. Simultaneous inversion for velocity structure and hypocenters in Slovenia. *Journal of Seismology*, 2 (3), 257–265.

OGS (Osservatorio Geofisico Sperimentale), 2018. Bollettino della Rete Sismometrica del Friuli Venezia Giulia. OGS, Centro ricerche sismologiche, Udine, computer file. Spletni naslov: <http://www.crs.inogs.it/bollettino/RSFVG/2018/RSFVG-2018.en.html>.

Poljak, M., Živčić, M., Zupančič, P. 2000. The Seismotectonic Characteristics of Slovenia. *Pure appl. Geophys.*, vol. 1, 57, 37–55.

Šket Motnikar, B., Jerše Sharma, A. 2020. Statistična analiza spletnih vprašalnikov, interno predavanje, ARSO, februar 2020.

- Uredba (EU) 2016/679 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 27. aprila 2016 o varstvu posameznikov pri obdelavi osebnih podatkov in o prostem pretoku takih podatkov ter o razveljavitvi Direktive 95/46/ES (Splošna uredba o varstvu podatkov). Dostopno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R0679&from=en> (25.03.2021)
- Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., Gosar, A., Godec, M., Živčič, M. 2006. Državna mreža potresnih opazovalnic. Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana, 287 str.
- Wessel, P., Smith, W. H. F. 1991. Free software helps map and display data. *Eos, Trans. Amer. Un.*, Vol. 72 (441), 445–446.
- Wessel, P., Smith, W. H. F. 1998. New, improved version of the Generic Mapping Tools released. *EOS Trans. AGU*, Vol. 79, 579.
- ZAMG, 2018–2019. Preliminary bulletin of regional and teleseismic events recorded with ZAMG-stations in Austria. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- Živčič, M., Bondár, I., Panza, G. F. 2000. Upper Crustal Velocity Structure in Slovenia from Rayleigh Wave Dispersion. *Pure Appl. Geophys.*, Vol. 157, 131–146.



## Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2019

### Operation of the seismic network of the Republic of Slovenia in 2019

#### **Povzetek**

*Z glavnimi parametri, ki so vplivali na zanesljivost delovanja Državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO) v letu 2019, predstavljamo povzetek analize delovanja in pregled pomembnejših dogodkov. Podajamo število prekinitev komunikacije za posamezno potresno opazovalnico (izpad) glede na trajanje. Za najdaljši izpad na posamezni potresni opazovalnici smo opisali njegov vzrok. Podajamo tudi časovne intervale, znotraj katerih ni delovalo po več potresnih opazovalnic hkrati, ter vzroke za omenjeno nedelovanje. Na osnovi rezultatov analize poteka tudi razvoj in izvedba posodobitev, ki prispevajo k boljšemu in zanesljivejšemu delovanju DMPO.*

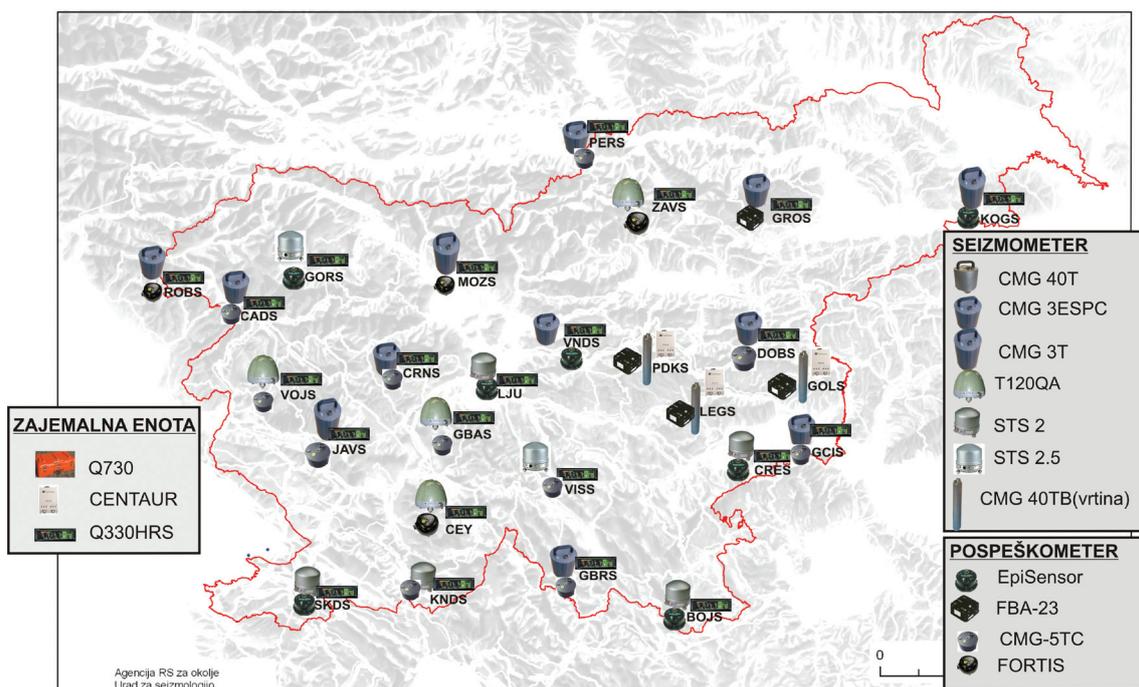
#### **Abstract**

*The results of analysis of operation of Seismic Network of the Republic of Slovenia (SNRS) in 2019 are presented in this article. The main upgrades and events that have influenced the operating quality of SNRS are also presented, along with parameters describing its reliability. The number and duration of out-of-operation periods (OOOP) for all seismic stations were evaluated. The analysis of causes of the longest OOOP for particular seismic station was made. Time intervals, when more seismic stations were out of service simultaneously, are identified. Based on the results of the analysis, improvements are constantly implemented, contributing to better and more reliable operation of SNRS.*

#### **Uvod**

Državno mrežo potresnih opazovalnic (DMPO) sestavlja 26 sodobno opremljenih digitalnih opazovalnic (slika 1). Vsaka potresna opazovalnica je opremljena z zajemalno enoto in dolgo-periodnim seizmometrom ter s pospeškometrom (slika 1). Poleg seizmološke merilne opreme se na opazovalnicah nahaja še podporna oprema, ki jo lahko razdelimo v štiri sklope: komunikacijska oprema, oprema za zagotavljanje neprekinjene oskrbe z električno energijo, oprema za dodaten nadzor delovanja zajemalnih enot ter oprema za nadzor vdora vode in beleženje temperature ob seizmometru.

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



**Slika 1:** Državna mreža potresnih opazovalnic. Prikazana je razporeditev različnih tipov seizmometerov, pospeškometerov in zajemalnih enot po posameznih potresnih opazovalnicah.

**Figure 1:** Seismic network of the Republic of Slovenia (seizmometer = the seismometer, pospeškometer = accelerometer; zajemalna enota = digitizer)

Vsi posegi na DMPO ter rezultati obsežne analize vseh pomembnih parametrov, ki vplivajo na kakovost delovanja DMPO, so podani v internem poročilu Sektorja za potresna opazovanja (SPO, 2019). Le-to obravnava naslednje parametre, ki opisujejo kakovost delovanja DMPO:

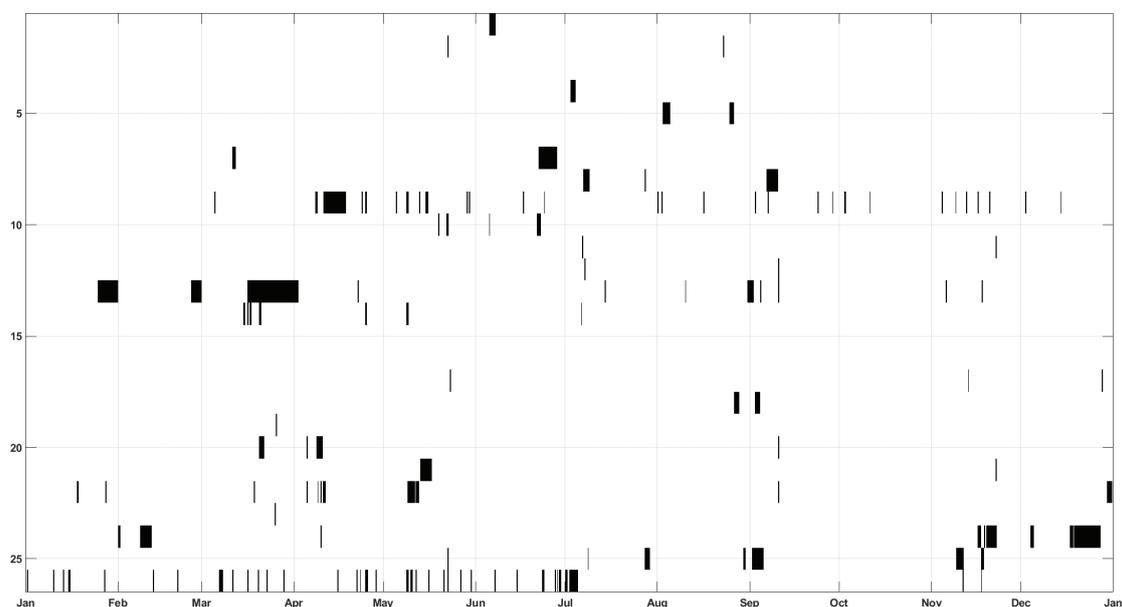
- Podroben opis vseh del in posodobitev, ki so bile izvedene na posamezni potresni opazovalnici.
- Število izpadov komunikacije posamezne potresne opazovalnice glede na trajanje izpada. Za daljše izpade (več kot 2 uri), ki niso bili posledica napake na komunikacijah, podajamo tudi njihove vzroke.
- Skupno trajanje izpadov posamezne potresne opazovalnice glede na določen časovni interval ter skupno trajanje izpadov posamezne potresne opazovalnice v določenem mesecu. Rezultati za posamezno opazovalnico so podani v obliki preglednic in grafov.
- Podroben opis izpadov, ki so povzročili izgubo podatkov.
- Število avtomatskih nastavitvev mirovne lege seizmometra (za opazovalnice, opremljene s tipom seizmometra, ki to funkcijo omogoča).
- Analiza nivoja celotnega seizmičnega nemira (predstavlja kombinacijo naravnih in umetnih seizmičnih izvorov) na posamezni 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 posamezni potresni opazovalnici.
- Časovni potek vrednosti temperature ob seizmometru.
- Analiza vdorov vode v jaške potresnih opazovalnic. Podajamo število vdorov vode in datume omenjenih dogodkov.

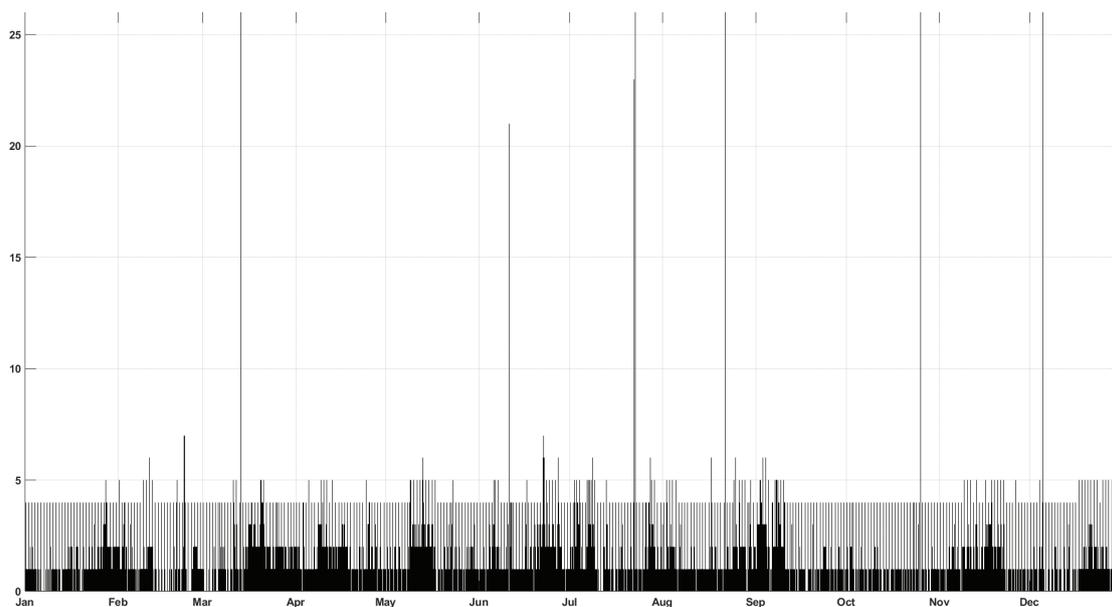
V tem prispevku podajamo le pomembnejše točke iz internega poročila (SPO, 2019). Glavne posodobitve, ki smo jih v letu 2019 izvedli na DMPO, pa so naslednje:

- Nadgraditev DMPO s seizmometri tipa Trilium 120QA. Nova seizmometra smo namestili na potresnih opazovalnicah GBAS in ZAVS. Nadgraditev DMPO s seizmometri tipa STS 2.5. Namestili smo ju na potresnih opazovalnicah VISS in GORS. Na ostalih potresnih opazovalnicah smo redno spremljali pravilnost delovanja merilne opreme in na nekaterih opazovalnicah izvedli menjavo seizmometra oziroma pospeškometra.
- Vzdrževanje napajalnih sistemov. Na nekaj potresnih opazovalnicah smo izvedli menjavo akumulatorjev (GBAS, JAVS). Menjava razsmernika (MOZS).



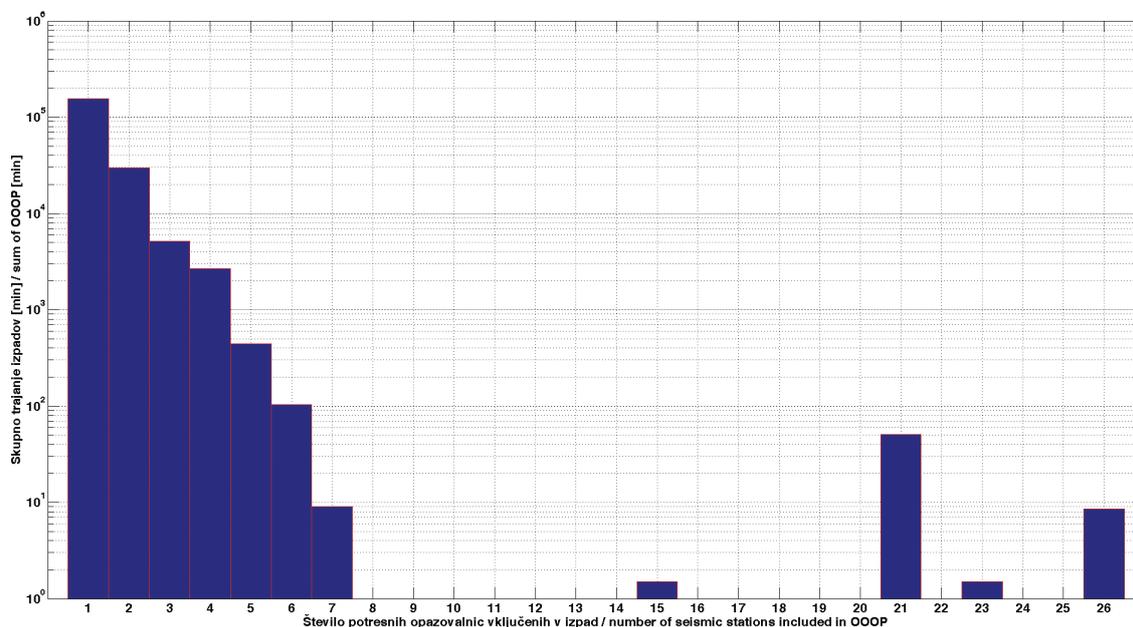
**Slika 2a:** Pregled delovanja DMPO v letu 2019. Izpadi so označeni s črno barvo. Ločljivost slike omogoča, da so vidni le izpadi, daljši od treh ur.

**Figure 2a:** An overview of out-of-operation periods (black lines) for seismic network of Slovenia in the year 2019. The resolution allows us to distinguish only out-of-operation periods longer than three hours.



**Slika 2b:** Pregled DMPO v letu 2019. Izpadi so označeni z črno barvo. Na ordinatni osi je podano število opazovalnic, ki so sočasno vključene v izpad.

**Figure 2b:** An overview of out-of-operation periods (black lines) for Seismic Network of the Republic of Slovenia in the year 2019.



