POTRESNE OPAZOVALNICE V SLOVENIJI V LETU 1996
SEISMIC NETWORK IN SLOVENIA IN 1996

Peter Sinčič, Renato Vidrih, Manfred Deterding

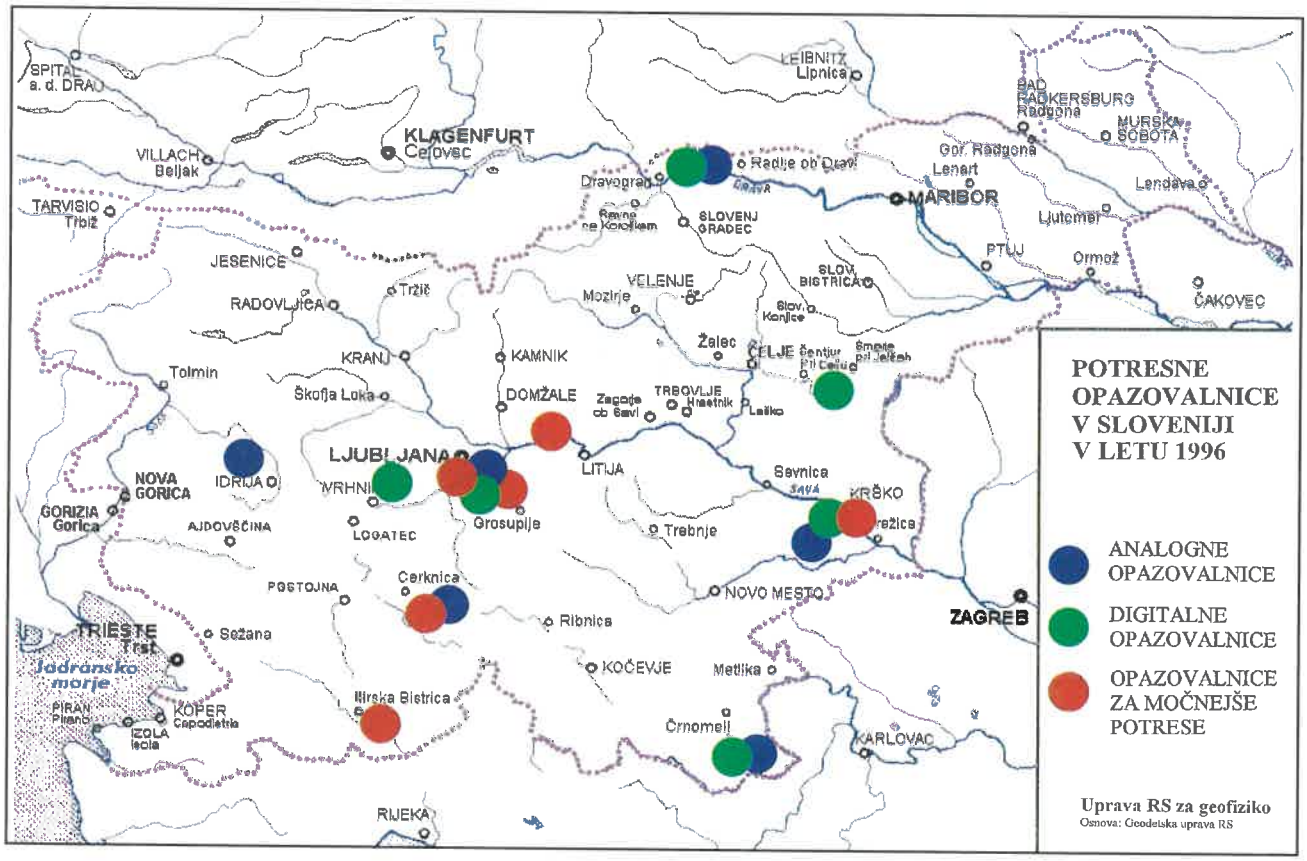
Izvleček. Konec leta 1996 je na ozemlju Republike Slovenije delovalo sedem stalnih potresnih opazovalnic, opremljenih z različnimi vrstami analognih in digitalnih seizmografov. V tem letu smo zgradili dve novi potresni opazovalnici, prvo v vasi Cesta nad Krškim in drugo v Dobrini na Kozjanskem. Z zgraditvijo jaška v Braniku nad Muto, v katerega smo preselili senzor iz stavbe, smo začasno opazovalnico spremenili v stalno potresno opazovalnico. V novi opazovalnici v Dobrini (DOBS) ter v že obstoječih potresnih opazovalnicah v Ljubljani (LJU), v Bojancih (VBY) in v Braniku nad Muto (BISS) smo postavili digitalne seizmografe, ki so povezani v omrežje. Prenos podatkov v centralni računalnik v observatoriju na Golovcu v Ljubljani poteka po klicnih telefonskih linijah iz oddaljenih opazovalnic, iz seizmografa, ki beleži potrese v observatoriju, pa po računalniškem omrežju. Stalni opazovalnici v Goričicah pri Cerknici (CEY) in na Vojskem (VOY) ter začasna v Brezju pri Senušah (KBZ) na obrobju Krško-Brežiškega polja so opremljene z analognimi seizmografi. Občasno je digitalni seizmograf nameščen v Horjulu.

