

POTRESNE OPAZOVALNICE V SLOVENIJI V LETU 2005

SEISMIC NETWORK IN SLOVENIA IN 2005

Peter Sinčič, Renato Vidrih, Izidor Tasič, Mladen Živčić, Tatjana Prosen

Povzetek. V letu 2005 smo po projektu Modernizacija državne mreže potresnih opazovalnic PM 2000 v omrežje vključili potresni opazovalnici na Možjanci (MOZS) in na Črnem Vrhu (CRNS). Konec leta je na ozemlju Republike Slovenije delovalo 24 stalnih potresnih opazovalnic, opremljenih z digitalnimi seizmografi in prenosom podatkov po računalniškem omrežju v središče za obdelavo v Ljubljani. Na opazovalnicah na Vojskem in na observatoriju na Golovcu v Ljubljani še vedno delujeta analogna seizmografa z zapisom s črnilom na papir. Po potresu 14. januarja na Cerkljanskem smo postavili dva prenosna inštrumenta, prvega na Petrovem Brdu in drugega v Cerknem. Po potresu, ki je nastal 24. aprila jugovzhodno od Ilirske Bistrice pa smo postavili prenosna inštrumenta v Gornjem Zemonu in Novokračinah za beleženje popotresne aktivnosti.

Abstract. In the year 2005 two new seismic stations started recording on Možjanca (MOZS) and Črni Vrh (CRNS) according to the project of the modernization of the state seismic network PM 2000. At the end of the year the seismic network consisted of 24 seismic stations equipped with digital seismographs and data transmission over the computer network to the Data Centre at the Seismology and Geology Office in Ljubljana. There are still analogue seismographs in operation at seismic station Vojsko (VOJS) and at observatory on Golovec above Ljubljana using ink records on paper. There were two portable instruments installed in Petrovo Brdo and Cerkno after the earthquake on January 14, 2005. After the earthquake on April 24, 2005 that occurred southeast from Ilirska Bistrica, portable accelerographs were installed in Gornji Zemon and Novokračine.

Uvod

Najstarejša in osrednja opazovalnica Agencije RS za okolje, kjer so začeli z beleženjem potresov leta 1958, se nahaja na observatoriju na Golovcu v Ljubljani (LJU) in je danes opremljena s kratkoperiodnim seizmografom z vidljivim zapisom ter s širokopasovnimi digitalnimi seizmografi. Leta 1975 je bila zgrajena potresna opazovalnica CEY v Goričicah pri Cerkniškem jezeru. Opremljena je bila z analognim trikomponentnim kratkoperiodnim seizmografom, ki mu je bil leta 1997 dodan digitalni širokopasovni seizmograf. Januarja 1985 je na Slovenskem začela delovati tretja potresna opazovalnica VOY, ki smo jo postavili na Vojskem nad Idrijo (Trnkoczy in Vidrih, 1986). V začetku je bila opremljena z analognim kratkoperiodnim seizmografom z vertikalno komponento, januarja leta 1991 pa sta bili dodani še horizontalni komponenti. Leta 1986 je bila zgrajena potresna opazovalnica VBY v Bojancih v Beli krajini, ki je bila prav tako opremljena z analognim kratkoperiodnim seizmografom z vertikalno komponento. Leta 1996 smo ji dodali širokopasovni digitalni seizmograf s prenosom podatkov po klicni telefonski liniji v središče za obdelavo podatkov (SOP) v Ljubljani. Za opazovanje seizmičnosti Krško - Brežiškega polja je bila leta 1990 postavljena začasna potresna opazovalnica KBZ z enokomponentnim prenosnim analognim seizmografom v Brezju pri Senušah, leta 1996 pa še opazovalnica CESS v Cesti nad Krškim. Tu je bil na začetku nameščen prenosni širokopasovni digitalni seizmograf s shranjevanjem podatkov na magnetni trak, ki smo ga leta 1997 zamenjali s seizmografom s prenosom podatkov po državnem računalniškem omrežju v SOP. Zaradi možnosti povečanja