**Slika 3:** Skupno trajanje izpadov več potresnih opazovalnic hkrati (leto 2019).

**Figure 3:** The total duration of OOP's that occurred at several seismic stations simultaneously (year 2019).

**Preglednica 1:** Skupni podatki o številu izpadov in njihovem trajanju za DMPO v letu 2019.

**Table 1:** An overview of the out-of-operation periods (OOOP) for Seismic Network of the Republic of Slovenia in the year 2019.

oznaka opazovalnice	število vseh izpadov	skupno trajanje vseh izpadov	število izpadov daljših od 2h
station code	number of OOOP	total duration of OOOP	number of OOOP > 2h
BOJS	12	2d 2h 21m	1
CADS	101	6h 8m	0
CEY	31	2h 45m	0
CRES	55	1d 23h 54m	1
CRNS	115	4d 6h 17m	2
DOBS	19	4h 34m	0
GBAS	270	7d 19h 36m	4
GBRS	330	6d 22h 56m	2
GCIS	4871	22d 10h 13m	19
GOLS	1281	3d 2h 40m	2
GORS	157	11h 20m	0
GROS	105	9h 31m	1
JAVS	2993	33d 16h 55m	6
KNDS	3273	5d 2h 39m	3
KOGS	80	4h 20m	0
LEGS	109	12h 27m	2
LJU	42	1d 0h 48m	3
MOZS	87	3d 23h 39m	2
PDKS	36	2h 58m	0
PERS	261	4d 4h 1m	5
ROBS	102	4d 20h 13m	3
SKDS	406	7d 23h 58m	19
VISS	33	2h 7m	0
VNDS	279	21d 0h 55m	8
VOJS	127	10d 13h 21m	5
ZAVS	1873	21d 15h 12m	20
<b>skupaj</b>	<b>17048</b>		<b>108</b>

**Preglednica 2:** Pregled najdaljših izpadov za posamezno potresno opazovalnico DMPO v letu 2019 in razlogi zanje.

**Table 2:** An overview and causes for the longest OOO's for each station of the Seismic Network of the Republic of Slovenia in the year 2019.

oznaka opazovalnice	nastop najdaljšega izpada	trajanje najdaljšega izpada	vzrok najdaljšega izpada
station code	date/time of the longest OOO	duration of the longest OOO	cause for the longest OOO
BOJS	6.5./10.39	1d 21h 27m	okvara zajemalne enote Q330 zaradi udara strele
CADS	12.5./09.45	0h 49m	izpad na komunikacijah
CEY	12.5./09.45	0h 49m	izpad na komunikacijah
CRES	7.2./17.23	1d 15h 36m	izpad napajanja zaradi udara strele
CRNS	8.2./20.39	2d 11h 07m	izpad napajanja zaradi izklopljenega FID stikala
DOBS	2.22./23.00	1h 21m	izpad na komunikacijah
GBAS	6.22./05.28	6d 1h 26m	okvara komunikacijskih vodov
GBRS	9.6./14.49	3d 19h 10m	okvara komunikacijskih vodov
GCIS	4.10./23.43	7d 8h 53m	okvara komunikacijske opreme
GOLS	11.18./16.56	3h 17m	menjava modema
GORS	11.22./09.13	0h 51m	izpad na komunikacijah
GROS	2.20./09.47	4h 11m	izpad na komunikacijah
JAVS	3.16./09.03	16d 23h	izpad na komunikacijah – presežena zakupljena količina podatkov
KNDS	4.24./22.26	16h 07m	izpad na komunikacijah
KOGS	12.5./09.45	0h 49m	izpad na komunikacijah
LEGS	12.13./23.25	2h 02m	izpad na komunikacijah
LJU	12.27./22.02	10h 50m	izpad elektrike v okolici Krima
MOZS	8.26./10.34	1d 20h 45m	izpad napajanja - izpad varovalke v glavni elektro omarici
PKDS	7.2./16.04	0h 32m	izpad na komunikacijah
PERS	4.8./12.11	1d 21h 45m	problemi z LTE modemom
ROBS	5.13./02.31	4d 5h 49m	problemi z usmerjevalnikom
SKDS	12.29./20.04	1d 14h 06m	okvara napajalnika za usmerjevalnik
VISS	12.5./09.45	0h 49m	izpad na komunikacijah
VNDS	12.18./14.01	5d 17h 58m	napaka na modemu – ročni reset
VOJS	9.1./13.22	3d 22h 15m	izpad na komunikacijah
ZAVS	7.2./17.47	2d 14h 19m	menjava modema

## Delovanje DMPO v letu 2019

V letu 2019 je bila celotna DMPO opremljena z dodatnimi zunanji pomnilniškimi enotami (Jet-Box oziroma Raspberry Pi2) in zajemalnimi enotami Q330HRS, ki imajo vgrajen tudi tako imenovani Baler. Le-ta podobno kakor zunanje pomnilniške enote dodatno hrani seizmološke podatke. Z dvojnimi hranjenjem podatkov na lokaciji potresne opazovalnice do izgube podatkov zaradi daljše prekinitve komunikacije praktično ne more več priti.

**Preglednica 3:** Število izpadov po dolžini in številu sočasno izpadlih potresnih opazovalnic.

**Table 3:** An overview of simultaneous OOP's for Seismic Network of the Republic of Slovenia.

število opaz./ no. of stations	dolžina trajanja izpadov / length of downtime						
	0–5 min	5–15 min	15–30 min	30–45 min	45–60 min	60–120 min	> 120 min
2	4159	571	102	41	26	92	25
3	1205	145	14	3	1	7	3
4	574	38	5	3	2	1	2
5	118	3	0	1	0	0	0
6	21	3	0	1	0	0	0
7	3	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
15	1	0	0	0	0	0	0
16	0	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	1	0	0	0	1	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	1	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
26	4	0	0	0	0	0	0

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

V letu 2019 je bilo 21 potresnih opazovalnic opremljenih z nadzornim sistemom (Mali, 2014). Sistem omogoča nadzor temperature ob seizmometru in v obeh jaških preverja potencialni vdor vode ter v primeru odstopanja parametrov od mejnih vrednosti o tem obvesti dežurnega tehnika.

Na slikah 2a in 2b je prikazan pregled delovanja DMPO v letu 2019, kjer črna barva predstavlja nedelovanje oziroma izpad potresne opazovalnice. Pregled vseh izpadov ter opis najdaljših izpadov za posamezno potresno opazovalnico so podani v preglednicah 1 in 2. Večina daljših izpadov, ki so posledica izpada na komunikacijskih poteh, ne predstavlja več trajne izgube podatkov, ampak le nezmožnost analize morebitnega seizmičnega dogodka v realnem času.

Na sliki 3 je prikazano skupno trajanje izpadov glede na število sočasno nedelujočih opazovalnic. Posamezna vrednost predstavlja skupno trajanje vseh sočasnih izpadov določenega števila opazovalnic. Stolpci se med seboj izključujejo. Skupno trajanje izpadov v posameznem stolpcu sestavlja več izpadov v katere je bilo vključeno enako število potresnih opazovalnic. Postopek samodejnega lociranja potresa vsebuje ocenjevanje številnih neznank, zato potrebuje podatke čim večjega števila potresnih opazovalnic. Če v trenutku potresa pride do izpada večjega števila potresnih opazovalnic, je določitev potresnih parametrov otežena oziroma manj natančna. Pregled sočasnih izpadov je podan v preglednici 3.

## Zaključek

Predstavili smo najpomembnejše posodobitve, ki smo jih v letu 2019 izvedli na DMPO in povzetek analize delovanja DMPO v letu 2019. Ugotovili smo, da se izpadi (prekinitve v komunikaciji s posamezno potresno opazovalnico) pojavljajo neprestano. Medtem, ko je vzrok krajših izpadov vedno manjša napaka na komunikacijah, pa so vzroki daljših izpadov raznovrstni. V grobem jih lahko delimo v tri skupine. V prvi skupini so problemi v zvezi z dobavo električne energije. V drugo skupino sodijo izpadi, ki so povezani s komunikacijsko potjo in opremo. V tretjo skupino pa uvrščamo okvare na seizmološki opremi (okvare na seizmometrih in zajemalnih enotah). S podpornimi sistemi, ki jih razvijamo in dopolnjujemo ter z rednimi posodobitvami in testiranjem seizmološke merilne opreme, zmanjšujemo število in dolžino izpadov zaradi vseh naštetih vzrokov. Največjo pozornost seveda namenjamo preprečitvi okvar na seizmološki merilni opremi.

Podali smo tudi analizo izpadov več potresnih opazovalnic hkrati. Posebno pozornost smo namenili predvsem tako imenovanim kritičnim izpadom, pri katerih več kot 75 % potresnih opazovalnic oziroma 20 ali več izpade za več kot 5 minut. Ugotovili smo, da smo v letu 2019 imeli sedem tovrstnih izpadov.

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

## Viri in literatura

Mali, M., 2014. Nadzorni sistem za kontrolo nivoja vode in stabilnosti temperature, Potresi v letu 2013, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.

Mali, M., Tasič, I., Pančur, L., 2008. Vpliv brezprekinitvenega napajanja na delovanje potresne opazovalnice. Potresi v letu 2007, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.

Tasič, I., Pančur, L., Pfundner, I., Mali, M., 2010. Povečanje lokalnega pomnilnika za zajemalne enote Q730, Potresi v letu 2009, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Ljubljana.

SPO, 2019. Državna mreža potresnih opazovalnic, delovanje v letu 2019, interno poročilo, Ljubljana.



## Najmočnejši potresi po svetu leta 2019

### The World's Largest Earthquakes in 2019

#### **Povzetek**

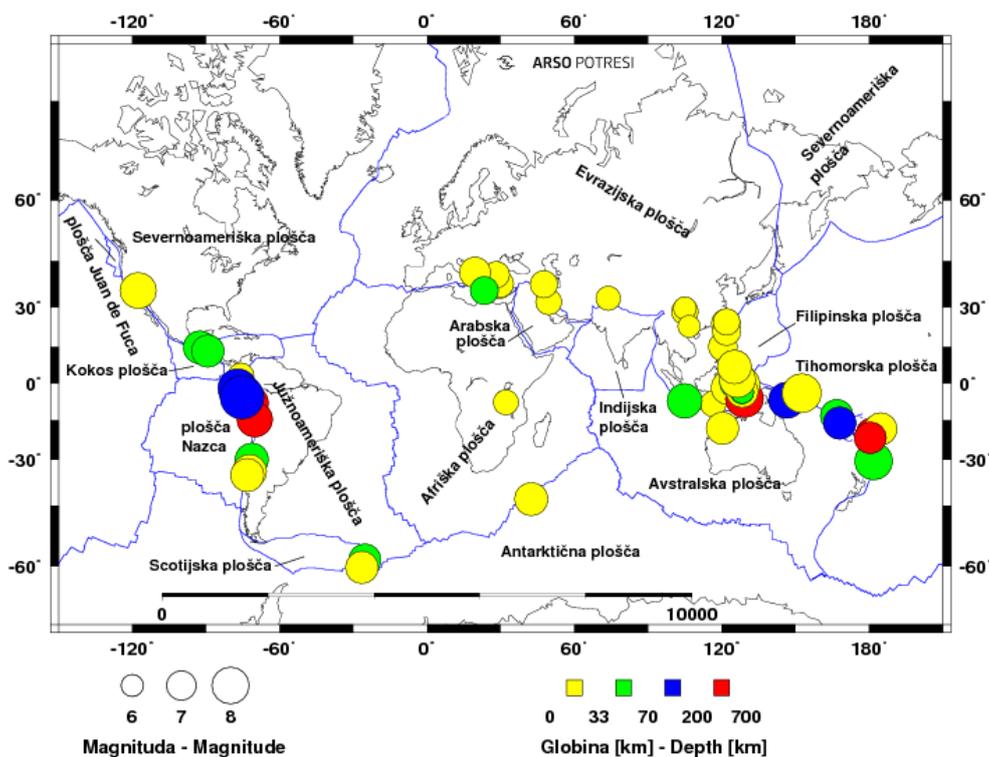
Leta 2019 je bilo po svetu 32 potresov, ki so dosegli ali presegli navorno magnitudo ( $M_w$ ) 6,5. En potres je imel navorno magnitudo večjo ali enako 8,0; devet potresov je imelo magnitudo med 7,0 in 7,9. Vsaj 35 potresov je zahtevalo človeška življenja, skupaj je bilo vsaj 276 žrtev. Najmočnejši ( $M_w = 8,0$ ) potres je nastal 26. maja v Peruju v globini 123 km. Največ žrtev, vsaj 51, je zahteval potres, ki se je zgodil 26. novembra v Albaniji, v bližini Drača. Z magnitudo 6,4 je bil tudi najmočnejši potres tega leta v Evropi.

#### **Abstract**

In 2019 there were 32 earthquakes across the world that either reached or exceeded a moment magnitude ( $M_w$ ) of 6.5. One among them had a moment magnitude greater than or equal to 8.0, and 9 were between 7.0 and 7.9. At least 35 earthquakes claimed human lives; in total there were at least 276 victims. The 26 May 2019 earthquake in Peru ranked highest in terms of the released energy, with a moment magnitude of 8.0. The strongest earthquake in Europe, with a moment magnitude of 6.4, struck Albania on 26 November 2019. It was the most devastating earthquake as well, with at least 51 victims.

#### **Uvod**

Zemlja je v svoji notranjosti razdeljena na plasti, ki se med seboj razlikujejo po kemijski in fizikalni sestavi, reološkem stanju in temperaturi ter mnogih drugih lastnostih. V osnovi jo lahko razdelimo na skorjo, plašč (zgomji, spodnji) in jedro (zunanje, notranje). Zemljina trdna lupina se imenuje litosfera in zajema Zemljino skorjo ter vrhnji del zgornjega plašča. Povprečno je debela okoli 100 km pod celinami in 50 km pod oceani. Sestavlja jo več tektonskih plošč (slika 1), največje so Tihomorska, Severnoameriška, Južnoameriška, Evrazijska, Afriška, Avstralska in Antarktična. Za svetovno potresno dejavnost so pomembne tudi številne manjše plošče. Pod litosfero je astenosfera (preostali del zgornjega plašča), ki je zaradi visokih temperatur viskozna oziroma židka, zaradi česar nastajajo počasni tokovi, ki v dolgem časovnem obdobju mešajo snovi. Tektonske plošče se zaradi konveksijskih tokov v astenosferi nenehno počasi premikajo (s hitrostjo od 0,6 do 10 centimetrov na leto). Med seboj se lahko razmikajo (razmične ali divergentne meje), primikajo (primične ali konvergentne meje) ali drsijo druga ob drugi (zmične ali transformne meje plošč). Razmikanje tektonskih plošč lahko poteka na območju oceanov (vdiranje magme iz astenosfere skozi razpoko med ploščama, pri čemer se magma strjuje v novo oceansko skorjo in nastanejo oceanski grebeni) ali na celinah (tektonsko ugrezanje ob nastajanju razsežnega tektonskega jarka ali razpoke v celinski plošči, ki končno postane meja plošč). Na območjih primikanja plošč se oceanska plošča podriva pod drugo oceansko ali celinsko ploščo, lahko pa celinski plošči trčita, kar povzroči dviganje skorje in nastanek gorovij. Prelom, ob katerem plošči drsita druga ob drugi, imenujemo transformni prelom (Lapajne, 2013, Struktura Zemlje, 2019).



**Slika 1:** Porazdelitev najmočnejših potresov leta 2019 na Zemlji. Velikost krogov kaže potresno magnitudo, barva pa žariščno globino. Označene so tudi glavne tektonske plošče.

**Figure 1:** Distribution of the strongest earthquakes in 2019. The size of the circle indicates the magnitude and the colour designates the focal depth. The main tectonic plates are also shown.

Potresi so posledica nenadnega premika dveh tektonskih blokov. Nastajajo predvsem na stikih in v bližini stikov plošč. Največ potresov (približno 90 %), tudi večina najmočnejših, se zgodi v obtihomorskem pasu, imenovanem tudi Ognjeni obroč, ki obkroža Tih ocean, tudi večina najmočnejših se zgodi tam (NEIC, 2020a). Na sliki 1 so narisani potresi, ki so leta 2019 dosegli ali presegli navorno magnitudo 6,5 (5,5 za evropsko-sredozemsko območje), in tisti šibkejši, ki so zahtevali človeška življenja. Navorna magnituda je mera za velikost potresa, ki velja tudi za najmočnejše potrese in je določena s potresnim navorom. Ta je opredeljen kot zmnožek strižnega modula kamnine prelomnega območja, površine potresnega pretrga in povprečne velikosti zdrsa vzdolž preloma. Lahko ga izračunamo iz zapisov potresnega valovanja ali iz geoloških opazovanj (Lapajne, 2013).

## Pregled najmočnejših potresov

V preglednici 1 so podatki o najmočnejših potresih, ki so zaznamovali leto 2019 (NEIC, 2020b; NEIC, 2020c; List of earthquakes in 2019, 2020). Za vsak potres so navedeni datum (mesec, dan), žariščni čas po svetovnem času (Coordinated Universal Time) – UTC (ura, minuta), koordinati nadžarišča (zemljepisna širina  $^{\circ}$ , zemljepisna dolžina  $^{\circ}$ ), globina žarišča (km) in navorna magnituda ( $M_w$ ). V stolpcu o številu žrtev je navedeno skupno število žrtev za posamezen potres. Preglednica se konča z imenom širšega nadžariščnega območja potresa.

**Preglednica 1:** Seznam potresov leta 2019, katerih navorna magnituda  $M_w$  je bila enaka ali večja od 6,5 (5,5 za evropsko-sredozemsko območje). Dodani so potresi (20), katerih magnituda je bila sicer manjša, a so zahtevali smrtne žrtve.