Abstract. There are seven permanent earthquake monitoring stations within the Republic of Slovenia at the end of 1996. The stations are equipped with different types of analogue and digital seismographs. The oldest and central monitoring station of the Republic of Slovenia's Office for Geophysics, located at the observatory in Golovec in Ljubljana, is equipped with analogue long-period and short-period seismographs with optical recording on photographic paper, a short-period seismograph with visible recording and with wide-range digital seismographs. An earthquake monitoring station was built in Goričice at Lake Cerkno in 1975. A wide-range digital seismograph was supplied in 1996 to supplement the existing three-component short-period analogue seismograph. In January 1985, the third earthquake monitoring station in Slovenia, located at Vojsko above Idrija, started to operate. It was initially equipped with an analogue short-period seismograph with a vertical component. The horizontal components were added a few years later. The following year, the earthquake monitoring station at Bojanca in Bela Krajina was expanded. Similarly, it was equipped with an analogue short-period seismograph with a vertical component. In 1996, a wide-range digital seismograph was added together with a facility to transmit data to the main office in Ljubljana via a telephone line. In order to monitor seismic activity in the Krško-Brežiško field, a temporary earthquake monitoring station was erected in 1990. It was equipped with a single-component mobile analogue seismograph at Brezje pri Senušah. An earthquake monitoring station was set up at Cesta above Krško in 1996. Originally, a mobile wide-range

digital seismograph saving data on magnetic tape was installed there. In 1997, this was replaced by a seismograph transmitting data to the main office using the state computer network. Because of the possibility of increased seismic activity due to an electricity power plant lake being filled up in neighbouring Austria, a temporary earthquake monitoring station was installed at Branik above Muta in 1991. It was equipped with a single component mobile analogue seismograph. A shaft was built and a wide-range digital seismograph was installed, transmitting data to the main office via telephone lines in 1996. In the same year, an earthquake monitoring station at Dobrina on Kozjansko commenced operation. It is equipped with the same type of seismograph as Branik. A mobile digital seismograph saving data on magnetic tape also operates from time to time at Horjul.