seizmičnosti ob polnjenju akumulacijskega jezera v sosednji Avstriji je bila leta 1991 postavljena začasna potresna opazovalnica BISS z enokomponentnim prenosnim analognim seizmografom v Braniku nad Muto. Leta 1996 ji je bil zgrajen jašek za senzor in postavljen širokopasovni digitalni seizmograf s prenosom podatkov po klicni telefonski liniji v SOP. Leta 1996 je začela delovati potresna opazovalnica DOBS v Dobrini na Kozjanskem. Opremljena je z enakim digitalnim seizmografom kot v Braniku nad Muto. V Horjulu občasno deluje prenosni digitalni seizmograf s shranjevanjem podatkov na magnetni medij (Sinčič in Vidrih, 1993, 1995). V okviru projekta modernizacije državnega omrežja potresnih opazovalnic PM 2000 smo leta 2001 v Ljubljani vzpostavili novo središče za zajem in analizo podatkov (SOP). V opazovalnice v Ljubljani, Goričicah, Dobrini in jedrsko elektrarno v Krškem smo namestili nove digitalne seizmografe ter začeli z gradnjo novih opazovalnic, najprej na območju Krškega, nato pa tudi drugod po Sloveniji, tako da smo v letu 2002 vključili v omrežje sedem novih potresnih opazovalnic, leta 2003 štiri, naslednje leto tri nove opazovalnice in modernizirani dve stari (Bojanci in Vojsko) ter v letu 2005 dve novi potresni opazovalnici (slika 1).

Analogne potresne opazovalnice

Urad za seizmologijo in geologijo uporablja za beleženje potresov tudi analogne seizmografe (preglednica 1). Analogni seizmograf sestavljajo seizmometer, seizmografski ojačevalnik z ustreznimi filtri in pisač z zapisom s črnilom na navaden papir. Slabost analognih seizmografov je majhno dinamično območje (40 – 45 dB) in resolucija. Šibkih potresov zaradi majhne resolucije ni možno analizirati, močni potresi pa prekrmilijo inštrument in je zapis potresa manj uporaben. Druga, še večja pomankljivost je, da pri obdelavi potresov ne moremo uporabljati računalnika, saj danes večji del analiz temelji na računalniški obdelavi. Analogni seizmografi v letu 2005 še vedno delujejo na potresnih opazovalnicah na observatoriju na Golovcu v Ljubljani, na Vojskem in v Brezjah pri Senušah.

Digitalne potresne opazovalnice

Pri digitalnih sistemih je seizmometer analogen instrument, vsa ostala oprema je digitalna. Dinamično območje in resolucija sta veliko večja kot pri analognih sistemih, in sta v glavnem določena s številom bitov analogno-digitalnega pretvornika. Dinamično območje digitalnih seizmografov je 140 dB in ga lahko dosežemo na dva načina. Z metodo spreminjanja ojačenja se samodejno spremeni ojačenje v odvisnosti od velikosti amplitude seizmičnega signala in s tem preprečimo prekrmljenje sistema pri močnejših potresih. S tem načinom lahko močno povečamo dinamično območje sistema, resolucija pa ostane nespremenjena. Pri spremembi ojačenja pride tudi do popačenja podatkov, zato se danes uporablja 24-bitna analogno-digitalna pretvorba s konstantnim ojačenjem ojačevalnika na vhodu.

V potresni opazovalnici na Golovcu v Ljubljani je leta 1990 začel delovati prvi digitalni instrument, šestkanalni digitalni seizmograf s seizmometri WR-1 in trikomponentnim akcelerometrom FBA-23 podjetja Kinometrics. Seizmograf ima 16-bitni analogno/digitalni pretvornik in deluje v prožilnem načinu delovanja in s frekvenco vzorčenja 200 vzorcev na

sekundo. V letu 2005 je deloval seizmograf redno do 18. marca, nato občasno še do začetka oktobra, nato pa je zaradi okvare dokončno nehal z beleženjem potresov.