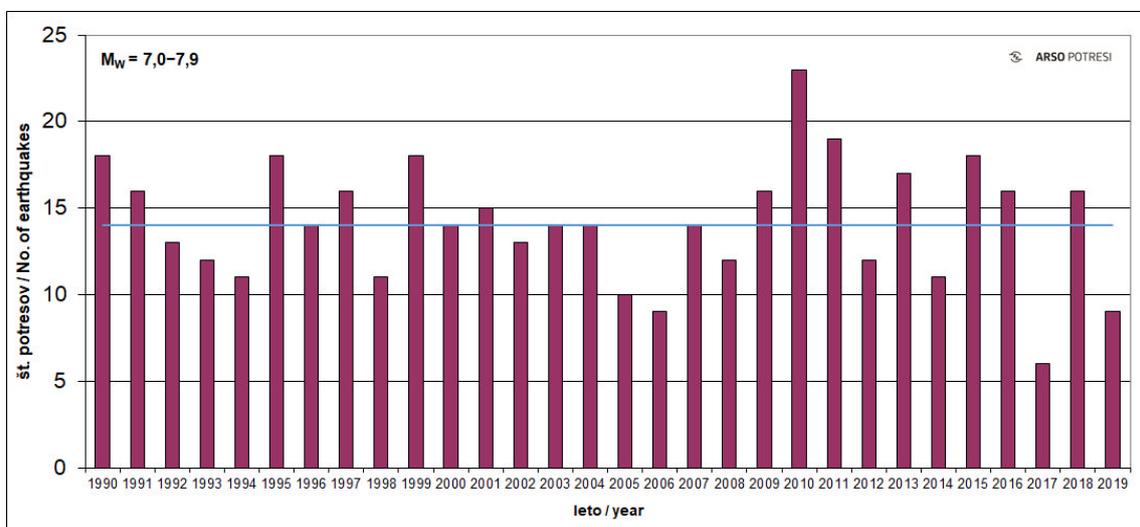
**Table 1:** List of the earthquakes in 2019 with a moment magnitude ( $M_w$ ) equal to or greater than 6.5 (5.5 for the European-Mediterranean region). Earthquakes with magnitudes below 6.5 which claimed human lives are also included. J = South; S = North; Z = West; V = East;

datum	čas (UTC)	koordinati		globina	mag.	število žrtev	območje
	ura.min	širina (°)	dolžina (°)	km	$M_w$		
date	time (UTC)	coordinates		depth	mag.	number of victims	area
	hh.min	lat (°)	lon (°)	km	$M_w$		
5. 1.	19.25	8,14 J	71,59 Z	570	6,8		Tarauacá, Brazilija
6. 1.	17.27	2,26 S	126,76 V	43	6,6		pod morskim dnom, Moluško morje
15. 1.	18.06	13,33 J	166,88 V	35	6,6		pod morskim dnom, območje Vanuatov
20. 1.	1.32	30,04 J	71,38 Z	63	6,7	2	pod morskim dnom, zahodno od Totoralilla, Čile
22. 1.	19.01	43,12 J	42,36 V	13	6,7		pod morskim dnom, Indijski ocean
26. 1.	12.32	3,03 S	75,72 Z	10	5,6	1	Santa Maria, Kolumbija
1. 2.	16.14	14,68 S	92,45 Z	66	6,7		pod morskim dnom, blizu Puerta Madera, Mehika
22. 2.	10.17	2,19 J	77,05 Z	145	7,5	1	provinca Pastaza, Ekvador
25. 2.	5.15	29,50 S	104,63 V	10	4,9	2	Weyuan, Kitajska
1. 3.	8.50	14,70 J	70,15 Z	267	7,0	1	Azángaro, Peru
17. 3.	7.07	8,42 J	116,52 V	10	5,6	6	Palau Lombok, Indonezija
20. 3.	6.34	37,41 S	29,53 V	8	5,7		Acipayam, Turčija
21. 3.	9.15	7,91 J	32,11 V	22	5,5	1	pod dnem jezera Rukwa, Tanzanija
9. 4.	17.53	58,61 J	25,26 Z	38	6,5		pod oceanskim dnom, območje Južnih Sandwichevih otokov
12. 4.	11.40	1,82 J	122,57 V	15	6,8	1	pod morskim dnom, Bandsko morje
18. 4.	5.01	24,01 S	121,71 V	20	6,1	1	pod morskim dnom, vzhodno od Hualiana, Tajvan
22. 4.	9.11	14,92 S	120,50 V	22	6,1	18	Gutad, Filipini
6. 5.	21.19	6,97 J	146,45 V	146	7,1		Bulolo, Papua Nova Gvineja
14. 5.	12:58	4,08 J	152,57 V	10	7,5		pod morskim dnom, območje Papue Nove Gvineje
26. 5.	7.41	5,81 J	75,26 Z	123	8,0	2	Lagunas, Peru
30. 5.	9.03	13,24 S	89,27 Z	58	6,6	1	pod morskim dnom, ob obali Salvadorja
15. 6.	22.55	30,64 J	178,11 Z	46	7,3		pod morskim dnom, severovzhodno od Nove Zelandije
17. 6.	14.55	28,40 S	104,93 V	10	5,8	13	Changning, Sečuan, Kitajska

datum	čas (UTC)	koordinati		globina	mag.	število žrtev	območje
	ura.min	širina (°)	dolžina (°)	km	M <sub>w</sub>		
date	time (UTC)	coordinates		depth	mag.	number of victims	area
	hh.min	lat (°)	lon (°)	km	M <sub>w</sub>		
24. 6.	2.53	6,41 J	129,17 V	212	7,3		pod morskim dnom, Bandsko morje
4. 7.	17.33	35,71 S	117,50 Z	11	6,4	1	Searles Valley, Kalifornija, ZDA
6. 7.	3.19	35,77 S	117,60 Z	8	7,1		Ridgecrest, Kalifornija, ZDA
7. 7.	15.08	0,51 S	126,19 V	35	6,9		pod morskim dnom, Moluško morje
8. 7.	7.00	31,75 S	49,56 V	19	5,6	1	Majsed Soleyman, Iran
9. 7.	12.36	6,81 S	125,12 V	10	5,6	1	Magsaysay, Filipini
14. 7.	5.39	18,22 J	120,36 V	10	6,6		pod morskim dnom, 200 km zahodno od mesta Broome, Avstralija
14. 7.	9.10	0,59 J	128,03 V	19	7,2	14	Laiwui, Indonezija
26. 7.	23.37	20,84 S	121,98 V	10	6,0	9	pod morskim dnom, blizu otoka Batanas, Filipini
31. 7.	15.02	16,20 J	167,99 V	181	6,6		Ambrym, Vanuatu
1. 8.	18.28	34,24 J	72,31 Z	25	6,8		pod morskim dnom, ob obali Čila
2. 8.	12.03	7,28 J	104,79 V	49	6,9	8	pod morskim dnom, območje Indonezije
7. 8.	21.28	24,48 S	121,93 V	21	5,8	1	pod morskim dnom, blizu tajvanske obale
8. 8.	11.25	37,94 S	29,70 V	11	5,9		Baklan, Turčija
27. 8.	23.55	60,22 J	26,58 Z	16	6,6		pod morskim dnom, območje Južnih Sandwichevih otokov
1. 9.	15.54	20,36 J	178,57 Z	591	6,6		pod morskim dnom, območje Fidžija
7. 9.	22.42	29,53 S	104,93 V	10	5,1	1	Neijiang, Sečuan, Kitajska
21. 9.	14.04	41,34 S	19,53 V	20	5,6		Shijak, Albanija
24. 9.	11.01	33,07 S	73,79 V	10	5,4	40	Samwal Sharif, Pakistan
25. 9.	23.46	3,46 J	128,37 V	12	6,5	41	pod morskim dnom, območje Indonezije
26. 9.	10.59	40,89 S	28,17 V	10	5,7	1	pod dnom marmarskega morja, Turčija
29. 9.	15.57	35,48 J	73,16 Z	11	6,7	1	pod morskim dnom, ob obali Čila
10. 10.	4.39	3,61 J	128,23 V	35	5,2	1	Paso, Indonezija
16. 10.	11.37	6,71 S	125,00 V	13	6,4	7	Columbio, Filipini
29. 10.	1.04	6,80 S	125,04 V	15	6,6	14	Bual, Filipini
31. 10.	1.11	6,91 S	125,16 V	10	6,5	10	Bulatukan, Filipin
4. 11.	22.43	18,58 J	175,27 Z	10	6,6		pod morskim dnom, območje Tonge
7. 11.	22.47	37,81 S	47,56 V	20	5,9	7	Hashtrud, Iran

datum	čas (UTC)	koordinati		globina	mag.	število žrtev	območje
	ura.min	širina (°)	dolžina (°)	km	$M_w$		
date	time (UTC)	coordinates		depth	mag.	number of victims	area
	hh.min	lat (°)	lon (°)	km	$M_w$		
8. 11.	10.44	21,95 J	179,51 Z	577	6,5		pod morskim dnem, območje Fidžija
12. 11.	10.10	3,57 J	128,30 V	48	5,1	2	Tulehu, Indonezija
14. 11.	17.40	1,62 S	126,41 V	22	7,1	1	pod morskim dnem, območje Indonezije
25. 11.	1.18	22,94 S	106,69 V	10	5,0	1	Xinjing, Kitajska
26. 11.	2.54	41,51 S	19,52 V	20	6,4	51	pod morskim dnem, severno od Drača, Albanija
27. 11.	7.23	35,73 S	23,27 V	64	6,0		pod Sredozemskim morjem, blizu otoka Atikitera, Grčija
15. 12.	6.11	6,70 S	125,17 V	18	6,8	13	Magsaysay, Filipini

Leta 2019 je bilo 32 potresov, ki so dosegli ali presegli navorno magnitudo 6,5. En potres je imel navorno magnitudo enako 8,0, devet pa jih je bilo z magnitudo med 7,0 in 7,9. V obdobju 1990–2018 se je v povprečju vsako leto zgodil en potres z magnitudo, večjo ali enako 8,0; 14 pa jih je imelo magnitudo med 7,0 in 7,9 (slika 2; NEIC, 2020d), kar pomeni, da je bilo slednjih leta 2019 manj od večletnega povprečja. Petintrideset potresov je zahtevalo človeška življenja, vsi skupaj pa so leta 2019 zahtevali vsaj 276 življenj.



**Slika 2:** Letno število potresov (1990–2019) z navorno magnitudo med 7,0 in 7,9 (NEIC, 2020d). Modra črta označuje letno povprečje števila potresov.

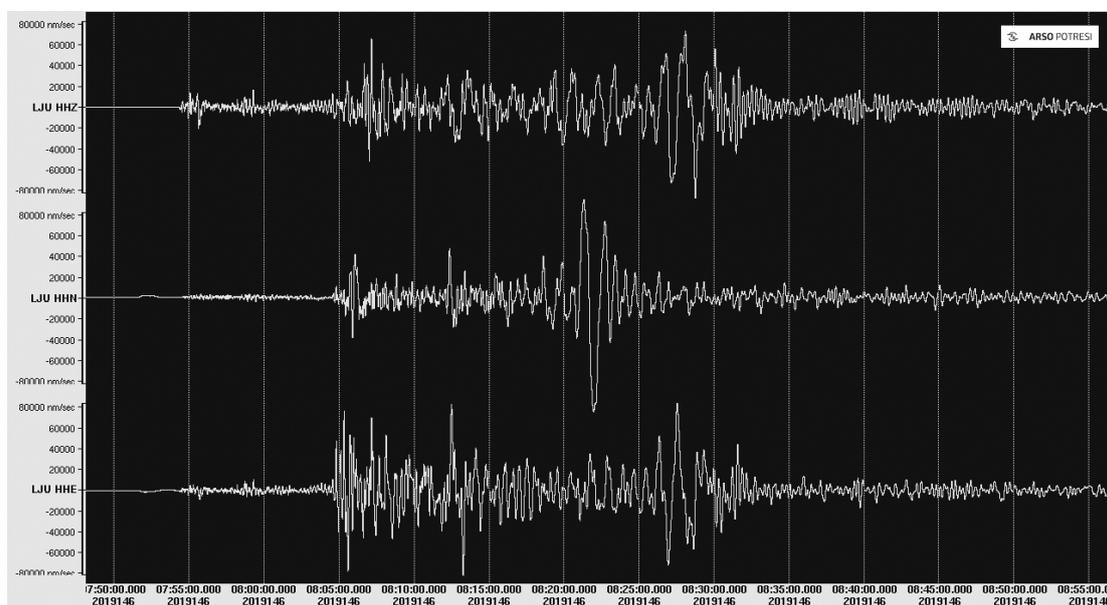
**Figure 2:** Annual number of earthquakes with a moment magnitude between 7.0 and 7.9 for the period 1990-2019 (NEIC, 2020d). The blue line indicates the annual average number of earthquakes.

Najmočnejši potres leta 2019 ( $M_w = 8,0$ ) se je zgodil 26. maja v Peruju ob 7.41 po UTC (ob 2.41 po lokalnem času) na območju narodnega parka Pacaya-Samiria, globoko (123 km) pod Zemljinim površjem (slika 3). Zaradi velike globine žarišča in redke poseljenosti območja je na srečo zahteval le dve življenji. Povzročil je nekaj škode v Peruju in Ekvadorju. Nastal je na območju, kjer se plošča Nasca podriva pod Južnoameriško ploščo s hitrostjo 70 mm na leto (NEIC, 2019b; 2019 Peru earthquake, 2020). Potresno valovanje so od žarišča potresa do slovenske potresne opazovalnice v Ljubljani (LJU) potovali približno 14 minut (slika 4). Oddaljenost opazovalnice LJU od izvora potresa je približno 94 stopinj oziroma okoli 10450 kilometrov.



**Slika 3:** Nadžarišče najmočnejšega potresa v letu 2019, maja 2019 v Peruju, (© Google)

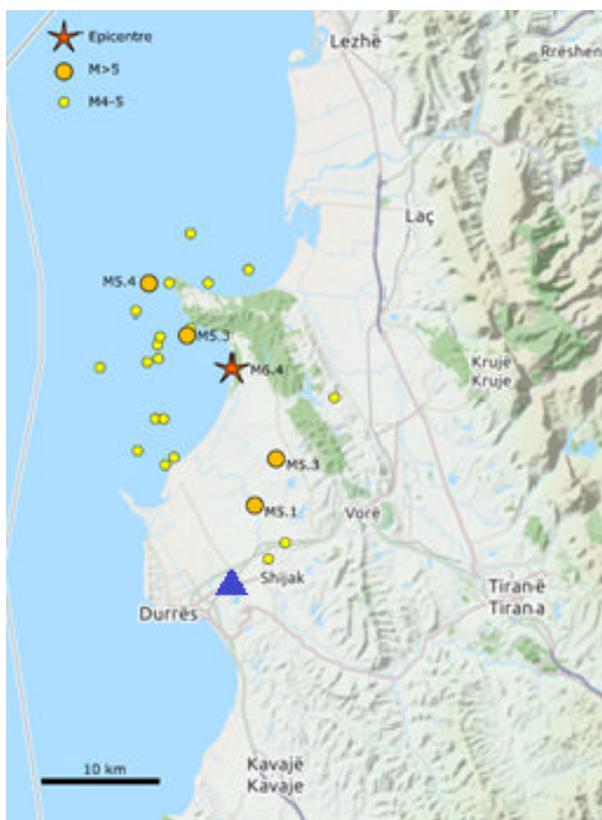
**Figure 3:** Epicentre of earthquake in Peru in May 2019, the strongest earthquake in year 2019 (© Google).



**Slika 4:** Tri-komponentni zapis potresa 26. maja 2019 magnitude 8,0 v Peruju na potresni opazovalnici v Ljubljani (LJU). Prikazan je 65-minutni zapis.

**Figure 4:** Three-component seismogram of the earthquake on 26 May 2019 ( $M_w = 8.0$ ) in Peru, as recorded on station in Ljubljana (LJU). The figure shows a 65-minute long record.

Najmočnejši potres v Evropi je bil po številu žrtev tudi najbolj uničujoč potres na svetu leta 2019. Zgodil se je 26. novembra ob 2.54 po UTC (ob 3.54 po lokalnem času) v Albaniji in imel magnitudo 6,4 (slika 5). Nadžarišče potresa je bilo v bližini Drača, 35 kilometrov severozahodno od Tirane, albanskega glavnega mesta. Potres je nastal na območju stika Jadranske in Evrazijske tektonske plošče, na reverznem prelomu smeri SZ-JV. Do 1. decembra mu je sledilo več kot 1300 popotresov, 4 so imeli magnitudo večjo od 5,0. Potres je povzročil največ škode v pristaniškem mestu Drač, kjer je prišlo tudi do likvifikacije oz. utekočinjenja tal (Gosar, 2017), ter v vasi Kodër-Thumanë (20 km SV od Drača). Isto območje je že 21. septembra (ob 14.04 po UTC) stresel potres z magnitudo 5,6, ki mu je 10 minut kasneje sledil popotres magnitude 5,1. Tudi takrat so opazili utekočinjenje tal, predvsem v obalnem pasu Drača, poškodovane pa so bile nekatere zgradbe v Draču in Tirani. Domnevno je kombinacija močnega tresenja tal ob novembrskem potresu, mehke podlage, ki se je utekočinila (slika 6), in poškodovanosti zgradb zaradi predhodnega potresa botrovala tako velikim posledicam potresa. V Draču sta se porušila dva hotela (slika 7) in dva stanovanjska bloka. Večino poškodb so utrpela spodnja nadstropja zgradb, ponekod so se popolnoma sesedla (slika 8). Štiri zgradbe so bile porušene tudi v vasi Kodër-Thumanë. V potresu je življenje izgubilo 51 ljudi, okoli 3000 je bilo ranjenih. Potres so čutili še v Črni Gori, Grčiji, Severni Makedoniji, Bosni in Hercegovini, Bolgariji, Romuniji, Italiji, na Hrvaškem, v Sloveniji, Avstriji, Turčiji in Švici (Lekkas in drugi, 2019; NEIC, 2019a; 2019 Albania earthquake, 2020). Potresno valovanje je od žarišča potresa do Slovenije potovalo približno 77 sekund, kjer je tresenje tal prebudilo posamezne prebivalce. Poročali so o srednje močnem valovanju, žvenketu stekla, nihanju luči in tresenju pohištva.