Uvod

Najstarejša in osrednja opazovalnica Uprave RS za geofiziko v observatoriju na Golovcu v Ljubljani je opremljena z analognima dolgoperiodnim in kratkoperiodnim seizmografom z optičnim zapisom na fotografski papir, kratkoperiodnim seizmografom z vidljivim zapisom ter s širokopasovnimi digitalnimi seizmografi. Leta 1975 je bila zgrajena potresna opazovalnica v Goričicah pri Cerkniškem jezeru. Analognemu trikomponentnemu kratkoperiodnemu seizmografu se je leta 1996 pridružil digitalni širokopasovni seizmograf. Januarja 1985 je začela delovati tretja potresna opazovalnica na Slovenskem, ki smo jo postavili v Vojskem nad Idrijo (Trnkoczy, Vidrih, 1986). V začetku je bila opremljena z analognim kratkoperiodnim seizmografom z vertikalno komponento, nekaj let kasneje pa sta bili dodani še horizontalni komponenti. Naslednje leto je bila dograjena potresna opazovalnica v Bojancih v Beli krajini, prav tako opremljena z analognim kratkoperiodnim seizmografom z vertikalno komponento. Leta 1996 je bil dodan širokopasovni digitalni seizmograf s prenosom podatkov po klicni telefonski liniji v centralo v Ljubljani. Za opazovanje seizmičnosti Krško-Brežiškega polja je bila leta 1990 postavljena začasna potresna opazovalnica z enokomponentnim prenosnim analognim seizmografom v Brezju pri Senušah, leta 1996 pa je bila postavljena potresna opazovalnica v Cesti nad Krškim. Tu je bil na začetku postavljen prenosni širokopasovni digitalni seizmograf s shranjevanjem podatkov na magnetni trak. Letos smo ga zamenjali s seizmografom s prenosom podatkov po državnem računalniškem omrežju v centralo. Zaradi možnosti povečanja seizmičnosti ob polnjenju akumulacijskega jezera v sosednji Avstriji je bila leta 1991 v Braniku nad Muto postavljena začasna potresna opazovalnica, z enokomponentnim prenosnim analognim seizmografom. Leta 1996 je bil zgrajen jašek in postavljen širokopasovni digitalni seizmograf s prenosom podatkov po klicni telefonski liniji v centralo. Leta 1996 je začela delovati potresna opazovalnica v Dobrini na Kozjanskem. Opremljena je z enakim seizmografom. Občasno deluje v Horjulu prenosni digitalni seizmograf s shranjevanjem podatkov na magnetni medij (Sinčič, Vidrih, 1993, 1995).



Slika 1. Potresne opazovalnice v Sloveniji.
Figure1. Seismic network in Slovenia.

Opis potresnih opazovalnic

V Ljubljani (LJU) so instrumenti za beleženje potresov postavljeni v Observatoriju na Golovcu. Opazovalnica je zgrajena v karbonskih peščenjakih, ki v seizmogeološkem smislu pomenijo srednje ugodna tla. Opazovalnica ima koordinati 14.53°E in 46,04°N, leži pa na nadmorski višini 396 m. Postaja sodi med potresne opazovalnice prvega reda, kar pomeni, da beleži kratkoperiodne in dolgoperiodne potresne valove na velikih razdaljah ter je del svetovnega omrežja. Da bi bili podatki zanimivi za svetovno mrežo, morajo ustrezati svetovnim standardom. Enako velja za opremo in njeno delovanje. Dolgoperiodni sistem sestavljajo vertikalni in dva horizontalna seizmometra Sprengnether, galvanometri Lehner & Griffith pa zapisujejo signale s svetlobnim žarkom na fotopapir na pisaču Sprengnether. Povečava sistema je 1 300/1 s (vertikalna komponenta). V pogonu je tudi kratkoperiodni sistem podjetja Lehner & Griffith z zapisom na fotopapir. Povečava tega sistema je 12 000/1 s (vertikalna komponenta). Sistem z vidljivimi zapisi sestavljajo seizmometri Willmore MK-II, seizmografski ojačevalniki SO-01, ki so jih razvili strokovnjaki Seizmološkega zavoda, ter pisači Gűnter Volk z galvanometri Astromed. Maksimalna povečava vidljivega sistema je 46 700/0,4 s (vertikalna komponenta). Vsi zapisi so opremljeni s časovnimi signali, ki jih daje natančna ura. Elektronsko uro UK-03 so prav tako skonstruirali in izdelali strokovnjaki Uprave RS za geofiziko, njeno natančnost pa nadzorujemo s signali sprejemnika časovnih signalov DCF 77. Z letom 1990 je v