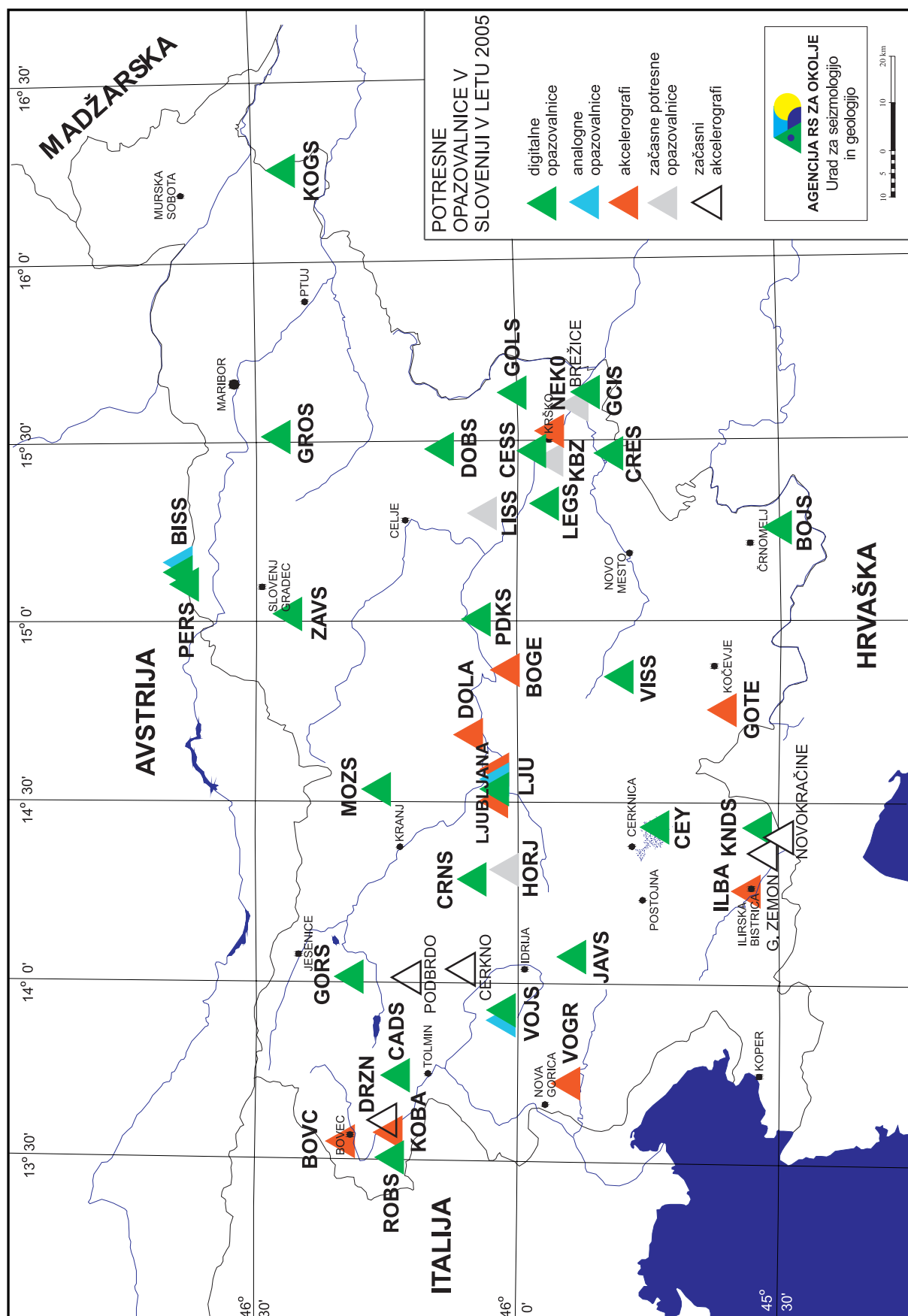
opaz. station	ozn. code	zem. šir. latitude	zem. dolž. longitude	n. viš. elev. [m]	geološka podlaga local geology	seizmometer sensor type	pisač recorder	začetek/konec delovanja start/stop time
		°N	°E					
Ljubljana	LJU	46,0438	14,5277	396	karbonski peščenjak sandstone	kratkoperiodni Willmore MkII 3 komp./comp.	ojačevalnik SO-01 pisač/ recorder Günter-Volk (črnilo/ ink)	01. 01. 1974 še deluje/ operating
Vojsko	VOY	46,0316	13,8882	1073	zgoranjtrijsni dolomit dolomite	kratkoperiodni shortperiod Willmore MkII 3 komp./comp.	ojačevalnik SO-03 pisač/ recorder VR - 2 (črnilo/ ink)	28. 11. 1984/ še deluje/ operating
Brezje pri Senušah	KBZ	45,9405	15,4390	217	pliokvartarna glina clay	kratkoperiodni/ shortperiod Vegik vertikalna komp./ vertical comp.	pisač / recorder PS - 2	30. 08. 1990 še deluje/ operating

Preglednica 1. Analogne potresne opazovalnice v Sloveniji.