**Slika 5:** Nadžarišče glavnega albanskega potresa 26. novembra 2019 (rdeča zvezdica) in popotresi z magnitudo vsaj 4,0, ki so mu sledili v prvih 20 dneh. Durrës = Drač. (Vir: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=84560557>) Dodana je lokacija nadžarišča potresa 21. 9. 2019 (moder trikotnik).

**Figure 5:** Location of epicentre of November 26, 2019 Albania earthquake (red star) and its aftershocks in the first twenty days of the sequence, with magnitude  $\geq 4.0$ . (Source: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=84560557>) The location of earthquake on 21. september 2019 is added, blue triangle.



**Slika 6:** Utekočinjenje tal v obalnem pasu Drača. (Vir: Lekkas in drugi, 2019)

**Figure 6:** Liquefaction phenomena generated in the coastal area of Durrës. (Source: Lekkas et al., 2019)



**Slika 7:** Popolnoma uničen hotel Mira Mare v Draču. (Vir: Lekkas in drugi, 2019)

**Figure 7:** Totally collapsed hotel Mira Mare in Durrës. (Source: Lekkas et al., 2019)

November 26



**Slika 8:** Hotel Vila Verde stoji v obalnem pasu Drača. Med novembrskim potresom sta se spodnji nadstropji hotela popolnoma sesedli, medtem ko so zgornja ostala skoraj nedotaknjena. (Vir: Lekkas in drugi, 2019)

**Figure 8:** Hotel Vila Verde was built on the coastal zone of Durrës. The two lower floors totally collapsed during the November earthquake, while the structure above remained almost intact. (Source: Lekkas et al., 2019)

## Sklepne misli

Leta 2019 je bilo po svetu 32 potresov, ki so dosegli ali preseгли navorno magnitudo 6,5, med njimi jih je bilo deset, ki svojega žarišča niso imeli pod morskim dnom. Petintrideset potresov je zahtevalo človeška življenja. Skupaj so ti potresni dogodki terjali vsaj 276 življenj, največ (51) potres, ki je novembra prizadel Albanijo. Z navorno magnitudo 6,4 je bil to tudi najmočnejši potres v Evropi, čutili pa so ga tudi posamezniki v Sloveniji.

## Viri in literatura

2019 Albania earthquake. Wikipedia [online] (posodobljeno 11. aprila 2020). [https://en.wikipedia.org/wiki/2019\\_Albania\\_earthquake](https://en.wikipedia.org/wiki/2019_Albania_earthquake) (uporabljeno 15. aprila 2020).

2019 Peru earthquake. Wikipedia [online] (posodobljeno 8. februarja 2020). [https://en.wikipedia.org/wiki/2019\\_Peru\\_earthquake](https://en.wikipedia.org/wiki/2019_Peru_earthquake) (uporabljeno 15. aprila 2020).

Gosar, A. 2017. Likvifakcija sedimentov ob potresu, Ujma št. 31, 151–156.

- 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>.
- Lekkas, E., Mavroulis, S., Papa, D., Carydis, P., 2019. The November 26, 2019 Mw 6.4 Dur-rës (Albania) earthquake. Newsletter of Environmental, Disaster and Crises Management Strategies, 15, ISSN 2653–9454. [https://www.emsc-csem.org/Files/news/Earthquakes\\_reports/Newsletter\\_15\\_2019\\_Albania\\_EQ.pdf](https://www.emsc-csem.org/Files/news/Earthquakes_reports/Newsletter_15_2019_Albania_EQ.pdf)
- List of earthquakes in 2019. Wikipedia [online] (posodobljeno 4. aprila 2020). [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_earthquakes\\_in\\_2019](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_earthquakes_in_2019) (uporabljeno 15. aprila 2019).
- NEIC, 2019a. M 6.4 – 15 km WSW of Mamurras, Albania. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us70006d0m/executive> (uporabljeno 15. aprila 2020)
- NEIC, 2019b. M 8.0 – 78 km SE of Lagunas, Peru. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us60003sc0/executive> (uporabljeno 15. aprila 2020)
- NEIC, 2020a. Earthquake Facts. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <https://earthquake.usgs.gov/learn/facts.php> (15. april 2020).
- NEIC, 2020b. Significant Earthquakes – 2019. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/significant.php?year=2018> (uporabljeno 15. aprila 2020).
- NEIC, 2020c. Search Earthquake Catalogue. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> (uporabljeno 15. aprila 2020).
- NEIC, 2020d. Lists, Maps and Statistics.. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center. <https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/lists-maps-and-statistics> (uporabljeno 15. aprila 2019).
- Struktura Zemlje. Wikipedija [online] (posodobljeno 1. oktobra 2019). [https://sl.wikipedia.org/wiki/Struktura\\_Zemlje](https://sl.wikipedia.org/wiki/Struktura_Zemlje) (uporabljeno 15. aprila 2020).



Milka Ložar Stopar, Mladen Živčić

## Žariščni mehanizmi močnejših potresov v Sloveniji v letu 2019

## Fault Plane Solutions of Earthquakes in Slovenia in 2019

### **Povzetek**

*Močnejšim potresom, ki so se leta 2019 zgodili v Sloveniji, smo iz seizmogramov odčitali smeri prvih premikov ob vstopu vzdolžnega (longitudinalnega) valovanja. Pri devetih potresih smo zbrali zadostno število podatkov za določitev žariščnega mehanizma, ki je največkrat zmik ali zmik z manjšo narivno komponento. Lokalna magnituda (MLV) obravnavanih potresov je bila v razponu od 2,2 do 3,4.*

### **Abstract**

*The first onsets of the arrivals of the longitudinal waves were picked on the seismograms of selected earthquakes in Slovenia in 2019. Enough data to determine fault plane solutions was available for 9 events with local magnitudes ranging from  $MLV=2.2$  to 3.4. Focal mechanisms are found to be mostly of strike - slip or transpressive type.*

### **Uvod**

Z žariščnim mehanizmom opišemo izvor potresnega valovanja. Uporabljeni postopek (Snoke in drugi, 1984) temelji na določitvi smeri prvega premika vzdolžnega potresnega valovanja na lokaciji potresne opazovalnice. Smer premika odčitamo na navpični komponenti zapisa potresa kot zgostitev (kompresija) ali razredčitev (dilatacija). Postopek smo natančneje opisali v publikacijah preteklih let (Ložar Stopar in Živčić, 2008 in 2011).

### **Rezultati**

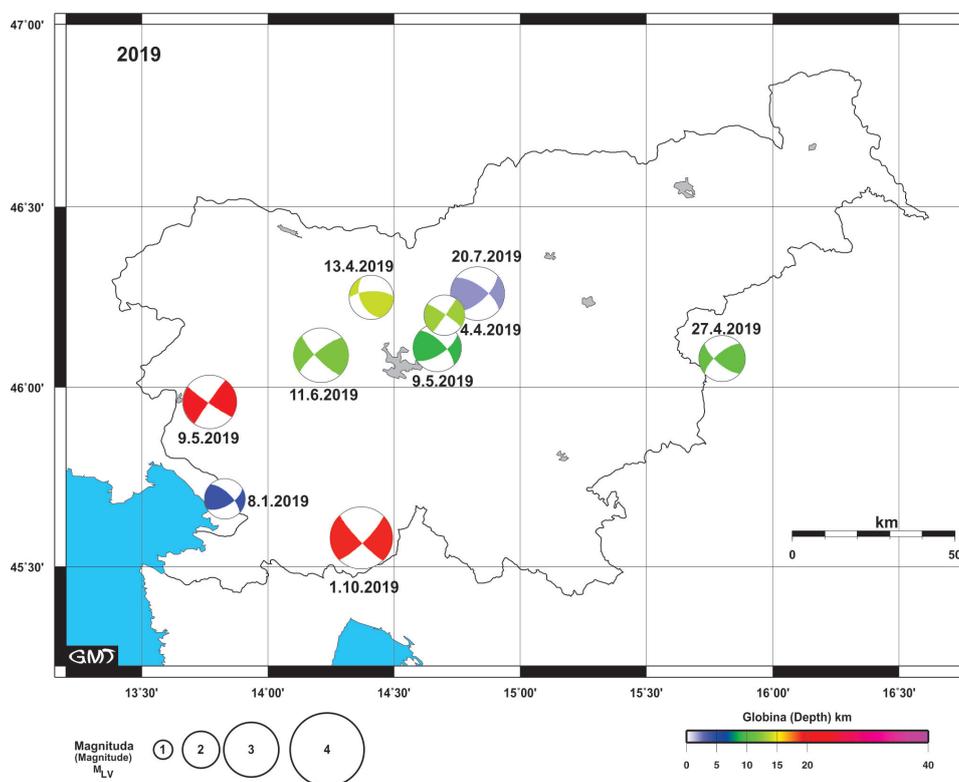
V tem prispevku podajamo parametre žariščnih mehanizmov za potrese, ki so se v letu 2019 zgodili v Sloveniji in njeni neposredni bližini. Če želimo določiti žariščni mehanizem, potrebujemo zadostno število potresnih opazovalnic, s katerih lahko na navpični komponenti zapisa odčitamo smer vstopa vzdolžnega valovanja. Za to leto smo parametre žariščnega mehanizma uspeli določiti devetim potresom.

Število seizmogramov, na katerih je bila smer premika jasno določljiva, je bilo od potresa do potresa različno. Lokalna magnituda (MLV) vseh devetih potresov je bila v razponu od 2,2 do 3,4. Največjo magnitudo  $MLV=3,4$  je imel potres, ki se je zgodil 1. oktobra 2019 v bližini Ilirske Bistrice. Smer vstopa valovanja pri tem potresu smo določili na seizmogramih dvainštiridesetih opazovalnic. Potresu 20. julija pri Gornjem Gradu z magnitudo  $MLV=2,9$  smo smer vstopa valovanja odčitali na sedeminštiridesetih opazovalnicah, kar je največ v tem letu. Potresu z magnitudo

MLV=2,5, ki se je zgodil 27. aprila pri Kozjem, smo odčitali petindvajset vstopov, kar je bilo med vsemi devetimi potresi najmanj. Najbolj oddaljena opazovalnica Kašperské Hory, z mednarodno oznako KHC (KHC, 2020), na kateri smo uspeli odčitati prvi premik valovanja pri najmočnejšem potresu tega leta, je del češke regionalne seizmološke mreže. Ta opazovalnica je od nadžarišča potresa pri Ilirski Bistrici oddaljena 350 km. To je le ena od mnogih tujih stalnih opazovalnic, ki jih s pridom uporabljamo tudi pri analizah in določitvi žariščnih mehanizmov močnejših potresov. Pri večini v članku obravnavanih potresov smo uporabili tudi seizmograme začasne AlpArray mednarodne mreže seizmoloških opazovalnic (AlpArray Seismic Network, 2015).

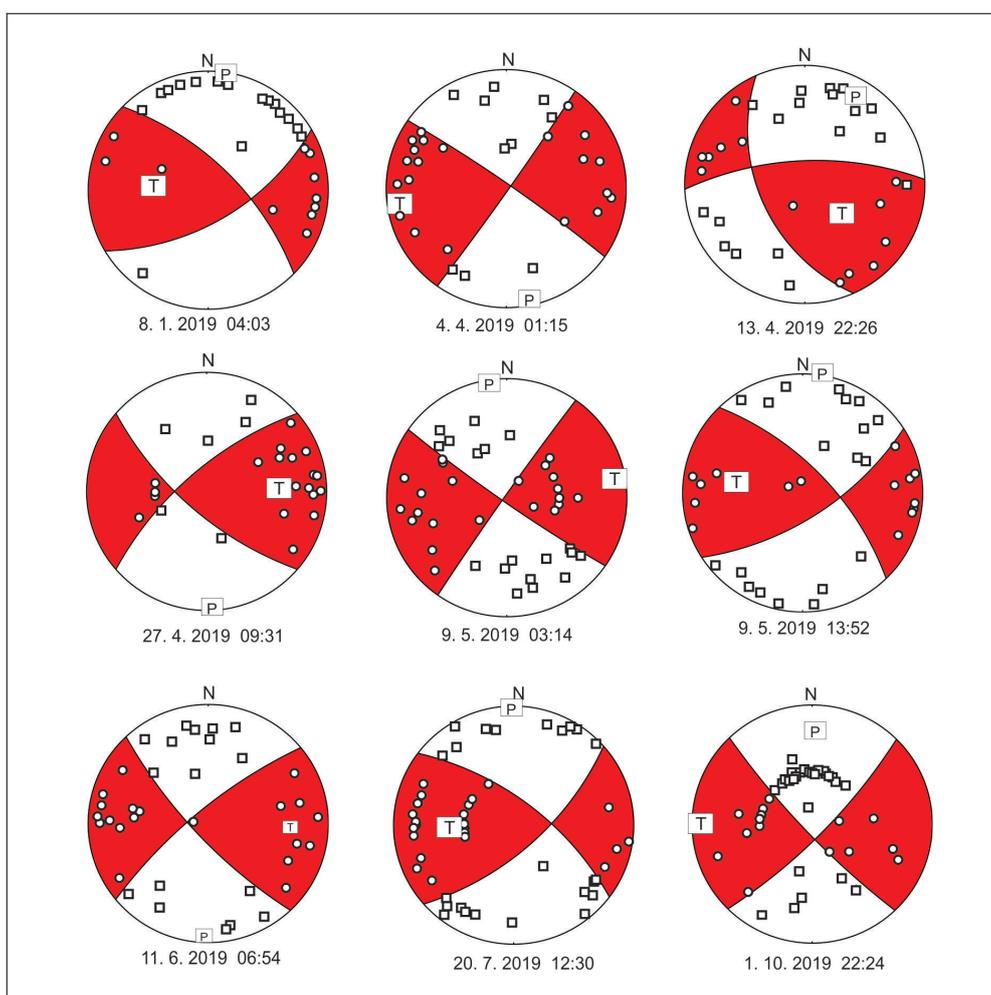
Parametri žariščnih mehanizmov vseh devetih potresov so zbrani v preglednici 1, njihova geografska lega je prikazana na sliki 1. Rešitve prelomnih ravnin z relativno lego opazovalnic in odčitano smerjo vstopa vzdolžnega valovanja so predstavljene v stereografski projekciji na spodnjo poloblo na sliki 2.

Pri določanju parametrov žariščnega mehanizma potresa smo na Uradu za seizmologijo (ARSO) uporabili metodo (Snoke in drugi, 1984), ki temelji na smeri prvih premikov vzdolžnega potresnega valovanja na lokacijah potresnih opazovalnic.



**Slika 1:** Lokacije devetih močnejših potresov z njihovim žariščnim mehanizmom na ozemlju Slovenije in neposredne okolice v letu 2019. Obarvani kvadranti predstavljajo zgostitev, barva predstavlja žariščno globino, velikost pa vrednost lokalne magnitude  $M_{LV}$

**Figure 1:** Locations and fault plane solutions of thirteen earthquakes with epicentres in Slovenia in 2019. Coloured quadrants represent compression, colour represents focal depth and size represents local magnitude  $M_{LV}$



**Slika 2:** Žariščni mehanizmi devetih močnejših potresov na ozemlju Slovenije in v neposredni okolici leta 2019. Kvadrтки predstavljajo opazovalnice, ki so kot prvi premik tal zaradi potresa zabeležile razredčitev, krogi pa opazovalnice, ki so zabeležile zgostitev. Označeni sta smeri največje (P) in najmanjše (T) napetosti. Podana je projekcija na spodnjo poloblo.

**Figure 2:** Fault plane solutions of thirteen stronger earthquakes in Slovenia in 2019. Squares denote stations with dilatation as the first onset and circles denote stations with compression. P and T describe maximum and minimum stress axes, respectively. Lower hemisphere projection is applied.

Rešitve prelomnih ravnin na sliki 2 kažejo, da je bil za štiri potrese značilen zmični prelom, ostalih pet pa najbolje opiše kombinacija med zmičnim in reverznimi prelomom z nekoliko bolj poudarjeno zmično komponento. Kot smo pri določanju žariščnih mehanizmov za območje Slovenije ugotovili že v prejšnjih letih, se tudi v letu 2019 niso pojavljale rešitve z normalni prelomi. Razvrščanje posameznega potresa glede na značilen tip žariščnega mehanizma smo naredili z računalniškim programom FMC (Álvarez-Gómez, 2014). Razvrstitev po tej metodi je podana v zadnjem stolpcu preglednice 1.

**Preglednica 1:** Parametri žariščnih mehanizmov obravnavanih potresov na ozemlju Slovenije v letu 2019. Smer je merjena od severa proti vzhodu, tako da je prelomna ploskev nagnjena v desno, naklon je merjen od vodoravne ravnine, premik je merjen v prelomni ploskvi od smeri preloma (Aki in Richards, 2002). *P* je os največje in *T* os najmanjše napetosti. *Np* je število uporabljenih podatkov o smeri prvih premikov. *Nnp* je število odčitkov neskladnih z rešitvijo. Klasifikacija tipa žariščnega mehanizma posameznega potresa je določena po metodologiji, ki jo uporablja program FMC (Álvarez-Gómez, 2014), kjer posamezne črke predstavljajo značilnost preloma, SS: zmični prelom; SS-R: zmično reverzni prelom; R-SS: reverzno zmični prelom in R: reverzni prelom.