potresni opazovalnici na Golovcu začel delovati trikomponentni digitalni seizmograf SSR-1 s širokopasovnimi seizmometri WR-1 podjetja Kinemetrics. Leta 1993 je bil vključen 6-kanalni digitalni seizmograf 72A-02 podjetja Reftek. Na prvih treh kanalih je izmenoma priključen trikomponentni akcelerometer FBA-23 in širokopasovni seizmometri Sensonics, na drugih treh pa širokopasovni trikomponentni seizmometer Guralp CMG-40T. Oba seizmografa imata 16-bitno analogno-digitalno pretvorbo. Medtem ko deluje seizmograf SSR-1 v prožilnem načinu delovnja in s frekvenco vzorčenja analogno-digitalnega pretvornika 200 vzorcev v sekundi, pa seizmograf 72A-02 omogoča sočasno zajemanje podatkov v prožilnem načinu s frekvenco vzorčenja 125 vzorcev v sekundi za zapisovanje kratkoperiodnih pojavov in v kontinuiranem načinu s frekvenco vzorčenja 5 vzorcev na sekundo za beleženje dolgoperiodnih pojavov. Leta 1996 postavljeni digitalni seizmograf podjetja Nanometrics sestavljajo širokopasovni trikomponentni seizmometer Guralp CMG-40T, 16-bitni analogno-digitalni pretvornik s tristopenjskim samonastavljivim predojačenjem RD1603 in osebni računalnik s sprejemnikom točnega časa GPS in programsko opremo, ki skrbi za zajem podatkov in za komunikacijo s centralnim računalnikom. Na centralnem računalniku programska oprema zbira podatke iz oddaljenih opazovalnic. Centralni računalnik po določenem urniku, ki je nastavljiv, kliče oddaljene opazovalnice in od njih zahteva podatke o proženjih. Na podlagi teh podatkov poskuša določiti dogodke, nato pa pošlje zahtevo za prenos zapisov dogodkov v centralno opazovalnico. Komunikacija deluje na principu elektronske pošte (Vidrih, Sinčič, 1997).

Potresna opazovalnica v Cerknici (CEY) stoji na spodnjejurskih apnencih, ki so ugodna seizmogeološka podlaga. Koordinati opazovalnice sta 14,43°E in 45,74°N, nadmorska višina pa je 579 m. Merilni sistem sestavljajo vertikalni in horizontalna seizmometra Willmore MK-II, seizmografski ojačevalniki SO-01 in pisači Gűnter Volk z galvanometri Astromed ter uro UK-03. Povečava je zaradi mirnejše lokacije večja kot v Ljubljani in znaša 82 200 pri 0,5 s (vertikalna komponenta).

Opazovalnica na Vojskem (VOY) leži na seizmogeološko zelo ugodni podlagi, ki jo sestavljajo zgornjetriasni dolomiti, na koordinatah 13,89°E in 46,03°N. Nadmorska višina opazovalnice je 1073 m. Opazovalnica je opremljena z vertikalnim in dvema horizontalnima seizmometroma Willmore MK-II, s seizmografskimi ojačevalniki SO-03 (razvil jih je Seizmološki zavod), pisači Kinemetrics VR-2 in uro UK-03. Povečava seizmografa na Vojskem je 557 000 pri 0,1 s (vertikalna komponenta).

Četrta opazovalnica v Bojancih (VBY) je bila do leta 1996 enokomponentna. Zgrajena je v krednem apnencu, ki je zelo dobra seizmogeološka podlaga. Koordinati opazovalnice sta 15,26°E in 45,50°N, nadmorska višina pa 259 m. Seizmograf sestavljajo vertikalni seizmometer Vegik, seizmografski ojačevalnik SO-03, pisač Kablar I z galvanometrom Astromed ter uro UK-03. Sistem deluje s povečavo 116 600 pri 0,5 s. V tem letu ji je bil dodan trikomponentni digitalni seizmograf podjetja Nanometrics s širokopasovnim trikomponentnim senzorjem Guralp CMG-

40T, pošiljanje podatkov v centralni računalnik v Ljubljani pa poteka po klicni telefonski liniji na zahtevo centralnega računalnika.

Potresna opazovalnica v Braniku nad Muto (BISS), ki beleži seizmične pojave v bližini jezu HE Golica, je locirana v objektu, zgrajenem v metamorfnih kamninah, ki so v seizmogeološkem pogledu ugodne. Koordinati opazovalnice sta 15,13°E in 46,65°N, nadmorska višina pa 480 m. Na travniku nad objektom je bil zgrajen jašek in vanj postavljena seizmometra Vegik in v tem letu Guralp CMG-40T. Vertikalni kratkoperiodni seizmometer Vegik je priključen na prenosno analogno opazovalnico PS-2 podjetja Kinemetrics. Trikomponentni širokopasovni seizmometer Guralp CMG-40T je priključen na digitalni seizmograf firme Nanometrics in priključen na omrežje. Komunikacija s centralnim računalnikom poteka po klicni telefonski liniji.