Table 1. Analogue seismic stations in Slovenia.

Leta 1996 smo postavili prvo omrežje digitalnih seizmografov podjetja Nanometrics s prenosom podatkov v centralni računalnik, ki delujejo še danes. V začetku so omrežje tvorile štiri opazovalnice: Ljubljana (LJU), Branik nad Muto (BISS), Dobrina (DOBS) in Bojanci (VBY), ki se jim je v naslednjem letu priključila peta v Goričicah ob Cerkniskem jezeru (CEY). Digitalni seizmograf sestavljajo trikomponentni širokopasovni seizmometer Güralp CMG-40T, trikanalni 16-bitni analogno – digitalni pretvornik s tristopenjskim samonastavljivim predojačevalnikom RD 1639 in osebni računalnik s sprejemnikom točnega časa GPS in programska oprema, ki skrbi za zajem podatkov, lokalno shranjevanje in komunikacijo s centralnim računalnikom. V začetku je komunikacija potekala po klicnih telefonskih linijah, kasneje pa smo seizmografe vključili v državno računalniško omrežje. V drugi polovici leta 1997 smo v omrežje vključili še šesto opazovalnico na Cesti nad Krškim (CESS). Seizmograf sestavljajo trikomponentni širokopasovni seizmometer Güralp CMG-40T, trikanalni 24 – bitni analogno – digitalni pretvornik HRD24-2432 z vgrajenim sprejemnikom točnega časa GPS in modemom za prenos podatkov po najeti telefonski liniji do vozlišča državnega računalniškega omrežja v Krškem. Seizmografi delujejo tako, da se neprekinjen zapis nihanja Zemlje shranjuje lokalno v krožni pomnilnik na računalniku, programska oprema samodejno zazna dogodke in njihove zapise pošlje v centralni računalnik. Programska oprema v centralnem računalniku združuje dogodke iz opazovalnic in izračuna parametre potresa.

Leta 2001 smo začeli v okviru projekta posodobitve državne mreže potresnih opazovalnic s posodabljanjem starih in z gradnjo novih opazovalnic. Osnovni namen posodobitve je vzpostavitev takega državnega potresnega opazovalnega omrežja, ki bo omogočilo za vse potrese na območju Slovenije obveščanje o osnovnih parametrih z ustrezno natančnostjo in zanesljivostjo v realnem času.



Slika 1. Potresne opazovalnice v Sloveniji leta 2005.

Figure 1. Seismic network in Slovenia in 2005.