**Table 1:** Focal mechanism solutions of the selected earthquakes with epicentres in Slovenia in 2019. Strike is the azimuth of the horizontal direction taken so that the plane dips to the right, measured from the North through East (Aki's convention), dip of the fault is measured from the horizontal plane and rake is the angle of slip, measured in the plane of the strike direction to the slip vector. *P* is maximum and *T* is minimum pressure axis, respectively. *Np* is the number of *P*-wave first motion polarities used. *Nnp* is number of inconsistent *P*-wave first motion polarities. Classification diagram (Álvarez-Gómez 2014) . SS: Strike-slip; SS-R: Strike-slip - Reverse; R-SS: Reverse - Strike-slip; R: Reverse

datum	čas (UTC)	zem. širina °N	zem. doiž. °E	globina		M <sub>L</sub>	ravnina 1				ravnina 2				P		T		Np	Nnp	tip žariščnega mehanizma	
				hh.mm	time (UTC)		lat. °N	long. °E	km	depth	smer	naklon	premik	smer	naklon	smer	naklon	število vstopov				rupture type
date	hh.mm	hh.mm	hh.mm	°N	°E	km	km	strike	dip	rake	strike	dip	rake	azimuth	plunge	azimuth	plunge	azimuth	plunge	polarities	inconsistent polarities	rupture type
8. 1. 2019	04.03	45,69	13,83	5	2,2	59	61	28	314	66	147	8	3	275	40	27	0	0	0	0	0	SS-R
4. 4. 2019	01.15	46,20	14,70	12	2,2	35	88	5	305	85	178	170	2	260	5	31	0	0	0	0	0	SS
13. 4. 2019	22.26	46,25	14,42	16	2,4	268	67	46	156	49	149	28	11	131	48	31	1	1	1	1	1	R-SS
27. 4. 2019	09.31	46,09	15,78	12	2,5	229	69	22	131	70	158	180	0	90	30	25	0	0	0	0	0	SS-R
9. 5. 2019	03.14	45,97	13,79	19	2,9	215	88	5	125	85	178	350	2	80	5	40	0	0	0	0	0	SS
9. 5. 2019	13.52	46,12	14,67	8	2,6	57	66	26	316	66	154	6	0	276	35	34	0	0	0	0	0	SS-R
11. 6. 2019	06.54	46,09	14,21	10	3,0	230	76	14	137	76	166	184	0	94	20	37	0	0	0	0	0	SS
20. 7. 2019	12.30	46,25	14,83	13	2,9	48	66	26	307	66	154	358	0	267	35	47	0	0	0	0	0	SS-R
1. 10. 2019	22.24	45,57	14,38	21	3,4	45	78	-8	137	82	-168	1	14	271	3	42	0	0	0	0	0	SS

Žariščne mehanizme za nekatere močnejše potrese z nadžariščem v Sloveniji občasno določajo tudi tuje inštitucije. Preverili smo spletne strani Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ (GFZ, 2020), Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, 2020), Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, Trieste, (INOGS, 2020), USGS, U.S. Geological Survey (USGS, 2020) ter Saint Louis University (EAS SLU, 2020). Nihče od njih ni objavil rešitev žariščnih mehanizmov za potrese, ki so se v letu 2019 zgodili na ozemlju Slovenije .

## Zahvala

Zapise potresov na opazovalnicah v Avstriji, na Češkem, v pokrajini Furlanija - Julijska krajina v Italiji in na Hrvaškem smo pridobili v okviru Mednarodnega sporazuma o izmenjavi seizmoloških podatkov v stvarnem času na področju Alpe-Jadran v okviru Srednje in vzhodno evropske mreže za raziskave potresov CE3RN (2019) in v arhivu seizmičnih zapisov pri ORFEUS (2020). Slike smo izdelali s programom GMT (Wessel in Smith, 1991, 1998).

## Viri in literatura

AlpArray Seismic Network, 2015. AlpArray Seismic Network (AASN) temporary component.

AlpArray Working Group. [https://doi.org/10.12686/ALPARRAY/Z3\\_2015](https://doi.org/10.12686/ALPARRAY/Z3_2015)

Álvarez-Gómez, J.A. (2014) FMC: a one-liner Python program to manage, classify and plot focal mechanisms. Geophysical Research Abstracts, Vol. 16, EGU2014-10887

CE3RN, 2016. The Central and Eastern European Earthquake Research Network.

<http://www.ce3rn.eu/>

(uporabljeno 10.2. 2019).

EAS SLU, Saint Louis University, USA, 2020.

[http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc\\_mt/MECH.EU/](http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc_mt/MECH.EU/)

(uporabljeno 30. 7. 2020).

GFZ, 2020. Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum.GFZ. <http://geofon.gfz-potsdam.de/>

(uporabljeno 30. 7. 2020).

INGV, 2020. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

<http://cnt.rm.ingv.it/>

<http://autorcmt.bo.ingv.it/QRCMT-on-line/QRCMT19-on-line/>

(uporabljeno 30. 7. 2020).

INOGS, 2020. Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, Trieste

<http://rts.crs.inogs.it/>

(uporabljeno 30. 7. 2020).

- KHC, 2020. Institute of Geophysics of the Czech.  
<https://www.ig.cas.cz/en/observatories/czech-regional-seismic-network/kasperske-hory-khc/>  
(uporabljeno 22. 7. 2020).
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2008. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letih 2006 in 2007. Potresi v letu 2007 (ur. R. Vidrih). Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 48–53.
- Ložar Stopar, M., Živčič, M., 2011. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letih 2008 in 2009. Potresi v letu 2010 (ur. A. Gosar). Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 71–75.
- ORFEUS, 2020. Observatories & Research Facilities for European Seismology.  
<https://www.orfeus-eu.org/data/eida/>  
(uporabljeno 22. 7. 2020).
- Snoke, J.A., Munsey, J.W., Teague, A.G. in Bollinger, G.A., 1984. A Program for Focal Mechanism Determination by the Combined Use of Polarity and SV-P Amplitude Ratio Data, Earthquake Notes, 55, No. 3, p. 15.
- USGS, 2020. U.S. Geological Survey.  
<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>  
(uporabljeno 30. 7. 2020).
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1991. Free software helps map and display data, Eos, Trans. Amer. Un., Vol.72(441), str. 445-446.
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1998. New, improved version of the Generic Mapping Tools released, EOS Trans. AGU, Vol. 79, str. 579.



## Spletni odziv javnosti na potres v Sloveniji kot zaznalo potresov

### Online Public Response to the Earthquake in Slovenia as an Earthquake Detector

#### **Povzetek**

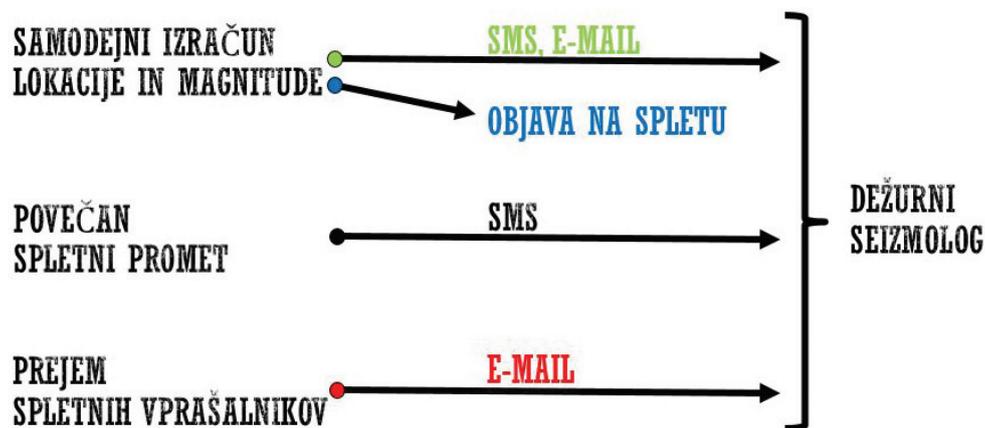
Po potresu, takoj ko tresenje tal mine, številni ljudje iščejo informacijo o potresu na spletu. Mnogi obišejo spletno stran <http://potresi.arso.gov.si/zadnji-potresi>, nekateri pa prostovoljno izpolnijo tudi spletni vprašalnik o učinkih potresa, do katerega vodijo številne povezave na teh straneh. Spremljanje porasta obiskov spletne strani opozori seizmologa, da so ljudje potres čutili, medtem ko prejem spletnih vprašalnikov že v nekaj minutah dežurnemu seizmologu ponudi vpogled v dogajanje »na terenu«. Opremljen z informacijami se lahko hitro in učinkovito odzove na potres in o njem obvešča širšo javnost ter Upravo RS za zaščito in reševanje. V prispevku sta opisani dinamika in glavne značilnosti spletnega odziva javnosti na potres v Sloveniji za obdobje 2018-2019 z gledišča dežurnega seizmologa ter analiza zanesljivosti sistema, ki dežurnega seizmologa opozori na potres. V zaključku so podane možne posodobitve nekaterih procesov ter nove priložnosti spletnega obveščanja.

#### **Abstract**

After the earthquake, as soon as the ground shaking stops, many people search for earthquake information online. Many visit the <http://potresi.arso.gov.si/zadnji-potresi>, and some volunteers fill out an online questionnaire about the effects of the earthquake, to which many links on these sites lead. Monitoring the increase in website traffic alerts the seismologist that people have felt an earthquake while receiving online questionnaires within minutes gives the seismologist insight into what is happening on the field. Equipped with information, he can respond quickly and effectively to an earthquake and inform the public and the Administration of the Republic of Slovenia for Protection and Rescue. The article describes the dynamics and main features of the online public response to the earthquake in Slovenia for the period 2018-2019 from the standpoint of the stand-by seismologist, and an analysis of the reliability of the system that alerts him to a more severe earthquake. In the conclusion, some suggestions for possible process updates and new

#### **Uvod**

Seizmologi na Uradu za seizmologijo, ARSO, si tedensko izmenjujemo dežurstva, kar pomeni, da je dežurni seizmolog sedem zaporednih dni vsak trenutek pripravljen, da o potresu, ki ga v Sloveniji ljudje čutijo, obvešča širšo javnost prek množičnih medijev (splet, televizija, radio, časopisi ...). Ker izven delovnega časa opravlja dežurstvo od doma oziroma zunaj delovnih prostorov, seizmičnih zapisov ne spremlja ves čas, potresa pa običajno tudi ne čuti zaradi oddaljenosti. Tako za potres lahko izve le prek vzpostavljenih opozorilnih sistemov, ki jih imamo na Uradu. Tovrstna



**Slika 1:** Opozorilni sistem, ki dežurnega seizmologa opozori na potres in mu posreduje glavne parametre potresa, to je lokacijo, magnitudo in učinke potresa.

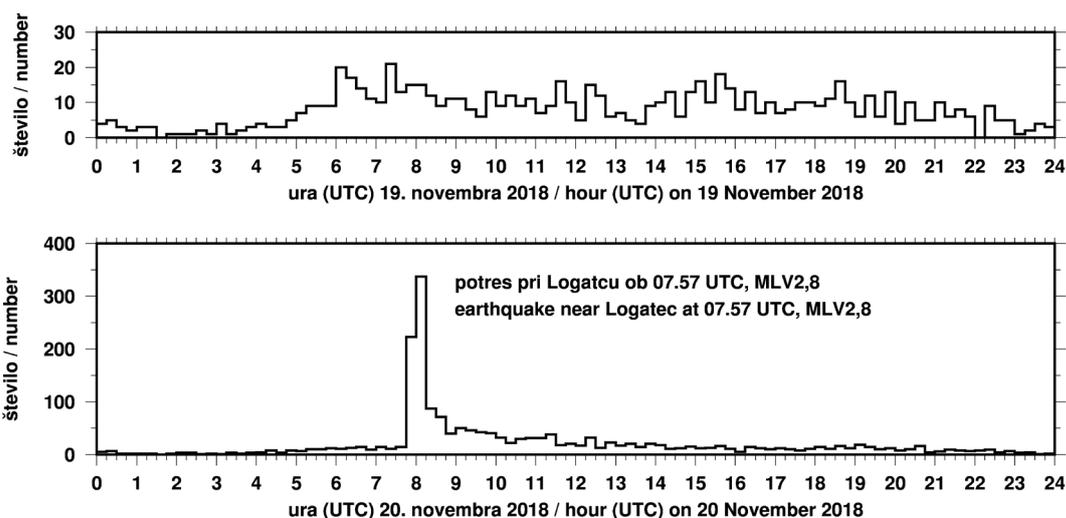
**Figure 1:** A warning system that alerts a stand-by seismologist to an earthquake and passes him the main parameters of an earthquake, namely the location, magnitude and effects of an earthquake.

opozorila običajno prejme preko elektronske pošte ali sporočil SMS. Shema opozorilnega sistema je prikazana na sliki 1 in razložena v nadaljevanju. Sistem dežurnemu seizmologu omogoča, da ga informacija o potresu doseže v čim krajšem času, da je zanesljiva ter brez lažnih alarmov.

Prvi in najpomembnejši člen verige je samodejni izračun lokacije in magnitude potresa, ki teče pod okriljem programskega paketa Antelope (BRTT, 2020). Gre za modularen sistem, kjer vsak modul krmilimo prek datoteke s parametri. Moduli v stvarnem času sledijo vsakemu seizmičnemu zapisu posebej in iščejo možne vstopne čase seizmičnega valovanja. V primeru, da v kratkem časovnem oknu najdejo več možnih vstopov na različnih opazovalnicah, le te poskušajo zložiti v dogodek. Če sistem uspe dogodku pripisati lokacijo žarišča, naknadno izračuna še magnitudo, ter o tem obvesti dežurnega seizmologa prek sporočila SMS. Sistem ponavlja postopek lociranja v časovnih zamikih in pri tem upošteva tudi potresu vse bolj oddaljene opazovalnice. Ker vsaka lokacija, ki jo sistem oceni, ni nujno pravilna ali pa sploh ne gre za potres, je sporočilu SMS pripisano še število opazovalnic, ki je sodelovalo pri lociranju. Ta parameter dežurnemu seizmologu pomaga pri vrednotenju informacije, uporabimo pa ga tudi pri odločitvi, ali potres samodejno objavimo na seznamu Zadnjih potresov na spletni strani <http://potresi.arso.gov.si/zadnji-potresi> (v nadaljevanju ARSOPotresi). Na spletnih straneh objavljamo samo potrese, ki so se zgodili na ozemlju Slovenije ali ozkega obmejnega pasu in so bili locirani z vsaj 7 opazovalnicami. Manjše število opazovalnic običajno kaže ali na šibkejši potres ali dogodek, ki je posledica računalniške nekritičnosti, bodisi zaradi napačno odčitanih vstopnih časov, bodisi zaradi navidezne usklajenosti vstopnih časov, zoper katero ostaja vsak še tako dober računalniški algoritem do neke mere nezanesljiv in ne more v celoti nadomestiti presoje seizmologa.

Na ozemlju Slovenije letno zabeležimo nekaj tisoč potresov (Jesenko in Živčič, 2018), na spletni strani ARSOPotresi jih samodejno in po zgoraj omenjenih kriterijih letno objavimo približno četrtno, ljudje po Sloveniji že nekaj let zapored čutijo približno 100 do 200 izmed njih, medtem ko dežurni seizmolog obvestilo o potresu izda le takrat, ko dobi potrdilo, da so potres čutili številni, kar predstavlja približno

50 obvestil letno. Informacijo »s terena« o tem, kje in kako so ljudje doživeli potres in vsa njihova opažanja, je pred leti dežurni seizmolog prejel neposredno preko telefonskih klicev občanov ali posredno preko Centra RS za obveščanje (112), danes pa se informacije najhitreje in na raznolike načine širijo preko svetovnega spleta. Za dežurnega seizmologa je ključno, da informacije ne išče, temveč ta pride do njega sama. Zato ubiram trenutno dve poti, prva je spremljanje spletnega prometa strani ARSO-potresi, druga pa prejem izpolnjenih spletnih vprašalnikov o tem, kako so ljudje potres doživeli (Šket Motnikar in drugi, 2013). Pri obeh poteh pa mora dežurni seizmolog v zakup vzeti številne dejavnike,



**Slika 2:** Število spletnih obiskov v 15-minutnih intervalih 19. in 20. novembra 2018.

**Figure 2:** A number of web access at 15-minute intervals for 19 and 20 November 2018.

ki botrujejo tako hitrosti spletnega odziva kot številu dostopov ali izpolnjenih spletnih vprašalnikov po potresu. Odziv je odvisen od magnitude potresa in globine potresnega žarišča, pomembno vlogo pa imata tako čas kot lokacija dogodka. Odziv je v dnevnem času hitrejši in močnejši kot v nočnem, prav tako je večji, če se potres zgodi v bližini večjih naselji.