Nova potresna opazovalnica v Dobrini (DOBS) je opremljena z enakim digitalnim seizmografom in ima enak način prenosa podatkov kot prejšnji dve. Seizmometer leži skupaj z analogno-digitalnim pretvornikom v jašku, osebni računalnik s sprejemnikom točnega časa GPS pa je nameščen v kiosku. Opazovalnica je zgrajena na laporjih, ki prehajajo v apnenec in dolomit ladinijske starosti (srednji trias). Njeni koordinati sta 15,47°E in 46,15°N, nadmorska višina je 428 m.

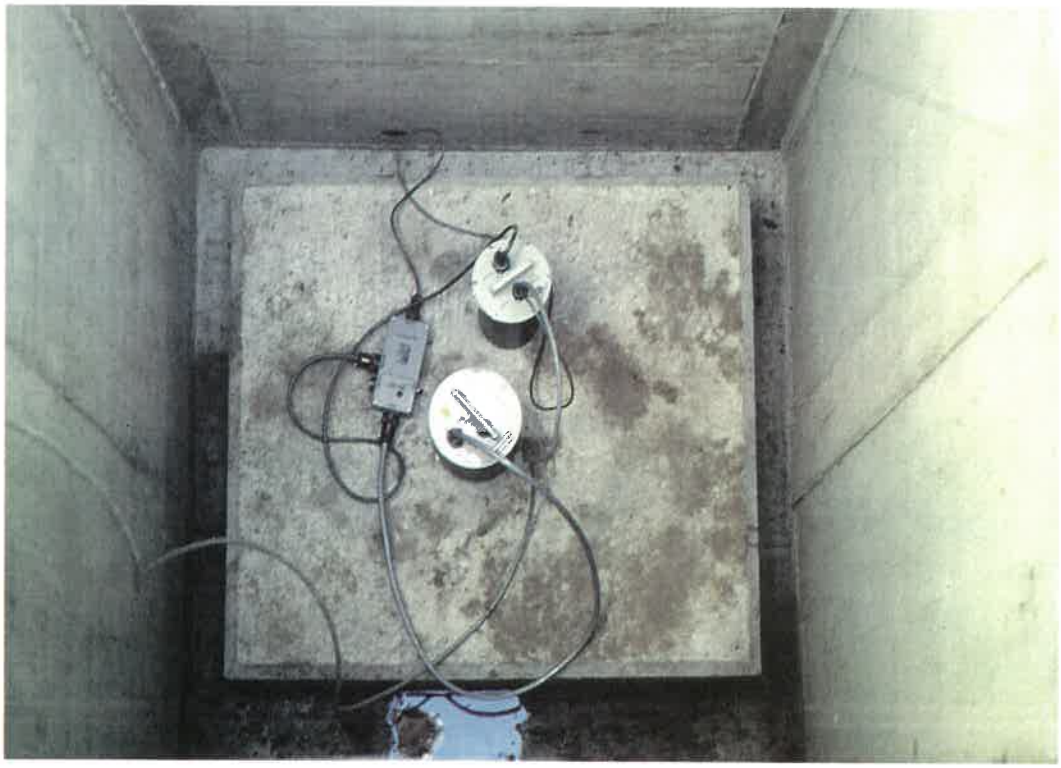
Druga nova potresna opazovalnica (CESS) je zgrajena v vasi Cesta nad Krškim. Opremljena je s prenosnim digitalnim seizmografom 72A-07/DAT podjetja Reftek s shranjevanjem podatkov na DAT-kasete. Kaseto z zapisi se enkrat mesečno zamenja s prazno. Seizmograf je nameščen v omarici, postavljeni na podlago iz svetlosivega neplastnatega dolomita ladinijske starosti (zgornji trias). Napajanje seizmografa je avtonomno s sončnimi celicami. Koordinati opazovalnice sta 15,46°E in 45,97°N. Opazovalnica leži na nadmoski višini 382 m.