V Ljubljani smo vzpostavili novo središče za zajem in analizo podatkov. V opazovalnice v Ljubljani, Goričicah, Dobrini in v jedrsko elektrarno v Krškem smo namestili nove digitalne seizmografe. Z gradnjo smo začeli najprej na območju Krškega, nato pa tudi drugod po Sloveniji, tako da smo jih letu 2002 vključili v omrežje sedem: Goliše (GOLS), Črešnjevce (CRES) in Legarje (LEGS) na širšem območju Krškega, Podkum (PDKS) na Dolenjskem, Grobnik (GROS) na Pohorju, Pernice (PERS) na Kobanskem in Robič (ROBS) v zgornjem Posočju. V letu 2003 so bile v mrežo potresnih opazovalnic vključene opazovalnice v Čadrgu nad Tolminom (CADS), v Višnjah v Suhi krajini (VISS), v Gornjem Cirniku na Gorjancih (GCIS), na Knežjen dolu v snežniškem pogorju (KNDS) in na Javorniku nad Črnim vrhom nad Idrijo (JAVS). V letu 2004 smo v neposredni bližini opazovalnic v Bojancih in na Vojskem zgradili po tipskem projektu nove jaške in vanje namestili novo merilno in komunikacijsko opremo. Opazovalnici sta dobili tudi novo mednarodno oznako: BOJS za Bojance in VOJS za Vojsko. Poleg modernizacije teh dveh opazovalnic so bile zgrajene še tri nove po istem projektu: na Kogu v vzhodnem delu Slovenskih goric (KOGS), v Gorjušah na Pokljuki (GORS) in v Zavodnjah nad Šaleško dolino (ZAVS). V letu 2005 pa sta bili dokončani opazovalnici na Možjanci (MOZS) in na Črnem Vrhu (CRNS) nad Polhovim Gradcem (sliki 2 in 3). Na vseh opazovalnicah razen v Robiču, Goričicah, Dobrini in Ljubljani je oprema, ki jo sestavljajo senzor, zajemalna enota, komunikacijska oprema za kontinuirani prenos podatkov v središče za obdelavo podatkov (SOP) in brezprekinitveno napajanje, nameščena v dveh jaških. V seizmičnem jašku sta nameščena trikomponentni širokopasovni seizmometer Güralp CMG-40T in zajemalna enota Quanterra Q730. Enota ima na vhodu tri (pri petih opazovalnicah šest) predojačevalnike, neodvisne Delta-Sigma 24-bitne analogno-digitalne (A/D) med seboj galvansko ločene pretvornike, sprejemnik časovnih signalov, lokalni pomnilnik, komunikacijski vmesnik in strojno programsko opremo za nadzor delovanja sistema. Trije podatkovni nizi s frekvencami vzorčenja 200, 20 in 1 vzorec na sekundo se neprekinjeno pošiljajo po podatkovnem omrežju v SOP. V pomožnem jašku je nameščena komunikacijska oprema za vključitev opazovalnice v državno računalniško omrežje, ki jo tvorita usmerjevalnik in modem, 12-voltno baterijsko napajanje s polnilcem in razsmernikom, ki omogoča večurno delovanje potresne opazovalnice ob izpadu omrežne napetosti, ter priključek na omrežno napetost 230 V in priključek na najeto linijo za prenos podatkov. Prenos podatkov v središče za obdelavo (SOP) poteka v realnem času. V zračniku je skrita antena GPS sprejemnika točnega časa. Na opazovalnicah Legarje, Goliše, Zavodnje in Podkum je seizmometer nameščen v vrtino. Na potresni opazovalnici Robič je vsa oprema nameščena v skalni votlini, v Ljubljani pa v kleti observatorija na Golovcu. Prenos podatkov z opazovalnic Čadrg, Javornik, Višnje, Gornji Cirnik, Zavodnje in Knežji dol v SOP poteka po GSM omrežju z uporabo HSCSD protokola, iz opazovalnice na Črnem Vrhu pa prenos podatkov poteka po satelitskem internetu (preglednica 2).

Komunikacijski protokol omogoča uporabniku nastavitve prioritete pri pošiljanju podatkov, na primer samo prenos posameznih dogodkov z manjšo frekvenco vzorčenja ali neprekinjen prenos zajemanega kanala. Tako tudi ob krajši prekinitvi prenosnih linij ne ostanemo brez podatkov.

opaz. station	ozn. code	zem. šir. latitude	zem. dol. longitude	n. viš. elev. [m]	geološka podlaga local geology	seizmometer sensor type	zajemalna naprava acquisition unit	začetek delovanja start time
		°N	°E					
Ljubljana	LJU	46,04381	14,52776	396	karbonski peščenjaki sandstone	širokopasovni/ broadband WR-1 3 komp./ comp akcelometer/ accelerometer 3-komp./ comp FBA-23	SSR-1	20. 12. 1990 18. 03. 2005
						širokopasovni/ broadband CMG-40T 3 komp./ comp.	RD3-1639	22. 05. 1996
						širokopasovni/ broadband CMG-40T 3 komp./ comp. akcelometer/ accelerometer 3-komp./ comp. EpiSensor	Q 730	30. 03. 2001
Bojanci	BOJS	45,50435	15,25178	252	kredni apnenec limestone	širokopasovni/ broadband STS-2 3 komp./ comp. akcelometer/ accelerometer 3-komp./ comp. EpiSensor	Q 730	17. 02. 2004
Branik nad Muto	BISS	46.64794	15,12703	490	metamorfne kamnine metamorphic rocks	širokopasovni/ broadband CMG-40T 3 komp./ comp.	RD3-1639	28. 08. 1996
Dobrina	DOBS	46,14942	15,46943	427	spodnjetriasni laporji marl	širokopasovni/ broadband CMG-40T 3 komp./ comp.	RD3-1639	16. 10. 1996
						širokopasovni/ broadband CMG-40T 3 komp./ comp.	Q 730	07. 04. 2001
Cerknica (Goričice)	CEY	45,73814	14,42214	579	apnenec limestone	širokopasovni/ broadband CMG-40T 3 komp./ comp.	RD3-1639	14. 01. 1997
						širokopasovni/ broadband CMG-40T 3 komp./ comp.	Q 730	30. 03. 2001
Cesta	CESS	45,97325	15,46317	372	dolomit dolomite	širokopasovni/ broadband CMG-40T 3 komp./ comp.	72A-07/DAT	od 08.05.1996 do 04.09.1997
						širokopasovni/ broadband CMG-40T 3 komp./ comp.	HRD24- 2432	04. 09. 1997
Goliše	GOLS	46,01074	15,62451	559	masiven dolomit massive dolomite	širokopasovni/ broadband CMG-40T BH 3 komp./ comp.	Q 730	26. 02. 2002
Črešnjevec	CRES	45,82597	15,45690	431	triasni dolomi	širokopasovni/ broadband CMG-40T 3 komp./ comp.	Q 730	07. 03. 2002
Legarje	LEGS	45,94880	15,31771	390	sivi dolomit dolomite	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T BH	Q 730	02. 09. 2002
Podkum	PKDS	46,06120	14,99777	679	dolomit dolomite	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T BH	Q 730	11. 11. 2002