Pri spremljanju spletnega prometa spletne strani ARSOpotresi se izkaže, da ljudje, ki čutijo potres, kmalu zatem iščejo informacijo na spletu in mnogi obišejo spletno stran ARSOpotresi. Pri močnejših potresih število spletnih obiskov močno naraste že minuto do dve po potresu. Na sliki 2 so prikazani spletni obiski znotraj 15-minutnih intervalov za dva zaporedna dneva. 19. november 2018 je bil z gledišča seizmologa miren dan. Število spletnih obiskov je nekoliko naraslo v dnevnem času, vendar ni prekoračilo števila 25. Ta vzorec se je nadaljeval tudi naslednji dan, vse do potresa, ki se je zgodil ob 7.57 UTC (oz. 9.57 po srednjeevropskem poletnem času) pri Logatcu. Takrat je število obiskov strmo naraslo in ostalo povečano do večernih ur. Aplikacija, ki sledi spletnemu obisku, v primeru hitrega porasta dežurnemu seizmologu pošlje sporočilo SMS. Pri tem upošteva, da se spletni obisk spreminja preko dneva, saj je obiskanost spletne strani v dnevnem času večja kot v nočnem, povečana ostane tudi nekaj ur po potresu. Poleg tega opazamo porast tudi z leti (Pahor in Živčič, 2011).

Prednost spremljanja spletnega prometa je, da po močnejšem potresu hipno narase, tako lahko hitro presodimo ali so ljudje potres čutili, vendar pa ne nosi informacije ne o lokaciji ne o učinkih potresa na ljudi, predmete, naravno in grajeno okolje, ki so nujni za oceno največje intenzitete potresa. Edini način, da dežurni seizmolog oceni učinke, je sodelovanje številnih prostovoljcev, ki izpolnijo in pošljejo vprašalnik o učinkih potresa. Danes, v dobi interneta in spletnih vprašalnikov, ljudje izpolnijo vprašalnik že nekaj minut po potresu. Ker včasih dobimo izpolnjene vprašalnike tudi za dogodke, ki niso povezani s potresi ali so ti zelo šibki, seizmolog ukrepa šele, ko v kratkem časovnem oknu za isti potres prejme vsaj dva vprašalnika. Takrat jih pregleda in oceni največjo intenziteto, preden obvešča javnost o potresu.

Če na dogajanje pogledamo iz perspektive dežurnega seizmologa, sporočilo SMS o povečanem spletnem prometu in prejeti spletni vprašalnik po potresu dopolnjujejo sporočilo SMS s samodejnim izračunom lokacije in magnitude in dajejo povod za obveščanje širše javnosti o potresu.

V nadaljevanju obravnavamo spletni odziv javnosti na 114 potresov v Sloveniji, za katere je dežurni seizmolog v letih 2018 in 2019 obveščal. Glavni namen analize je spoznati značilnosti spletnega odzivanja ljudi na potres in prek dognanj vzpostaviti in/ali prilagoditi opozorilni sistem dežurnemu seizmologu, da se lahko hitro in učinkovito odzove na potres.

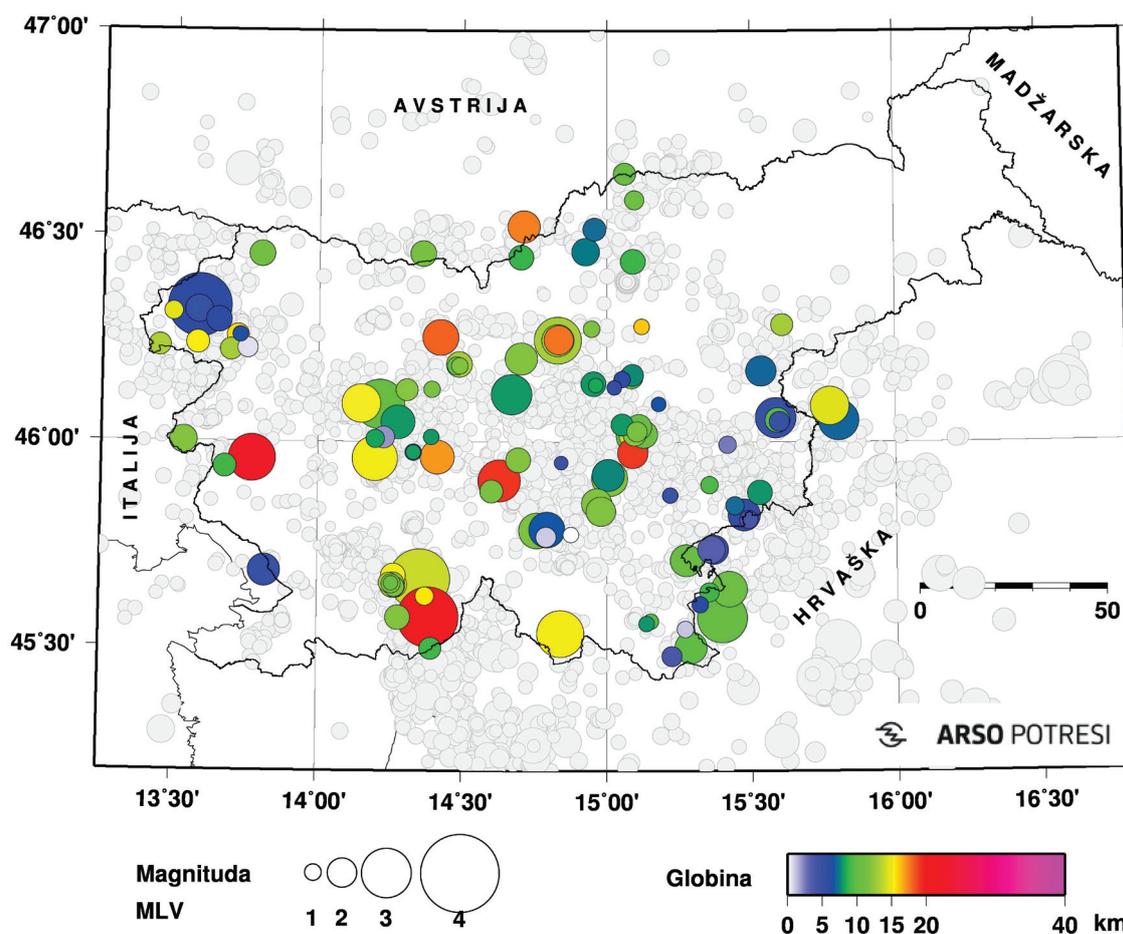
## Uporabljeni podatki

V dvoletnem obdobju, 2018-2019, je dežurni seizmolog obveščal 123-krat. Devetkrat so prebivalci Slovenije čutili močnejše potrese z žariščem v sosednjih državah, šestkrat na ozemlju Italije, enkrat pa Avstrije, Albanije ter Bosne in Hercegovine. Te potrese smo iz nabora umaknili. Nadžarišča preostalih 114 potresov, ki so v nadaljevanju obravnavani, so prikazana na sliki 3 in označena z barvnimi krogi. Njihove lokacije so razpršene znotraj ozemlja Slovenije. Na isti sliki so s sivimi krogi označeni vsi potresi, ki smo jih na prikazanem območju uspeli analizirati, vendar jih prebivalci niso čutili, ali pa so jih čutili le redki posamezniki in zato o njih ni bilo izdano obvestilo. Porazdelitev izbranega nabora potresov po magnitudi je prikazana na sliki 4. Potresi niso bili močni, saj jih je kar 75 imelo magnitudo pod 2,0, najšibkejši med njimi 0,5. Največjo magnitudo 3,5 je dosegel potres 17. januarja 2018 pri Bovcu.

Poleg kataloga potresov (ARSO, 2018-2019) smo za izbrane potrese, za katere je dežurni seizmolog izdal obvestilo, uporabili tudi podatke o časih, in sicer:

- čas poslanega SMS sporočila s samodejno izračunano lokacijo in magnitudo,
- čas samodejne postavitve potresa na spletno stran ARSOpotresi,
- čas prejetega sporočila SMS o povečanem spletnem obisku spletne strani ARSOpotresi in
- čas, ko je dežurni seizmolog za posamezni potres prejel ustrezne vprašalnike.

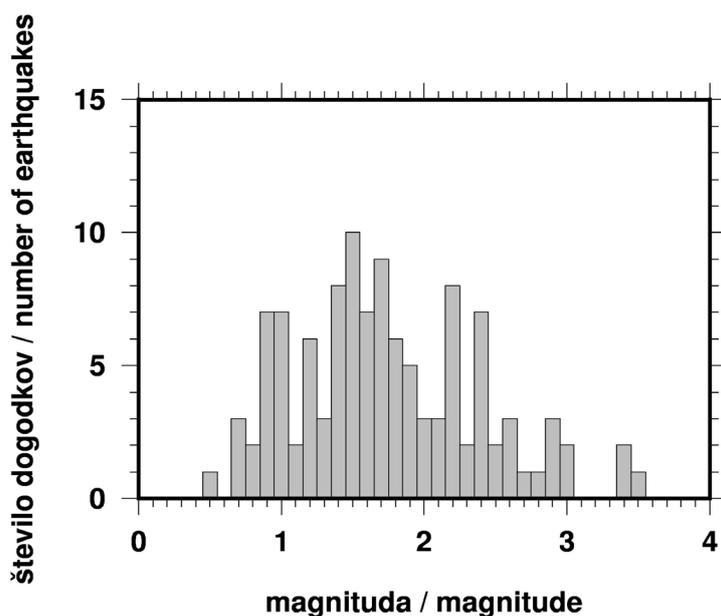
Pri zbiranju podatkov smo ugotovili, da nam za obdobje od 1. januarja do 4. marca 2018 manjkajo podatki o časih samodejne postavitve posameznega potresa na uradno spletno stran. Poleg tega so se v izbranem obdobju, 2018-2019, posodabljali pogoji za pošiljanje sporočila SMS s samodejno izračunano lokacijo in magnitudo. Sistem za lociranje in izračun magnitude običajno poda



**Slika 3:** Sivi krogci so nadžarišča potresov, ki so se zgodili v letih 2018 in 2019. Barvni krogci predstavljajo nadžarišča 114 potresov, o katerih je dežurni seizmolog obveščal širšo javnost. Barva simbola ponazarja žariščno globino, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude  $M_{LV}$

**Figure 3:** Grey circles denote earthquake epicentres that occurred in 2018-2019. Coloured circles represent 114 earthquakes for which the parameters were reported by the stand-by seismologist to the public; Colour of the symbol of varying sizes denote focal depth and local magnitude  $M_{LV}$ . Magnituda = magnitude; globina = depth.

več rešitev. V začetku smo preverjali le, ali je prva rešitev z lokacijo in magnitudo izračunana s sedmimi opazovalnicami in je znotraj izbranega območja Slovenije in obmejnega pasu. V tem primeru smo poslali dežurnemu seizmologu sporočilo SMS. Ker smo s tem zgrešili nekaj potresov, smo začeli preverjati tudi nadaljnje rešitve. Dodatni opozorilni sistem, sistem opozarjanja o povečanem spletnem obisku, smo vpeljali konec maja 2018, tako je bilo prvo sporočilo SMS poslano 29. maja 2018. Navkljub temu, da podatki o poslanih sporočilih SMS niso popolni, pa lahko prepoznamo dinamiko in glavne značilnosti dogajanja po potresu.



**Slika 4:** Porazdelitev magnitude 114-ih potresov v letih 2018-2019, o katerih je dežurni seizmolog obveščal širšo javnost.

**Figure 4:** Magnitude distribution of 114 earthquakes in 2018-2019 for which the parameters were reported by the stand-by seismologist to the public.

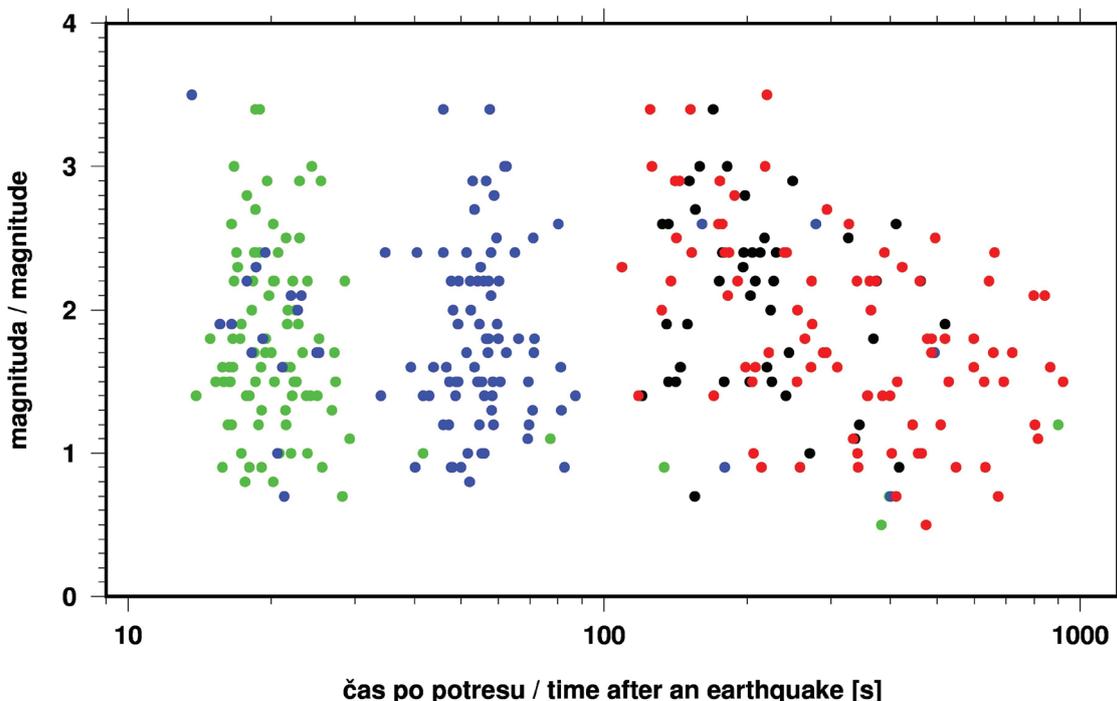
## Časovna analiza

Na sliki 5, kjer se čas meri od nastanka izbranega potresa dalje, smo izrisali čas poslanega sporočila SMS s samodejno izračunano lokacijo in magnitudo (zeleni krogci), ustrezeni čas samodejne postavitve potresa na uradno spletno stran ARSOpotresi (modri krogci), čas poslanega sporočila SMS o povečanem obisku spletne strani ARSOpotresi (črni krogci) in čas, ko je dežurni seizmolog za posamezni potres prejel drugi vprašalnik (rdeči krogci). Označeni in vštetni so le tisti časi opozoril, ki so se zgodili do 20 minut po potresu.

Dežurni seizmolog običajno prejme SMS obvestilo z lokacijo in magnitudo potresa 20 do 30 sekund po potresu, medtem ko objava na spletu običajno nekoliko kasni, zgodi se od 30 do 90 sekund po potresu. Do časovnega zamika pride, ker želimo na spletu objaviti zaupanja vredno lokacijo in magnitudo in zato čakamo na rešitev, v kateri je sodelovalo vsaj sedem opazovalnic. Z večjim naborom opazovalnic se analiza potresa zamakne, ker potresno valovanje ne pride istočasno do vseh opazovalnic, temveč do bolj oddaljenih potuje več časa. SMS o povečanem spletnem prometu in vsaj dva vprašalnika za izbrani potres dežurni seizmolog običajno prejme od druge minute dalje po nastanku potresa. Ni pa nujno, da dežurni seizmolog v primeru potresa dobi vsa možna opozorila. Kreiranje obvestil je odvisno od prožilnih kriterijev in narave potresa (moč, čas, lokacija in globina). Tako npr. šibki potresi, oddaljeni od večjih mest ali globlji potresi vznemirijo malo ljudi. Če njihova številčnost in hitrost odziva ne doseže mejnih vrednosti, obvestila o povečanem spletnem prometu ali o prejemu vprašalnikov ni.