Uprava RS za geofiziko ima tudi dve začasni opazovalnici. Prva je postavljena v Brezju pri Senušah pri Krškem (KBZ). Opremljena je s prenosnim analognim enokomponentnim seizmografom Kinemetrics Ps-2. Postavljena je v objektu, ki je zgrajen na krednih apnencih v izmenjavi z laporji, kar je dovolj ugodna seizmogeološka podlaga. Koordinati opazovalnice sta 15,44°E in 45,94°N, nadmorska višina pa 215 m.

Druga opazovalnica je v Horjulu. V njej je občasno beleži potrese digitalni prenosni seizmograf 72A-07/DAT s shranjevanjem podatkov na DAT-kasete. Opazovalnica leži na lapornatem apnencu, ki ponekod prehaja v dolomit in peščen skrilavec skitske starosti (spodnji trias). njeni koordinati sta 14,30°E in 46,02°N, nadmorska višina je 221m.

Leta 1996 je bil začasno postavljen prenosni seizmograf zaradi vrste popotresnih sunkov po potresu v bližini Žalca. Od 5. do 11. oktobra je bil prenosni digitalni seizmograf 72A-02/DAT postavljen na lokaciji v Dobrini, potem pa smo ga preselili bližje epicentralnemu območju. Namestili smo ga v lovskem domu na Sv. Jedrti, kjer je beležil nihanje tal do 5. decembra, ko smo prenehali z beleženjem.

Slika 2. Potresna opazovalnica v Dobrini.
Figure 2. Seismic station in Dobrina.



Slika 3. Pogled na seizmometer in analogno-digitalni pretvornik v 4m globokem jašku.
Figure 3. View of seismometer and AD converter in 4m deep shaft.

Potresne opazovalnice so v letu 1996 zabeležile 2535 seizmičnih dogodkov, od tega 569 oddaljenih, 1307 regionalnih in 463 lokalnih potresov. Seizmografi so zapisali tudi 169 umetnih potresov (preglednica).

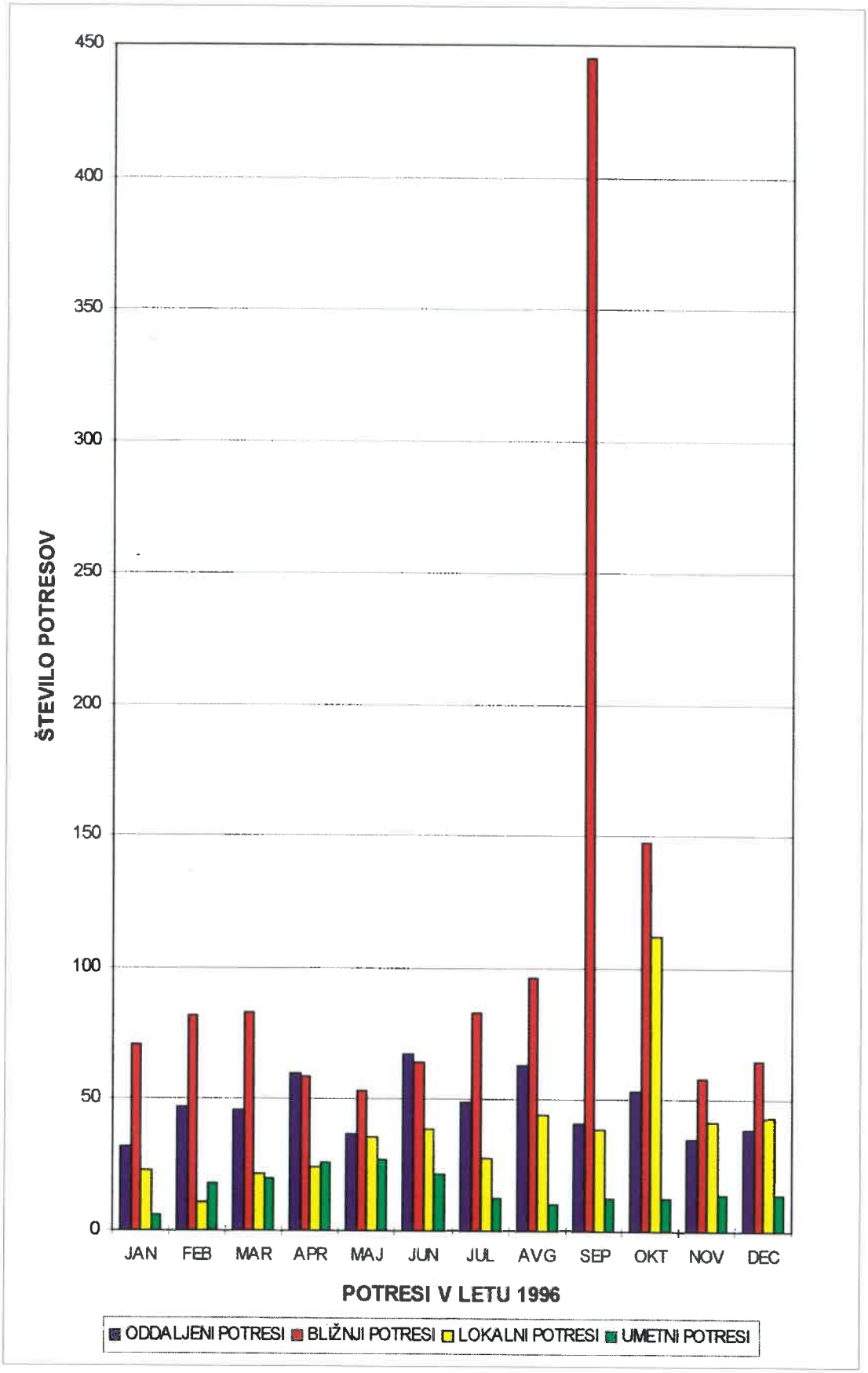
Preglednica: Potresi v letu 1996, zabeleženi na slovenskih potresnih opazovalnicah
Table: Earthquakes in 1996 recorded at Slovenian earthquake stations.

