

Marko Mali, Izidor Tasič, Igor Pfundner, Jože Prosen, Matej Nemec

Delovanje Državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2024

Operation of the seismic network of the Republic of Slovenia in 2024

Povzetek

Z glavnimi parametri, ki so vplivali na zanesljivost delovanja Državne mreže potresnih opazovalnic (DMPO) v letu 2024, predstavljamo povzetek analize delovanja ter pregled pomembnejših dogodkov in posodobitev. Zajem podatkov v letu 2024 je bil 99,99 % (gre za izplen podatkov), kar smo dosegli s sprotnim vzdrževanjem in posodobitvami seizmološke in podporne opreme. Do izgub podatkov je v letu 2024 prišlo le ob menjavah seizmološke merilne opreme in ob ponovnih zagonih enote Q330 HRS. Večji problem smo imeli le s komunikacijo na potresni opazovalnici JAVS. V prispevku podajamo število prekinitev komunikacije (izpadov) za posamezno potresno opazovalnico glede na trajanje prekinitve. Za najdaljši izpad na posamezni potresni opazovalnici podajamo njegov vzrok. Podajamo tudi časovne intervale, znotraj katerih ni delovalo po več potresnih opazovalnic hkrati, ter vzroke za omenjeno nedelovanje. Na osnovi rezultatov analize poteka tudi nadzor in izvedba posodobitev, ki prispevajo k boljšemu in zanesljivejšemu delovanju DMPO.

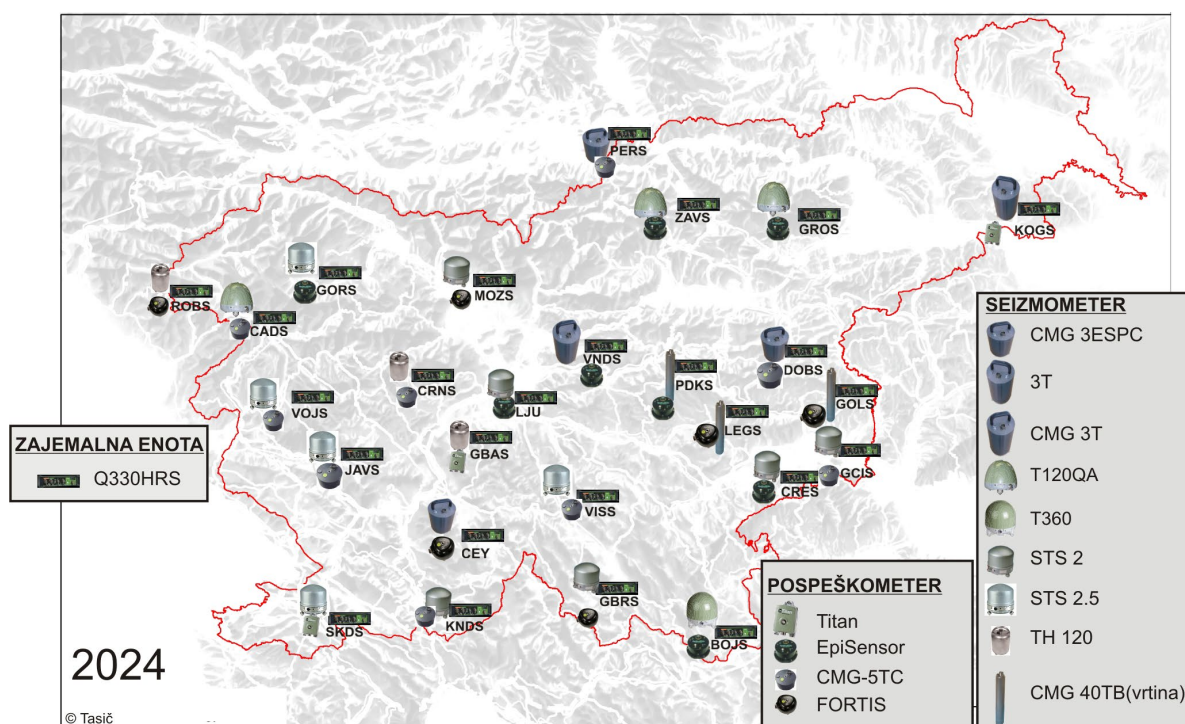
Abstract

The results of analysis of operation of the Seismic Network of the Republic of Slovenia (SNRS) in 2024 are presented. The main upgrades, as well as the events that have influenced the operating quality of SNRS are presented, along with parameters describing its reliability. Data acquisition in 2024 was 99.99 % (overall data collected), which we achieved through ongoing maintenance and upgrades of seismological and support equipment. Minor data loss occurred only when seismological equipment was updated and in case of Q330 HRS unit reboot. The only major issue encountered was with communication at the JAVS seismic station. In the article we provide the number and duration of out-of-operation periods (OOOP) for all seismic stations. The cause of the longest OOOP for particular seismic station is presented. Time intervals, when more seismic stations were out of service simultaneously are presented, along with the reasons for these disruptions. Based on the analysis results, improvements are being constantly implemented, contributing to better and more reliable operation of SNRS.