## Obveščanje o potresih leta 2018 in 2019, N=114

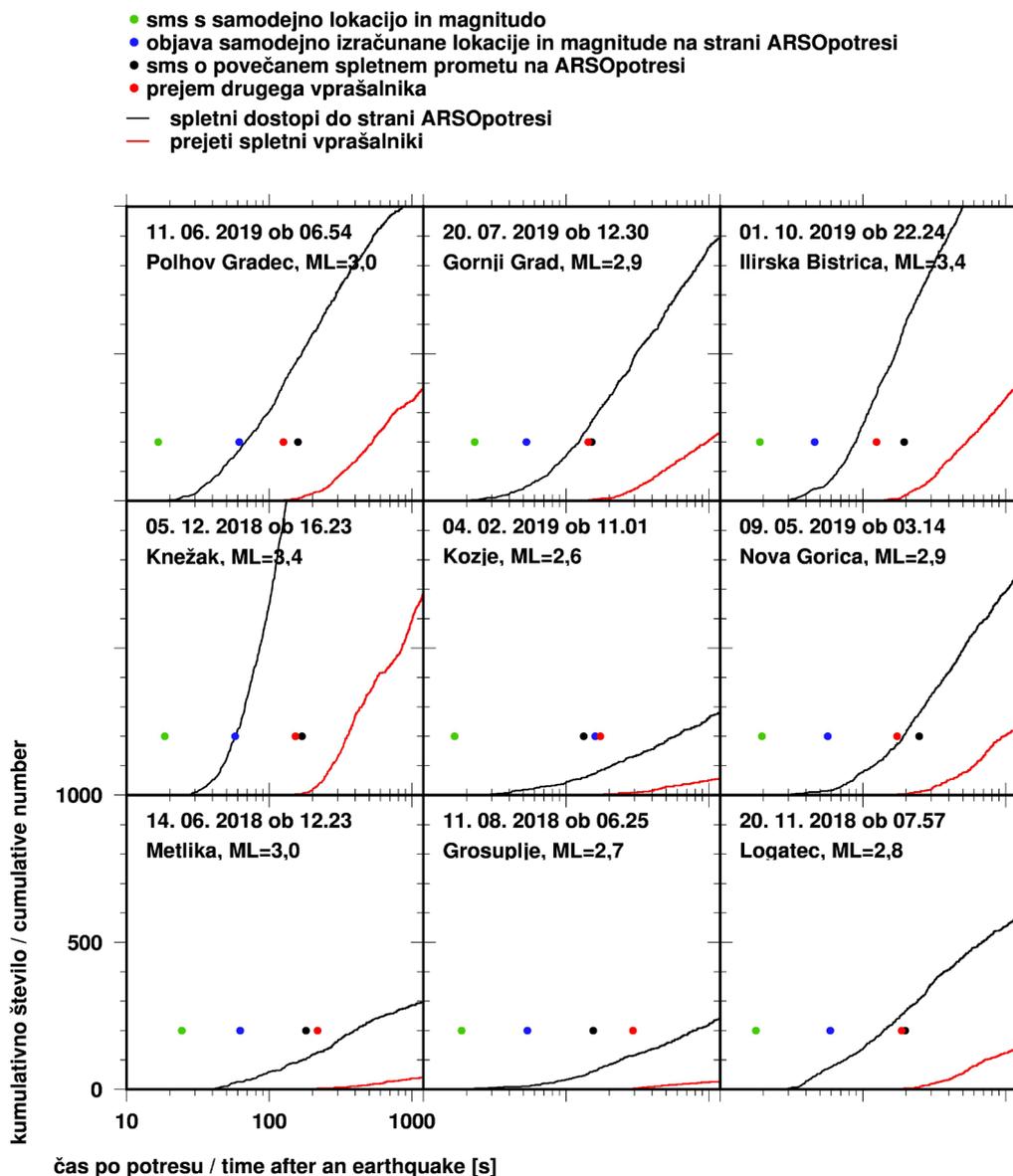
- sms s samodejno izračunano lokacijo in magnitudo, N=98
- objava samodejno izračunane lokacije in magnitude na strani ARSOPotresi, N=102
- sms o povečanem spletnem prometu na strani ARSOPotresi, N=47
- prejem drugega vprašalnika, N=87



**Slika 5:** Časovni zamiki opozoril po potresu, poslanih dežurnemu seizmologu, in objava samodejne lokacije in magnitude na strani ARSOPotresi. Nabor šteje 114 potresov v Sloveniji in ozkem obmejnem pasu, za katere je dežurni seizmolog obveščal širšo javnost v letih 2018 in 2019.

**Figure 5:** Time delays of earthquake alerts sent to the stand-by seismologist (green dot – SMS with automatically calculated location and magnitude, black dot – SMS triggered on web access, red dot – 2 received questionnaires) and time delays of automatic location and magnitude posted on the [www.potresi.arso.gov.si](http://www.potresi.arso.gov.si) (blue dot). The set counts 114 earthquakes in Slovenia and a narrow border zone, for which the stand-by seismologist informed the public in 2018 and 2019.

Slika 6 prikazuje kumulativno število spletnih obiskov (črna črta) in prejetih vprašalnikov (rdeča črta) za posamezne močnejše potrese. Na grafih so za lažjo predstavbo dodani tudi časi poslanih opozoril dežurnemu seizmologu o potresu (pike). Spremljanje spletnega prometa na strani ARSOPotresi kaže, da ljudje informacijo o močnejšem potresu iščejo že v prvi minuti po potresu, torej preden je ta postavljena na splet. Tako zgornji levi graf prikazuje porast spletnega prometa po potresu pri Polhovem Gradcu 11. junija 2019 z magnitudo 3,0. V času samodejne objave potresa na spletni strani ARSOPotresi (modra pika) je stran obiskovalcev že 200 obiskovalcev iz različnih IP naslovov. SMS o povečanem spletnem prometu pa je bil zaradi 150-sekundnega premora med dvema vpogledoma v seznam spletnih obiskov poslan šele, ko je že 500 obiskovalcev pogledalo našo spletno stran. Vzporedno s spremljanjem spletnega prometa štejemo tudi izpolnjene spletne



**Slika 6:** Porast spletnih obiskov in števila prejetih spletnih vprašalnikov za nekatere močnejše potrese v letih 2018 in 2019. Abscisa prikazuje čas po potresu, pike označujejo čas obvestil, poslanih dežurnemu seizmologu in čas objave samodejne lokacije in magnitude na strani ARSOpotresi.

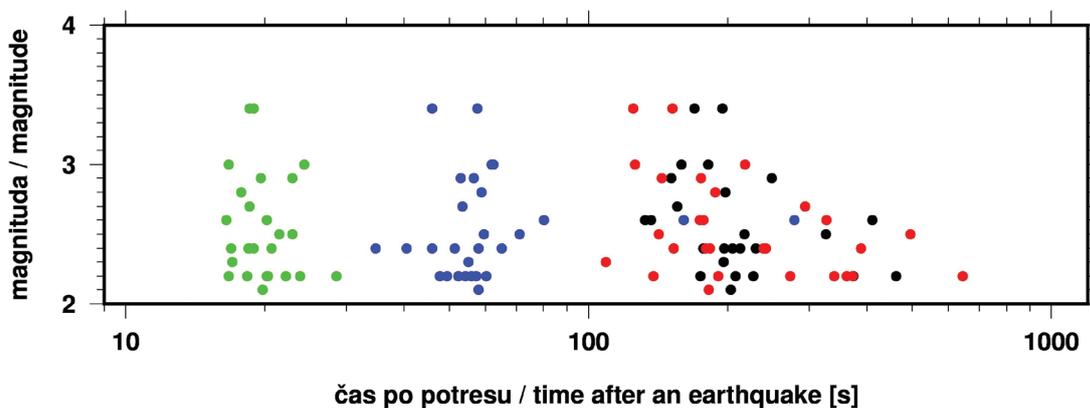
**Figure 6:** An increase in web access (black line) and an increase in number of received online questionnaires (red line) after some stronger earthquakes in 2018 in 2019. The abscissa shows the time after the earthquake. Dots denote times of earthquake alerts sent to the on-call seismologist (green dot – SMS with automatically calculated location and magnitude, black dot – SMS triggered on web access, red dot – 2 received questionnaires) and time delays of automatic location and magnitude posted on the [www.potresi.arso.gov.si](http://www.potresi.arso.gov.si) (blue dot).

vprašalnike o tem, kako so ljudje čutili potres (<http://potresi.arso.gov.si/vprasanik>). Ti za močnejše potrese običajno začnejo prihajati približno dve minuti po potresu.

Čas prejema vprašalnikov ne moremo skrajšati, ker pri tem sodelujejo prostovoljci in obiskovalci naših strani. Lahko pa skrajšamo čas, ki mine od nastanka potresa do pošiljanja sporočila SMS o povečanem spletnem obisku. V obdobju 2018-2019 je aplikacija delovala tako, da je sporočilo poslala, če je minutno povprečje števila obiskov v dveh minutah trikrat prekoračilo minutno povprečje števila obiskov v 60 minutah. Vendar je seznam spletnih obiskov aplikacija preverjala le vsakih 150 sekund. Če čas med posameznimi preverjanji skrajšamo, se bo ustrezno skrajšal tudi

### Obveščanje o potresih od maja 2018 do konca leta 2019, $ML > 2.0$ , $N=28$

- sms s samodejno izračunano lokacijo in magnitudo,  $N=28$
- objava samodejno izračunane lokacije in magnitude na strani ARSOPotresi,  $N=28$
- sms o povečanem spletnem prometu na strani ARSOPotresi,  $N=26$
- prejem drugega vprašalnika,  $N=28$



**Slika 7:** Časovni zamiki opozoril po potresu, poslanih dežurnemu seizmologu, in objava samodejne lokacije in magnitude na strani ARSOPotresi po ustreznem potresu. Nabor šteje 28 močnejših potresov z lokalno magnitudo nad 2,0, ki so se zgodili v Sloveniji in ozkem obmejnem pasu in za katere je dežurni seizmolog obveščal širšo javnost od maja 2018 do konca leta 2019.

**Figure 7:** Time delays of earthquake alerts sent to the on-call seismologist (green dot – SMS with automatically calculated location and magnitude, black dot – SMS triggered on web access, red dot – 2 received questionnaires) and time delays of automatic location and magnitude posted on the [www.potresi.arso.gov.si](http://www.potresi.arso.gov.si) (blue dot). The set counts 28 stronger earthquakes with local magnitude above 2,0 in Slovenia and a narrow border zone, for which the on-duty seismologist informed the public from May 2018 to the end of 2019.

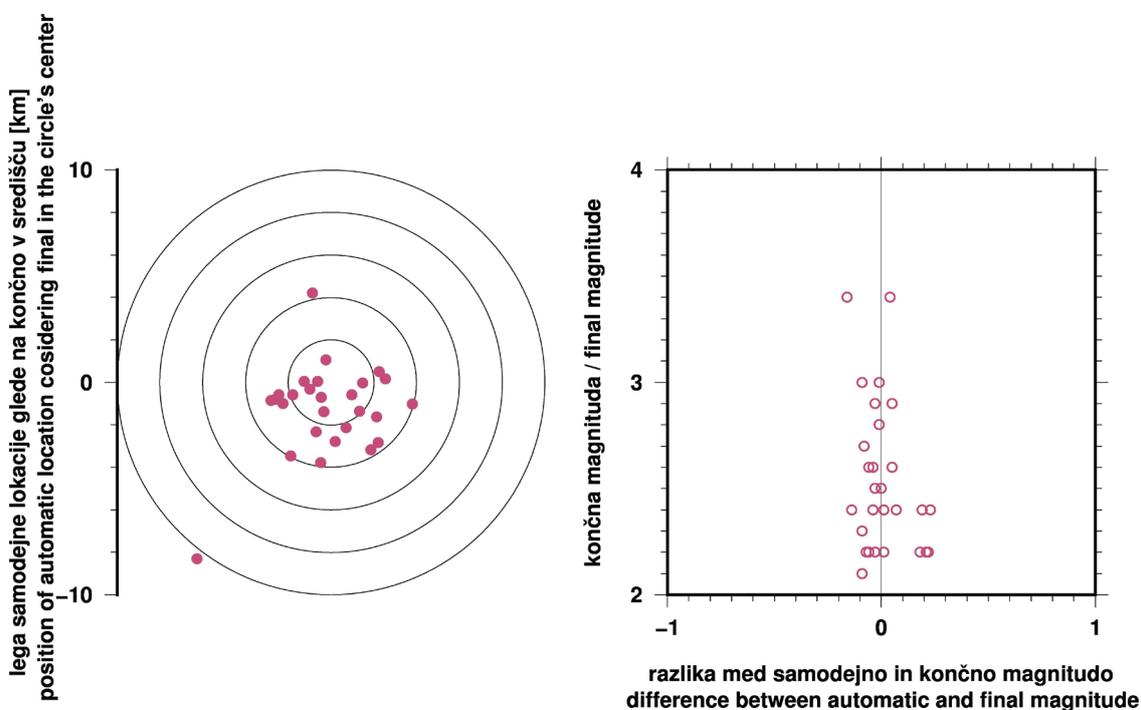
čas med nastankom potresa in pošiljanjem sporočila SMS. Še boljša možnost pa je, da vedno, ko sistem zazna potres in pošlje sporočilo SMS o lokaciji in magnitudi dežurnemu seizmologu, preveri tudi spletni promet z zamikom nekaj 10 sekund.

Dodatno smo preverili zanesljivost opozorilnega sistema za močnejše potrese nad magnitudo 2,0. Upoštevali smo le potrese v obdobju od maja 2018, ko je začela delovati aplikacija, ki po-

šilja sporočila SMS o povečanem spletnem obisku, do konca leta 2019. V naboru je ostalo 28 potresov, za katere je opozorilni sistem deloval dobro (slika 7), saj je dežurni seizmolog za vse te potrese v pričakovanih časih prejel obe opozorili SMS in vsaj 2 spletna vprašalnika, razen v dveh primerih, ko je bil spletni obisk le rahlo povečan in ga sistem ni zaznal, najverjetneje zaradi manjše poseljenosti področja in zgodnjih jutranjih ur. To se je zgodilo za potresa z lokalno magnitudo 2,2, prvega v bližini Solčave 5. avgusta 2018 ob 5.55 in drugega v bližini Kamnika 4. aprila 2019 ob 3.15 po srednjeevropskem poletnem času.

## Točnost samodejno izračunanih parametrov

Samodejno izračunane lokacije nadžarišč in magnitudo nabora 28 potresov smo primerjali s končnimi, s strani seizmologa ročno analiziranimi, izračunanimi in potrjenimi lokacijami in magnitudami. Lege samodejno izračunanih lokacij glede na končne so prikazane na sliki 8 levo. Središče krožnic pred-



**Slika 8:** Primerjava samodejno izračunanih lokacij nadžarišča (levo) in magnitud (desno) nabora 28 potresov s končnimi, s strani seizmologa ročno analiziranimi, izračunanimi in potrjenimi lokacijami in magnitudami. Središče kroga na levem grafu predstavlja lego s strani seizmologa preverjene lokacije. Na desnem grafu vrednost 0 na abscisi predstavlja končno magnitudo, s piko pa je označena samodejno izračunana magnituda glede na končno vrednost.

**Figure 8:** Comparison of automatically calculated locations (left) and magnitudes (right) of 28 earthquakes with the final manually analysed, calculated and confirmed locations and magnitudes. The center of the circle on the left graph represents the position of the verified location. In the right graph, the value 0 on the abscissa represents the final magnitude, and the dot indicates the automatically calculated magnitude relative to the final value.

stavlja lego končne lokacije. S pikami so označene lege samodejne lokacije glede na končno lokacijo. Kljub temu, da dežurni seizmolog preko sporočila SMS prejme prvo rešitev sistema in je zato ta rešitev opredeljena z manjšim številom opazovalnic, lokacija v večini primerov ne odstopa od končne več kot 5 km. Le pri potresu 20. novembra 2018 z lokalno magnitudo 2,8 je prva rešitev res precej odstopala, 10 km, vendar so bile že nekaj sekund kasneje izračunane rešitve dobre. Slika 8 desno prikazuje razliko med samodejno izračunano in končno magnitudo. Vrednost 0 na abscisi predstavlja končno magnitudo, s piko pa je označena samodejno izračunana magnituda glede na končno vrednost. Te ne odstopajo več kot za vrednost 0,2, kar zadošča za zaupanje v rezultat.

## Zaključek

Spremljanje spletnega obiska in spletni vprašalniki, ki jih vestno izpolnjujejo obiskovalci strani ARSOpotresi, dežurnemu seizmologu omogočajo hiter in učinkovit odziv. V nekaj minutah izve, kje se je potres zgodil, kako močan je bil, in kaj se je dogajalo »na terenu«, ali je potres ljudi vznemiril ter kakšni so bili učinki potresa na ljudi, predmete, naravo in grajeno okolje. Ta informacija seizmologa v nekaj minutah poišče sama, ne da bi neprestano nadziral splet in preverjal seizmične zapise. Ko prek opozoril seizmolog izve za potres, lahko z različnimi orodji (Čarman in Živčič, 2019a, 2019b) preveri, kako dobri so samodejno izračunani parametri potresa, in po strokovni presoji pripravi obvestilo o potresu ter obvešča javnost in Upravo RS za zaščito in reševanje.

Z analizo smo ugotovili, da lahko obvestilni sistem (slika 1) dopolnimo z e-mail sporočilom o porastu spletnega prometa in s sporočilom SMS o večjem številu vprašalnikov ter s tem povečamo zanesljivost obvestilnega sistema, obenem pa z manjšimi spremembami porast spletnega prometa zaznamo hitreje.

Preverili smo tudi, kako zanesljiv je opozorilni sistem za močnejše potrese, nad magnitudo 2,0. V naboru 28 potresov se samodejno izračunana lokacija le v enem primeru razlikuje od končne lokacije za več kot 5 kilometrov. Razlika med samodejno izračunanimi in končnimi magnitudami pa ni bila večja od vrednosti 0,2. Te razlike so za prvo oceno lokacije in magnitude potresa sprejemljive, in ponujajo možnost, da v primeru močnejšega potresa ob hkratnem prejemu opozorila o povečanem spletnem prometu, prejetih vprašalnikih in sporočilu SMS s samodejno izračunano lokacijo in magnitudo, obvestila o potresih samodejno postavimo tudi na socialna omrežja, kot sta Twitter in Facebook.

## Literatura

ARSO, 2018-2019. Baza podatkov za potrese na ozemlju Slovenije za 2018-2019. Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo, Ljubljana.

BRTT (Boulder Real Time Technologies), inc. (citirano 15.1.2020). Dostopno na naslovu: <http://www.brtt.com/>.

- Čarman, M., Živčič, M., 2019b. Poročilo samodejno določenih magnitud na zapisih potresnih opazovalnic. Potresi v letu 2017. Agencija RS za okolje. Ljubljana.
- Jesenko, T., Živčič, M., 2018. Nekateri rezultati prenove državne mreže potresnih opazovalnic. Potresi v letu 2016. Agencija RS za okolje. Ljubljana.
- Pahor, J., Živčič, M., 2011. Analiza obiskanosti spletne strani s samodejno določenimi parametri potresov v letu 2010. Potresi v letu 2016. Agencija RS za okolje. Ljubljana.
- Motnikar, B. Š., Cerk, M., Cecič, I., Jerše, A., 2013. Prenovljen spletni vprašalnik Ali ste čutili potres? Ujma : revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami. ISSN 0353-085X. - Št. 27 (2013), str. 262-267.