Mesec	Oddaljeni potresi	Regionalni potresi	Lokalni potresi	Prebivalci čutili	Umetni potresi	Skupaj
Month	Distant earthquakes	Regional earthquakes	Local earthquakes	Felt by inhabitants	Artificial	Total
Januar January	32	71	23	1	6	132
Februar February	47	82	11	0	18	158
Marec March	46	83	22	0	20	171
April April	60	59	24	6	26	169
Maj May	37	53	36	0	27	153
Junij June	67	64	39	1	22	192
Julij July	49	83	28	1	13	173
Avgust August	63	96	44	3	10	213
September September	41	445	39	12	13	538
Oktober October	53	148	112	>10*	13	326
November November	35	58	42	1	14	149
December December	39	65	43	9	14	161
Skupaj Total	569	1307	463		169	2535

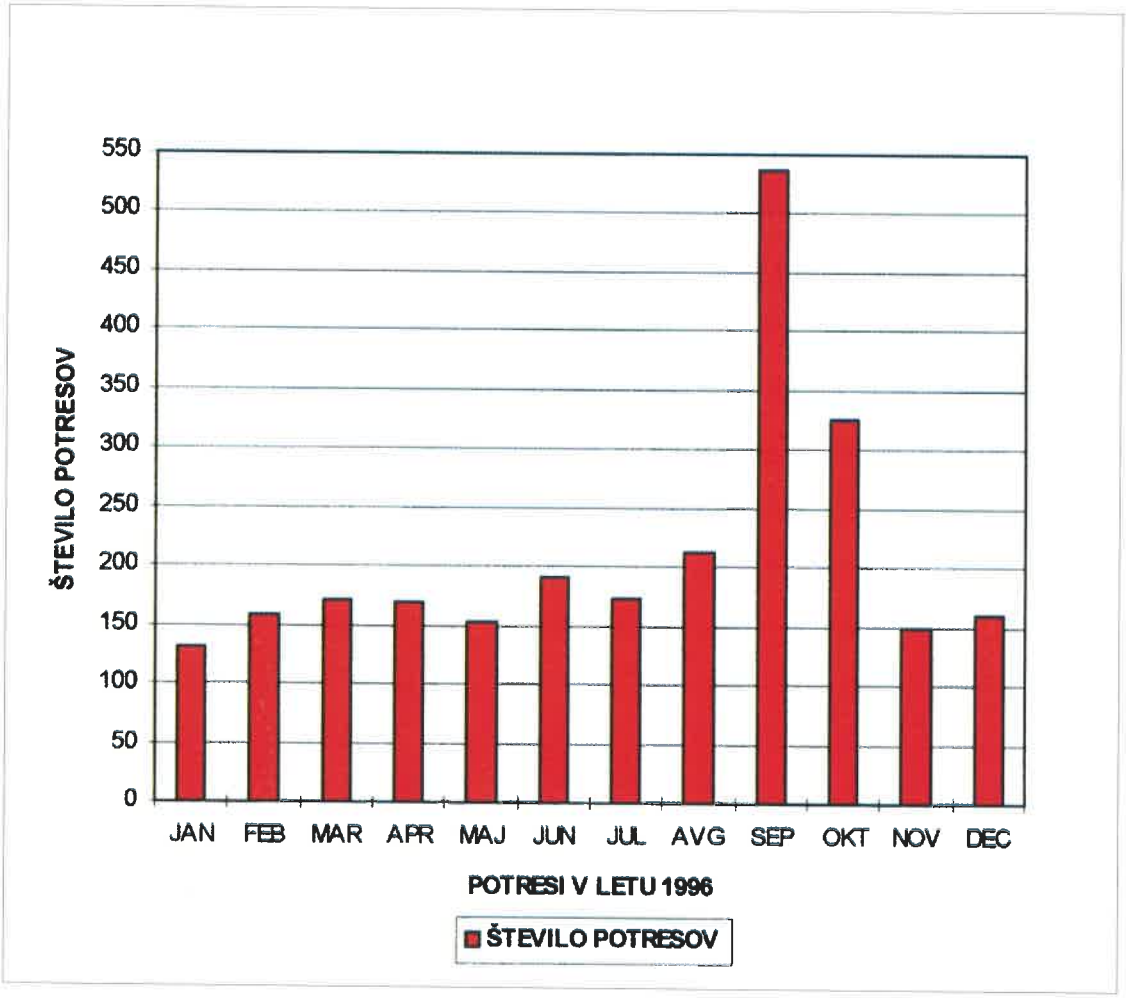
Oddaljeni potresi / Distant earthquakes	$\Delta > 10°$ (> 1100 km)
Regionalni potresi / Regional earthquakes	$\Delta < 10°$ (< 1100 km)
Lokalni potresi / Local earthquakes	$\Delta \approx 1{,}5°$ (≈ 160 km)

* Točno število potresov, ki so jih čutili prebivalci Savinjske doline ni mogoče ugotoviti. Vsekakor pa to število presega 50 potresov.

* The exact number of earthquakes felt by the inhabitants of the Savinjska dolina district cannot be determined.