opaz. station	ozn. code	zem. šir. latitude °N	zem. dol. longitude °E	n. viš. elev. [m]	geološka podlaga local geology	seizmometer sensor type	zajemalna naprava acquisition unit	začetek delovanja start time
Robič	ROBS	46,24448	13,50944	265	apnenec limestone	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	20. 11. 2002
Pernice	PERS	46,63595	15,11666	795	blestnik schist	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	11. 12. 2002
Grobnik	GROS	46,46100	15,50177	930	tonalit tonalite	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	12. 12. 2002
Čadrg	CADS	46,22804	13,73685	700	kredni apnenec limestone	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	10. 07. 2003
Gornji Cirknik	GCIS	45,86720	15,62750	320	dolomit dolomite	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	11. 08. 2003
Višnje	VISS	45,80329	14,83929	403	siv apnenec limestone	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	14. 08. 2003
Javornik	JAVS	45,89342	14,06433	1100	zgornje triasni dolomit dolomite	širokopasovni/ broadband CMG-40T 3 komp./ comp.	Q 730	21. 08. 2003
Knežji dol	KNDS	45,52791	14,38056	1024	zgornje jurski apnenec limestone	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	14. 10. 2003
Kog	KOGS	46,44816	16,25028	240	glina clay	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T akcelerator/ accelerometer 3-komp./ comp. EpiSensor	Q 730	22. 01. 2004
Gorjuše	GORS	46,31741	13,99991	1048	ploščasti apnenec z roženci platty limestone with chert	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T akcelerator/ accelerometer 3-komp./ comp. EpiSensor	Q 730	17. 05. 2004
Vojsko	VOJS	46,03217	13,88774	1073	zgornjetriasni dolomit dolomite	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	30. 07. 2004
Zavodnje	ZAVS	46,43393	15,02421	750	granodiorit granodiorite	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T BH	Q 730	07. 09. 2004
dokončane in vključene v omrežje leta 2005/ finished and connected in network in 2005								
Možjanca	MOZS	46,29410	14,44334	660	ploščasti apnenec platty limestone	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	07. 07. 2005
Črni Vrh	CRNS	46,08060	14,26135	689	sp.triasni sivi dolomit dolomite	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	16. 12. 2005

Preglednica 2. Digitalne potresne opazovalnice v Sloveniji.**Table 2.** Digital seismic stations in Slovenia.

Komunikacija lahko poteka asinhrono preko serijskih vrat ali s TCP/IP protokolom preko vgrajene Ethernet kartice. Komunikacija je dvosmerna, tako da lahko iz osrednjega računalnika daljinsko nastavljamo parametre zajemalnega sistema in kalibriramo seizmometer. Ura v zajemalnem sistemu je usklajena z GPS sistemom točnega časa, njena napaka pa je manjša od 1 ms.

Omrežje potresnih opazovalnic je povezano z omrežji sosednjih držav Avstrije, Italije in Hrvaške, tako da poteka nemotena izmenjava podatkov.