Uvod

Državno mrežo potresnih opazovalnic (DMPO) sestavlja 26 sodobno opremljenih digitalnih opazovalnic. Vsaka potresna opazovalnica je opremljena z zajemalno enoto, dolgoperiodnim seizmometrom in pospeškometro (Tasič, 2025). Tip seizmološke opreme na posamezni potresni opazovalnici, ki je bila nameščena ob koncu leta 2024, je prikazan na sliki 1. Poleg seizmološke merilne opreme se na opazovalnicah nahaja še podporna oprema v štirih sklopih: komunikacijska oprema, oprema za zagotavljanje neprekinjene oskrbe z električno energijo, oprema za dodaten nadzor delovanja zajemalnih enot ter oprema za nadzor vdora vode in beleženje temperature ob seizmometru.

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



Slika 1: Državna mreža potresnih opazovalnic ob koncu leta 2024. Prikazana je razporeditev različnih tipov seizmometrov, pospeškometrov in zajemalnih enot po posameznih potresnih opazovalnicah.

Figure 1: Seismic network of Slovenia at the end of the year 2024. The deployment of various types of seismometers, accelerometers, and acquisition units across the seismic stations is presented (seizmometer = seismometer, pospeškometer = accelerometer; zajemalna enota = acquisition unit).

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

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

V tem prispevku izpostavljamo le pomembnejše točke iz internega poročila (SPO, 2025). Glavne posodobitve, ki smo jih v letu 2024 izvedli na DMPO, pa so naslednje:

- Menjave seizmometrov:
 - KOGS – nameščen seizmometer CMG-3T Sn. T311398.
 - KNDS – odstranitev in ponovna namestitev seizmometra STS2; očistili smo vse kontakte na seizmometru ter zamenjali povezovalna kabla in HostBox.
- Menjave pospeškometrov:
 - KOGS – nameščen pospeškometer Titan EA Sn. 003584.
 - SKDS – nameščen pospeškometer Titan Sn. 003585.
- Menjave zajemalnih enot:
 - BOJS – nameščena zajemalna enota Q330HRS Sn. 5797.
- Vzdrževanje nadzornih sistemov. V letu 2024 smo izvajali kontrolo omenjenega sistema na celotni mreži DMPO. Izvedli smo naslednje ukrepe:
 - BOJS – menjava RPi enote.
 - GROS – menjava plovcev in popravilo povezovalnih kablov.
 - JAVS – menjava plovca v seizmičnem jašku.
 - MOZS – čiščenje korozije na kontaktih ArduinoUno enote.
- Vzdrževanje jaškov in podporne opreme:
 - CRNS – menjava vodne črpalke v seizmičnem jašku; postavitve droga za LTE komunikacijsko anteno.
 - DOBS – menjava vodne črpalke v seizmičnem jašku.
 - GCIS – kontrola konektorjev na STS2 Host Box-u.
 - KOGS – pritrditev izolacijske posode + izolacijsko polnilo.
- Dela na komunikacijski opremi:
 - GCIS – okvara na komunikacijski opremi; le-ta prepeljana v Ljubljano na testiranje; ponovna namestitev komunikacijske opreme na lokacijo; kontrola orientacije komunikacijske antene.
 - GOLS – menjava modema na lokaciji in centrali.
 - JAVS – večkratna menjava komunikacijske opreme (več-mesečni izpad komunikacij); namestitev ustrezne (2G) komunikacijske opreme in dveh novih komunikacijskih anten.
 - LEGS – prehod is SHDSL na LTE tip komunikacij; LTE antena nameščena v zračnik.
 - LJU – menjava glavnega komunikacijskega usmerjevalnika.
 - VOJS – napeljava optike v servisni jašek; priklop na optično povezavo (menjava tipa komunikacij) še ni bil izveden.