Slika 4. Porazdelitev naravnih in umetnih potresov.
Figure 4. Distribution of earthquakes and artificials by months.



Slika 5. Skupno število seizmičnih dogodkov po mesecih.
Figure 5. Distribution of all seismic events by months.

Literatura

Digital Seismograph System, User Guide and Reference Manual, 1995. Nanometrics, Kanata, Kanada.

Operations Reference Manual for 72A Series Data Acquisition System, 1994. Reftek, Dallas, Združene države Amerike.

Operation Instructions for Model SSR-1 Solid State Recorder, 1989. Kinemetrics, Pasadena, Združene države Amerike.

Sinčič P.,Vidrih R., 1993. Mreža potresnih opazovalnic v Sloveniji. Ujma št.7, 130-137, Ljubljana.

Sinčič P.,Vidrih R., 1995. Gradnja potresne opazovalnice. Ujma št. 9, 185-189, Ljubljana.

Trnkoczy, A., Vidrih R., 1986. Seizmološka stanica Vojsko (VOY) u SR Sloveniji. Acta seismologica Iuguslavica, 12, 17-34, Beograd.

Vidrih R., Sinčič P., 1997. Potresne opazovalnice v Sloveniji. Povzetki referatov; 13. posvetovanje slovenskih geologov, 39-40, Ljubljana.