## Dogodki v letu 2019

### 2019 Events

#### **Predavanje *Potres 29. januarja 1917 pri Brežicah in njegove posledice*, Ina Cević**



Oddelek za geofiziko Fakultete za naravoslovje in matematiko Univerze v Zagrebu (Horvatovac 95, 10000 Zagreb) je povabil Ino Cević iz ARSO, Urada za seizmologijo, da predstavi svojo raziskavo o potresu, ki se je 29. januarja 1917 zgodil pri Brežicah, in njegovih posledicah.

Predavanje je imela v sredo, 23. januarja 2019. O predavanju je bila posneta tudi radijska oddaja Eppur si muove za Hrvatski radio.

#### **Predstavitev seizmologije na Osnovni šoli Log-Dragomer**

Na povabilo OŠ Log-Dragomer je Jurij Pahor 19. februarja 2019 pripravil interaktivno predstavitev na temo seizmologije in geologije dvema četrtnima razredoma.

#### **Sodelovanje v oddaji *Ugriznimo znanost, Rekonstrukcija potresov v preteklosti***



21. marca 2019 je bila na RTV SLO oddaja Ugriznimo znanost posvečena rekonstrukciji potresov v preteklosti. Na poljuden in sproščen način je skušala pojasniti, kako se geologi in seizmologi dokopljejo do spoznanj o močnih potresih, ki so se na ozemlju Slovenije zgodili v preteklosti.

Danes potrese merimo z zelo natančnimi merilnimi napravami, vendar šele približno zadnjih 130 let. Za približno 1000 leta nazaj o

njih pričajo pisni viri. S paleogeološkimi metodami pa sežemo še veliko dlje v preteklost. Kako nam poznavanje potresov v preteklosti pomaga predvideti potresno nevarnost v prihodnosti so v studiu pojasnili dr. Martina Čarman z ARSO, dr. Miloš Bavec z Geološkega zavoda Slovenije in prof. dr. Andrej Šmuc z Naravoslovnotehniške Fakultete. Posnetek je dosegljiv na naslovu: <https://4d.rtvsllo.si/arhiv/ugriznimo-znanost/174603228?fbclid=IwAR1Jc2UrW4tJuQCsMmBawr5yrtRyTHfQIRU7eix9Sk8q9Q58EXB7j9Ng>

## Evropsko srečanje uporabnikov seizmološkega programskega paketa Antelope



Jurij Pahor in Martina Čarman sta se udeležila letnega srečanja uporabnikov programske opreme Antelope AUG2019, ki je potekalo od 27. do 31. maja 2019 v Taormini na Siciliji. Poleg rednih tem, kot so seznanitev z novostmi programske opreme, izmenjave izkušenj z ostalimi uporabniki ter seveda tudi sproščenega druženja z udeleženci so naši gostitelji pripravili posebno presenečenje – obisk vulkana Etna. Nepričakovano smo bili priča začetku manjšega izbruha, ki smo si ga ogledali iz neposredne bližine.

## Vrtnarjenje na Vrtnu eksperimentov v času 11. Znanstivala v Ljubljani



V času 11. Znanstivala v Ljubljani je ekipa seizmologov z ARSO potresi, v sestavi Martina Čarman, Ina Cecić, Jurij Pahor in Polona Zupančič, okopavala gredico na Vrtnu eksperimentov. 2. junija 2019 smo zapisovali in prebirali seizmogramе ter s šestilom in ravnilom razkrivali kdaj in kje so se potresi zgodili ter kako močni so bili. Z obiskovalci smo se pogovarjali tudi o tem, kako določimo čas, lokacijo in velikost tistim potresom, katerih zapisov nimamo, ker so se ti zgodili v preteklosti, ko še niso poznali seizmometrov.

Znanstival organizira Hiša eksperimentov, ki k sodelovanju povabi institucije, ki se ukvarjajo s promocijo izobraževanja in znanosti.

## Dan odprtih vrat ARSO

Tamara Jesenko je 8. junija 2019 v okviru dneva odprtih vrat ARSO predstavila seizmologijo in delo Urada trem skupinam obiskovalcev.

## Sodelovanje pri pripravi nove evropske karte potresne nevarnosti (ESHM20)

Seizmologi Urada za seizmologijo pripravljamo novo karto potresne nevarnosti Slovenije, hkrati pa v Evropi poteka tudi projekt posodobitve evropske karte potresne nevarnosti. V juniju in juliju 2019 sta se Polona Zupančič in Barbara Šket Motnikar udeležili dveh preglednih sestankov evropskega projekta za usklajevanje na območju srednje in severne Evrope (Potsdam, Nemčija) ter jugovzhodne Evrope in Turčije (Atene, Grčija). Vsakega sestanka posebej se je udeležilo okrog 30 strokovnjakov za ocenjevanje potresne nevarnosti (predstavniki SERA in nacionalni predstavniki).

Predstavljene so bile aktivnosti na evropskem projektu in trenutni status modelov in parametrov za izračun, ki smo jih nato usklajevali. Sodelovali sta v razpravah o podrobnostih modeliranja in usklajevanja vhodnih parametrov in izračuna. Predstavili sta tudi modeliranje in stanje slovenske karte potresne nevarnosti ter primerjavo z evropsko karto. Vsem predstavitev je sledila živahna razprava. Imeli sta tudi nekaj krajših sestankov z vodilnimi predstavniki SERA o podrobnostih modeliranja in o prihodnjem sodelovanju. Pridobljene informacije in znanja so zelo pomembna pri izračunu slovenske karte potresne nevarnosti, metodologija pa, bo bolj usklajena z metodologijo izdelave nove evropske karte.

Organizator obeh dogodkov je bil SERA – Seismology and Earthquake Engineering Research Infrastructure Alliance for Europe; dogodka pa sta podprli tudi organizaciji EPOS (European Plate Observing System) in EFEHR – European Facilities for Earthquake Hazard and Risk.

## Sodelovanje v oddaji Glasovi sveta, Brežiški potres



7. avgusta 2019 sta bila gosta oddaje Glasovi sveta na III. programu Radia Slovenije, programu ARS, zgodovinar in zaslužni profesor dr. Dušan Nečak in seizmologinja na Uradu za seizmologijo Agencije za okolje Republike Slovenije Ina Cecić. Spregovorila sta o novih dognanjih in zgodovinskem ozadju Brežiškega potresa, ki se je zgodil 29. januarja 1917 ob 9 uri in 22 minut po lokalnem času.

Sto let po močnem potresu v Brežicah in okolici, ki je povzročil smrtne žrtve in veliko gmotno škodo, sta dogodek ponovno raziskala. Če so takoj po potresu o njem pisali takratni geologi in seizmologi, je v najnovejši raziskavi poleg seizmologov prvič sodeloval tudi zgodovinar. Temeljeno zgodovinsko študijo je pripravil dr. Dušan Nečak, avtorica seizmološkega dela pa je bila Ina Cecić. Našla sta nove, neobjavljene podatke. V seizmološki raziskavi so bili ti podatki uporabljeni za izdelavo karte intenzitet in za izračun parametrov potresa. Okrat se je zgodilo prvič, da je bila za nek slovenski potres izdelana karta poškodb na podlagi zapisnikov o škodi, ki jih hrani Arhiv Republike Slovenije. Ob stoletnici brežiškega potresa je leta 2017



Društvo za oživitev mesta Brežice izdalo znanstveno monografijo, posvečeno temu potresu, kot peti zvezek svojih Brežiških študij. Pri tem sta oddaje gosta sodelovala z Znanstveno založbo Filozofske fakultete v Ljubljani in Arhivom Republike Slovenije. Posnetek pogovora je dostopen na spletnem naslovu <https://ars.rtv slo.si/2019/07/glasovi-svetov-181/>

## Ustanovitveno srečanje EFEHR (European Facilities for Earthquake Hazard and Risk)



ARSO (Urad za seizmologijo) je kot nacionalna institucija, v kateri ocenjujemo potresno nevarnost, pristopila k članstvu EFEHR, ki se na novo formira v okviru EPOS (European Plate Observing System). Ustanovitvenega srečanja 1. oktobra se je udeležila Barbara Šket Motnikar, vendar je zaradi stečaja letalske družbe Adria in odpovedi poleta sodelovala preko oddaljenega dostopa. Na srečanju je bil predstavljen tudi trenutni status projekta Evropska karta potresne nevarnosti, kjer aktivno sodelujemo. ARSO je s članstvom v EFEHR pridobil možnost stalnega sodelovanja

s strokovnjaki na področju potresne nevarnosti in ogroženosti ter lahko dostopa do podatkovnih baz, servisov, modelov in dokumentacije drugih projektov. To je pomembno pri izračunu slovenske karte potresne nevarnosti, dolgoročno pa v okviru platforme EFEHR lahko sledimo evropskemu razvoju.

## Obisk hrvaških seizmologov in predavanja



Seizmologi Agencije Republike Slovenije za okolje smo 19. septembra 2019 v goste povabili hrvaške seizmologe in geologe. Prišli so iz treh institucij: Fakultete za naravoslovje in matematiko, Fakultete za rudarstvo, geologijo in nafto in Hrvaške seizmološke službe. Slovenskim seizmologom so predstavili povzetek izsledkov nedavno končanega velikega projekta Velebit in nove raziskave litosferskih struktur v Dinaridih ter seizmotektonike Velebita. Slovenski udeleženci smo hrvaškim predstavili izdelavo hitrostnega modela SZ Dinaridov s pomočjo tomografije ter podrobnosti izdelave karte aktivnih prelomov in karte potresne nevarnosti.

Predstavili smo tudi delovanje pripravljenih seizmologov in uporabljeno programsko opremo. Z delovnimi srečanji bomo redno nadaljevali, in se tako sproti seznanjali z rezultati raziskav ter učinkoviteje oblikovali meddržavno sodelovanje na področju seizmologije.

## Mednarodna delavnica o aktivni tektoniki in tektonski geomorfologiji

Med 24. in 26. septembrom 2019 se je dr. Andrej Gosar udeležil Mednarodne delavnice o aktivni tektoniki in tektonski geomorfologiji, ki jo je na Inštitutu za strukturo in mehaniko kamnin Češke akademije znanosti organizirala Mednarodna organizacija za raziskovanje kvartarja (INQUA). Na delavnici smo obravnavali analizo zgodovinskih, arheoloških in paleoseizmoloških podatkov, ki nam omogočajo izdelavo potresnih katalogov v predinstrumentalnem obdobju. Posebno pozornost smo posvetili geologiji potresov, učinkih potresov na naravno okolje kot so skalni podori in zemeljski plazovi ter metodam raziskav v aktivni tektoniki kot sta tektonska geomorfologija in paleoseizmologija. Vse te raziskave izvajamo tudi v Sloveniji in so zelo pomembne za boljše ocenjevanje potresne nevarnosti, ki temeljijo na čim bolj popolnih potresnih katalogih in seizmotektonskih podatkih.

## Letno srečanje EPOS Seizmologija 2019, ORFEUS in generalna skupščina EMSC

Martina Čarman in Tamara Jesenko sta se udeležili letnega srečanja EPOS-Seizmologija 2019, ki je potekalo od 6. do 11. oktobra 2019 v Grenoblu v Franciji. Glavne teme srečanja so bile seizmologija »množičnih podatkov«, seizmološki produkti v realnem času, kvaliteta, dostopnost in razpoložljivost seizmoloških podatkov in metapodatkov, trenutni in načrtovani spletni servisi in produkti EPOS Seizmologije. V okviru srečanja sta potekali tudi letno srečanje upravljavcev seizmoloških mrež, ki ga organizira ORFEUS, in letno srečanje generalne skupščine EMSC.

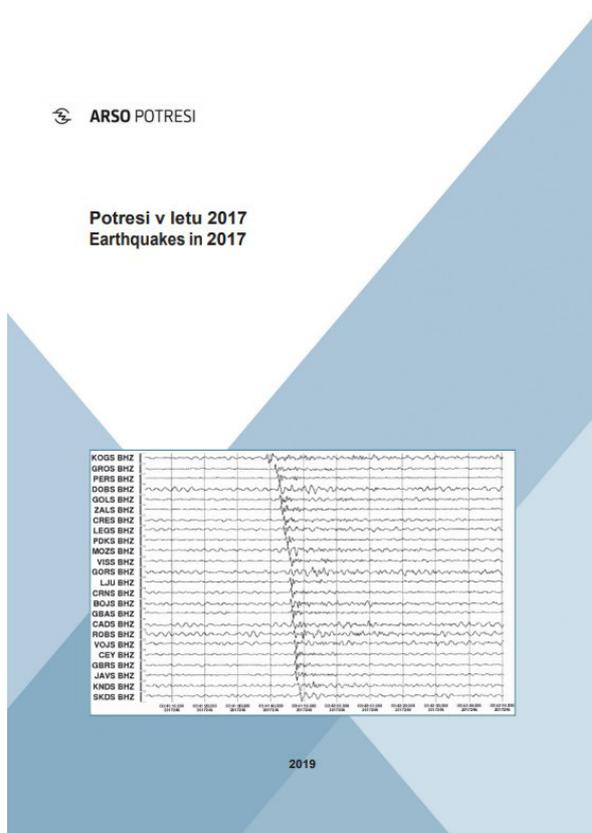
## Letno srečanje sodelujočih v projektu CE<sup>3</sup>RN



Mladen Živčić in Jurij Pahor sta se udeležila letnega srečanja CE<sup>3</sup>RN (Central and Eastern Europe Earthquake Research Network) v Budimpešti, ki je potekalo od 21. do 23. oktobra 2019. Udeleženci srečanja so se pogovarjali o načinu izmenjave makroseizmičnih podatkov v stvarnem času in drugih oblikah sodelovanja ter ustanovili skupino za zgodovinske potrese, ki bo usklajevala raziskovalne aktivnosti med članicami CE<sup>3</sup>RN.



## Letna seizmološka publikacija *Potresi v letu 2017*



5. novembra 2019 je izšla elektronska verzija letne publikacije Urada za seizmologijo *Potresi v letu 2017*, kjer so zbrani prispevki o potresih in drugih zanimivostih iz seizmologije. Dostopna je na spletni strani ARSO – področje Potresi – podstran Poročila in publikacije

<https://www.arso.gov.si/potresi/poro%C4%8dila%20in%20publikacije/Potresi%20v%20letu%202017.pdf>

## Predavanje o potresih v Domu Tisje



V domu starejših občanov Tisje v Črnem potoku pri Litiji smo 12. decembra 2019 postavili začasno potresno opazovalnico z oznako DTSE, ki je nadomestila opazovalnico v gradu Bogenšperk. Jurij Pahor je varovancem in osebju doma v krajšem predavanju predstavil delo Urada ter seizmologijo. Predavanja se je udeležilo okrog deset poslušalcev, ki so z zanimanjem prisluhnili predstavitvi.

## Predstavitve zbornika o furlanskih potresih v Pušji vasi (Venezze) v Italiji



V soboto, 14. decembra 2019 ob 11. uri, sta bila v Pušji vasi (italijansko Venezze) predstavljena zbornika o furlanskih potresih leta 1976.

Zbornik v angleščini so uredili Dario Slejko (OGS, Trst), Marcello Riuscetti (Univerza v Vidmu) in Ina Cecić (ARSO). V seizmološki znanosti in naših življenjih je v tem času prišlo do velikih sprememb. Z zbornikom so poskusili ohraniti spomin na dogodke, ki so dodobra

spremenili življenja vseh prizadetih ter predstaviti nova spoznanja na področju seizmologije, gradbeništva in pri komuniciranju z javnostmi.

Zbornik v italijanskem jeziku je izšel kot posebna številka seizmološke revije *Bolletino di Geofisica teorica ed applicata*; njegova urednika sta P. Giurco in Dario Slejko.

## Sodelovanje v oddaji Studio ob 17 h posvečeni potresom



17. 12. 2019

### Potresi od Albanije do Slovenije

Kako poteka popotresna obnova?  
Je albanski potres res lahko svarilo slovenskim mestom?

Dne 17. decembra 2019 je bila na 1. programu Radija Slovenija oddaja Studio ob 17h posvečena potresom in učinkom potresov, spodbujena z rušilnim potresom magnitude 6,4, ki je 26. novembra 2019 prizadel Albanijo. V oddaji so v živo sodelovali mag. Marjana Lutman iz Zavoda za gradbeništvo, Domen Torkar iz Uprave RS za zaščito in reševanje in dr. Andrej Gosar iz Urada za seizmologijo. V oddaji so osvetlili seizmološke in geološke značilnosti potresa v Albaniji ter jih primerjali z razmerami drugod na Balkanskem in Apeninskem polotoku. Predstavljene so bile značilnosti gradnje v obalnem predelu Albanije in njihov vpliv na porušitve ali poškodbe ter organiziranje pomoči s strani služb za zaščito in reševanje ter evropskega mehanizma ukrepanja ob naravnih nesrečah.

Oddaji lahko prisluhnete na spletnem naslovu:

<https://radioprvi.rtvsllo.si/2019/12/studio-ob-17-00-162/>