Delovanje DMPO v letu 2024

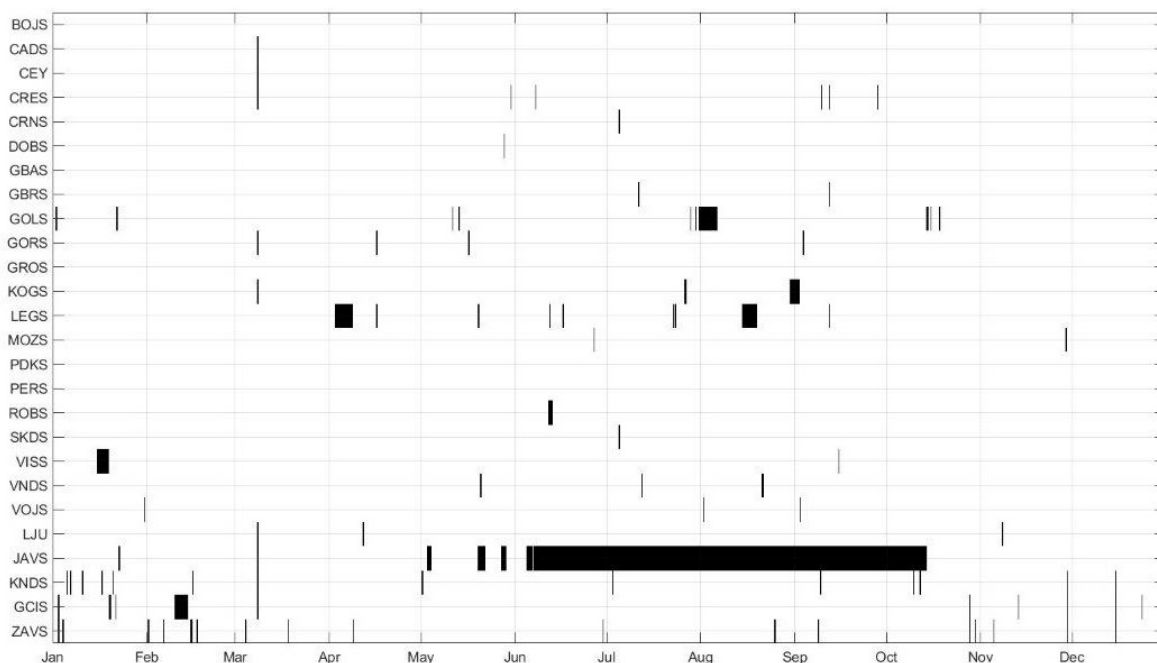
V letu 2024 je bila celotna DMPO opremljena z zajemalnimi enotami Q330HRS (Tasič, 2025). Ta tip zajemalnih enot omogoča tudi hranjenje podatkov v primeru izpada komunikacije. Z dvojnim hranjenjem podatkov na lokaciji potresne opazovalnice – na zajemalni enoti in na dodatni enoti JetBox ali RPi – do izgube podatkov zaradi daljše prekinitve komunikacije praktično ne more več priti.

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

Preglednica 1: Skupni podatki o številu izpadov in njihovem trajanju za DMPO v letu 2024.

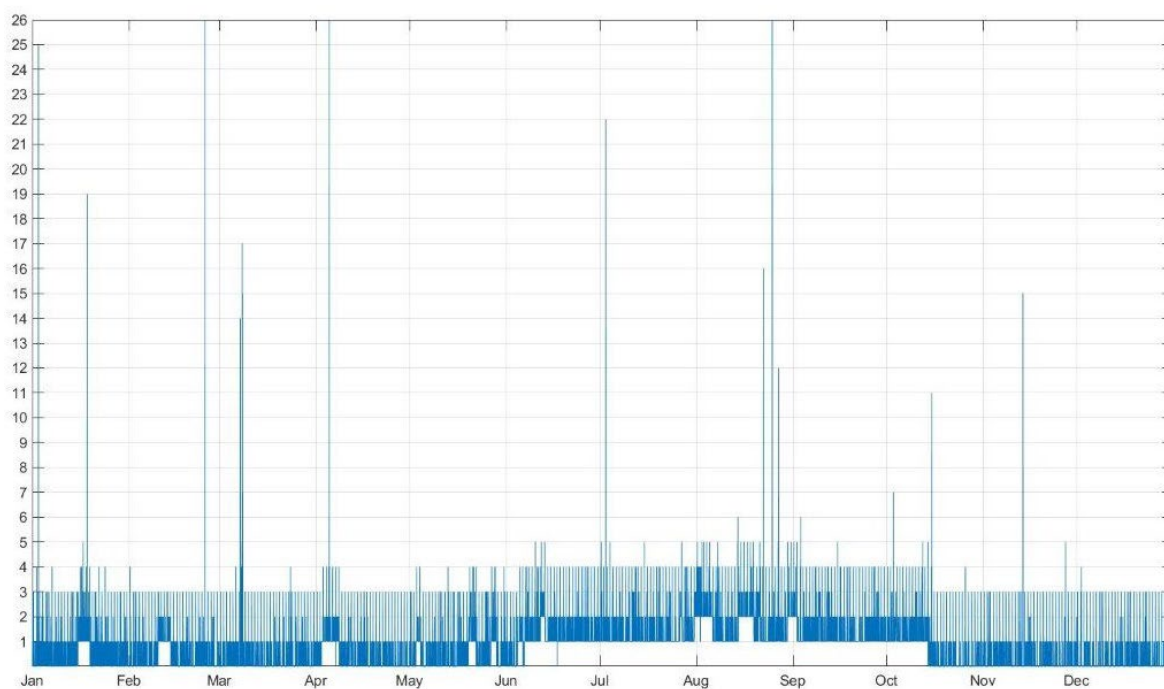
Table 1: Out-of-operation periods (OOOP) for Seismic network of Slovenia in the year 2024.

oznaka opazovalnice	število vseh izpadov	skupno trajanje vseh izpadov	število izpadov, daljših od dveh ur
station code	total number of OOOP	total duration of OOOP	number of OOOP > 2 hours
BOJS	37	0d 1h 26m	0
CADS	104	0d 6h 10m	0
CEY	43	0d 1h 13m	0
CRES	365	1d 16h 40m	1
CRNS	36	0d 0h 57m	0
DOBS	65	0d 2h 55m	0
GBAS	150	0d 2h 58m	0
GBRS	338	0d 14h 9m	0
GCIS	1971	7d 7h 44m	2
GOLS	1391	9d 8h 42m	1
GORS	135	0d 18h 47m	3
GROS	63	0d 1h 35m	0
JAVS	202	137d 10h 41m	6
KNDS	2765	3d 22h 17m	0
KOGS	42	3d 23h 11m	2
LEGS	876	13d 7h 20m	5
LJU	40	0d 20h 36m	3
MOZS	333	0d 17h 26m	2
PDKS	81	0d 10h 8m	1
PERS	227	0d 4h 27m	0
ROBS	76	1d 12h 37m	1
SKDS	49	0d 1h 21m	0
VISS	182	4d 3h 23m	1
VNDS	76	1d 2h 22m	2
VOJS	178	0d 19h 29m	0
ZAVS	3847	4d 16h 37m	0
Σ	13672	193d 15h 11min	30



Slika 2a: Pregled delovanja DMPO v letu 2024. 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 2024. Due to the resolution, only out-of-operation periods longer than three hours are shown.



Slika 2b: Pregled delovanja DMPO v letu 2024. Izpadi so označeni z modro barvo. Na ordinatni osi je podano število opazovalnic, ki so sočasno vključene v izpad.

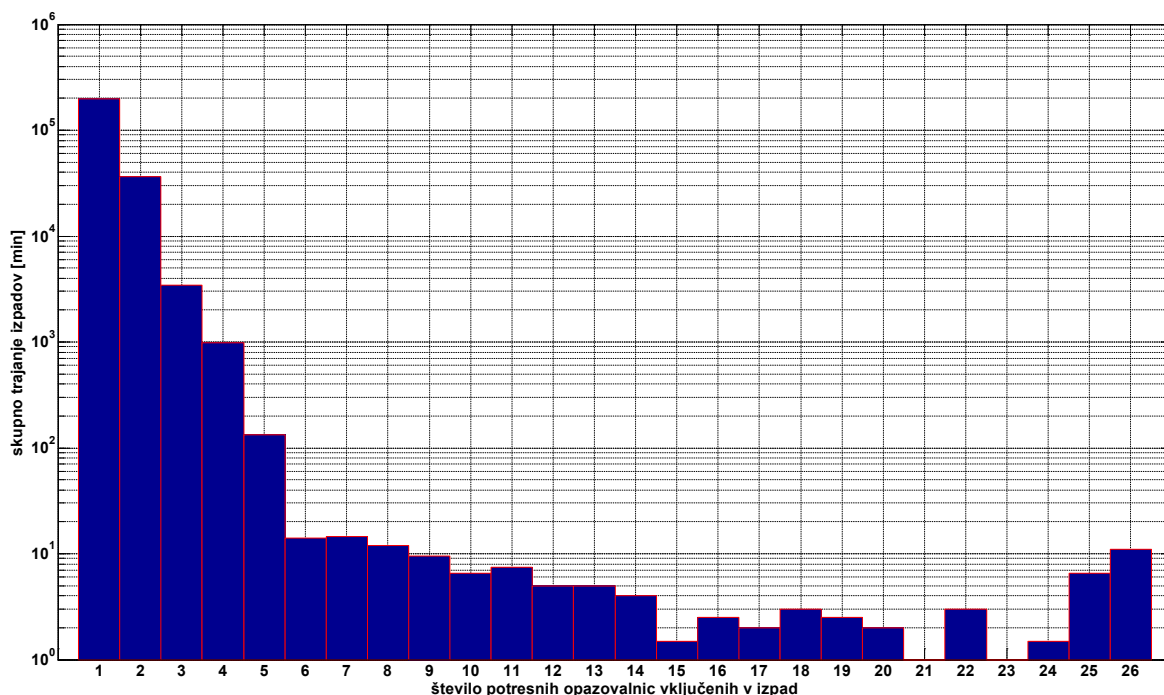
Figure 2b: An overview of out-of-operation periods (blue lines) for Seismic network of Slovenia in the year 2024. The ordinate axis shows the number of stations involved in the out-of-operation period.

V letu 2024 je bilo 21 potresnih opazovalnic opremljenih z nadzornim sistemom, ki v obeh jaških preverja vdor vode, na nekaterih lokacijah tudi temperaturo ob seizmometru. V primeru odstopanja parametrov od mejnih vrednosti nadzorni sistem o tem obvesti dežurnega instrumentalista (Mali, 2014).

Do večje izgube seizmoloških podatkov v letu 2024 ni prišlo. Celoten izplen podatkov v letu 2024 v realnem času je bil 90 %, končni pa je znašal 99,99 %. Razlika izplena je zaradi težav, ki smo jih v letu 2024 imeli s komunikacijo na potresni opazovalnici JAVS. Ta ni delovala od 6. 6. 2024 do 14. 10. 2024, a do izgube podatkov ni prišlo, ker so se ti shranili na lokalnem disku na opazovalnici, kasneje pa so bili ročno prenešeni.

Na slikah 2a in 2b je prikazan pregled delovanja DMPO v letu 2024, kjer črna barva (slika 2a) predstavlja nedelovanje oziroma izpad potresne opazovalnice. Pregled vseh izpadov ter opis najdaljših izpadov za posamezno potresno opazovalnico so podani v preglednicah 1 in 2. Večina daljših izpadov, ki so posledica izpada na komunikacijskih poteh, ne predstavlja več trajne izgube podatkov, ampak le nezmožnost analize morebitnega seizmičnega dogodka v realnem času.

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



Slika 3: Skupno trajanje izpadov več potresnih opazovalnic hkrati (leto 2024).

Figure 3: Total duration of out-of-operation periods that occurred at several seismic stations simultaneously in 2024.

Preglednica 2: Pregled najdaljših izpadov za posamezno potresno opazovalnico DMPO v letu 2024 in razlogi zanje.

Table 2: An overview and causes for the longest out-of-operation periods (OOOP's) for each station of the Seismic network of Slovenia in the year 2024.

oznaka potresne opazovalnice	nastop najdaljšega izpada datum ob h.min	trajanje najdaljšega izpada	vzrok
station code	date/time of the longest OOOP date at h.min	duration of the longest OOOP	cause
BOJS	29. 7. ob 22.22	0d 0h 17m	izpad komunikacije
CADS	23. 4. ob 8.37	0d 0h 34m	izpad komunikacije
CEY	22. 12. ob 22.40	0d 0h 11m	izpad komunikacije
CRES	9. 9. ob 7.41	0d 9h 32m	izpad na komunikacijah
CRNS	25. 2. ob 8.19	0d 0h 4m	izpad na komunikacijah
DOBS	7. 8. ob 19.39	0d 0h 18m	izpad na komunikacijah
GBAS	11. 6. ob 22.41	0d 0h 5m	izpad na komunikacijah
GBRS	14. 8. ob 4.55	0d 0h 40m	izpad na komunikacijah
GCIS	10. 2. ob 8.01	4d 1h 11m	okvara komunikacijske opreme
GOLS	2. 8. ob 8.07	3d 22h 27m	izpad na komunikacijah
GORS	3. 10. ob 20.57	0d 5h 59m	izpad na komunikacijah
GROS	17.10. ob 0.51	0d 0h 7m	izpad na komunikacijah
JAVS	17. 6. ob 11.04	137d 10h 41m	prehod na 2G omrežje – menjava komunikacijske opreme
KNDS	12. 6. ob 2.05	0d 1h 32m	izpad na komunikacijah
KOGS	30. 8. ob 6.10	3d 23h 11m	prekinjeni komunikacijski vodi
LEGS	14. 8. ob 12.43	4d 22h 5m	okvara komunikacijskih vodov – prehod na LTE
LJU	11. 4. ob 19.51	0d 9h 53m	izpad na komunikacijah
MOZS	28. 11. ob 23.02	0d 2h 52m	izpad na komunikacijah
PDKS	15. 10. ob 8.36	0d 3h 46m	izpad na komunikacijah
PERS	7. 8. ob 19.44	0d 0h 5m	izpad na komunikacijah
ROBS	11. 6. ob 23.52	1d 10h 14m	izpad električnega napajanja
SKDS	5. 7. ob 3.10	0d 0h 4m	izpad na komunikacijah
VISS	15. 1. ob 13.53	3d 21h 7m	napaka na komunikacijskih vodih
VNDS	20. 8. ob 21.21	0d 14h 43m	izpad napajanja
VOJS	2. 5. ob 7.13	0d 1h 7m	izpad na komunikacijah
ZAVS	24. 2. ob 16.07	0d 1h 55m	izpad na komunikacijah

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

število opaz. / no. of stations	dolžina trajanja izpadov / length of OOP [min]						
	0–5 min	5–15 min	15–30 min	30–45 min	45–60 min	60–120 min	>120 min
2	4823	383	84	43	33	52	67
3	1099	83	13	4	3	0	0
4	288	12	0	1	0	1	0
5	47	1	0	0	0	0	0
6	5	0	0	0	0	0	0
7	4	0	0	0	0	0	0
8	2	0	0	0	0	0	0
9	2	0	0	0	0	0	0
10	3	0	0	0	0	0	0
11	2	0	0	0	0	0	0
12	1	0	0	0	0	0	0
13	2	0	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0	0	0
15	0	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	1	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
22	1	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
25	3	0	0	0	0	0	0
26	5	0	0	0	0	0	0

Zaključek

Predstavili smo povzetek analize delovanja DMPO v letu 2024 in najpomembnejše izvedene posodobitve. Ugotovili smo, da se izpadi (prekinitve v komunikaciji s posamezno potresno opazovalnico) pojavljajo neprestano. Medtem, ko je vzrok krajših izpadov vedno prekinitev na komunikacijah, pa so vzroki daljših izpadov raznovrstni in jih v grobem lahko delimo v tri skupine. V prvi skupini so problemi oskrbe z električno energijo, v drugo skupino sodijo izpadi, ki so povezani s komunikacijsko potjo in opremo, v tretjo skupino pa uvrščamo okvare na seizmološki opremi (na seizmometrih ali zajemalnih enotah). S podpornimi sistemi, ki jih razvijamo in dopolnjujemo ter z rednimi posodobitvami in testiranjem seizmološke merilne opreme, zmanjšujemo število in dolžino izpadov zaradi vseh naštetih vzrokov.

Podali smo tudi analizo izpadov več potresnih opazovalnic hkrati. V letu 2024 smo imeli 5 izpadov, v katere je bila vključena celotna DMPO. Posebno pozornost smo namenili predvsem tako imenovanim kritičnim izpadom, pri katerih več kot 75 % potresnih opazovalnic (20 ali več) izpade za več kot 5 minut. V letu 2024 tovrstnih izpadov ni bilo.

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

Literatura

- Mali, M., 2014. Nadzorni sistem za kontrolo nivoja vode in stabilnosti temperature. Potresi v letu 2013, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo, Ljubljana. ISSN 1318-4792.
- Mali, M., Tasič, I., Pančur, L., 2008. Vpliv brezprekinitvenega napajanja na delovanje potresne opazovalnice. Potresi v letu 2007, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo, Ljubljana. 54 – 59. ISSN 1318-4792.
- SPO, 2025. Državna mreža potresnih opazovalnic, delovanje v letu 2024. Interno poročilo, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
- Tasič, I., 2025. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2024, Potresi v letu 2024, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. ISSN 1318-4792.

Kazalo