*Slika 2. Nova potresna opazovalnica na Možjanci (MOZS).
Figure 2. New seismic station on Možjanca (MOZS).*



*Slika 3. Nova potresna opazovalnica na Črnem Vrh nad Polhovim Gradcem (CRNS) z začasno postavljeno satelitsko anteno za prenos podatkov po satelitskem internetu.
Figure 3. New seismic station on Črni Vrh above Polhov Gradec (CRNS) with temporary installed satellite antenna for data transmission over satellite internet.*

Začasne potresne opazovalnice

Po potesu, ki je nastal 14. januarja v okolici Cerknega, smo postavili dve začasni potresni opazovalnici za beleženje popotresne aktivnosti. Na Petrovem Brdu smo v Domu upokojencev postavili prenosni akceleroграф z akcelometrom EpiSensor, v Cerknem pa v privatni hiši prav tako prenosni akceleroграф Etna z akcelometrom FBA-23. Akceleroграф ETNA je inštrument za merjenje pospeškov, namenjen merjenju močnejših potresov. Inštrument je kompakten, v enem ohišju se nahaja trikomponentni senzor, A/D pretvornik, lokalni pomnilnik in komunikacijska enota. Vgrajen ima tudi GPS sprejemnik za točen čas. Zaradi svoje konstrukcije je primeren začasne postavitve v urbana okolja ter za beleženje popotresnih sunkov. Senzorja FBA-23 in EpiSensor imata merilno območje 1g (g je težni pospešek Zemlje). 18 bitna A/D pretvorba omogoča 108 dB veliko dinamično območje registriranja podatkov, ki se shranjujejo na pomnilniško kartico s kapaciteto 40 MB. Zaradi omejene kapacitete diska je bilo beleženje dogodkov nastavljeno na sprožilni mehanizem. Dogodek se zabeleži, ko pospešek nihanja tal preseže vnaprej določeno pragovno vrednost. Podatke smo z instrumenta prenašali na prenosni računalnik po serijskem kablu, ali z zamenjavo pomnilniške kartice. Po približno dveh mesecih smo oba instrumenta odstranili.

opaz. station	ozn. code	zem. šir. latitude °N	zem. dol. longitude °E	n. viš. elev. [m]	senzor sensor type	zajemalna naprava acquisition unit	začetek delovanja start time	konec delovanja stop time
Brezje pri Senušah	KBZ	45,9334	15,4334	208	kratkoperiodni seizm. vertikalna komp. shortperiod vertical comp. Vegik	analogni pisalč/ recorder PS - 2	11. 09. 1990	še deluje operational
					3-komp. širokopasovni 3-comp. broadband CMG 40T	PR6	14. 03. 2005	še deluje operational
Horjul	HORJ	46,0252	14,305	350	3-komp. širokopasovni 3-comp. broadband CMG 40T	72A-07/DSK	04. 07. 1994	še deluje operational
Lisca	LISS	46,0673	15,2906	948	3-komp. širokopasovni 3-comp. broadband CMG 40T	Q 730	07. 02. 2002	še deluje operational
Petrovo Brdo		46,2002	13,9836	806	EpiSensor	Etna	14. 01. 2005	09. 03. 2005
Cerkno		46,1168	13,9836	400	FBA - 23	Etna	14. 01. 2005	09. 03. 2005
Brežice		45,9001	15,5835	161	3-komp. širokopasovni 3-comp. broadband CMG 40T	PR6	14. 03. 2005	še deluje operational
Gornji Zemon		45,5333	14,2669	477	FBA - 23	Etna	25. 04. 2005	07. 06. 2005
Novokračine		45,4834	14,3002	494	EpiSensor	Etna	25. 04. 2005	07. 06. 2005

Preglednica 3. Začasne potresne opazovalnice in akceleroграфи v letu 2005.

Table 3. Temporary seismic stations and accelerographs in 2005.

Po potresu, ki je 24. aprila nastal jugovzhodno od Ilirske Bistrice, smo zopet namestili prenosna inštrumenta za beleženje popotresne aktivnosti. Etno z Episensorjem smo postavili

v Gornjem Zemonu, z akcelometrom FBA-23 pa v Novokračinah. Po nekaj več kot mesecu dni smo oba inštrumenta odstranili.

V okviru Phare projekta smo v Brežicah in Brezjah pri Senušah postavili dva instrumenta, s katerima smo povečali omrežje potresnih opazovalnic na Krško Brežiškem polju za spremljanje potresne aktivnosti na območju jedrske elektrarne v Krškem. Namestili smo šestkanalni inštrument EarthData PR 6 s 24 bitnim A/D pretvornikom, z vgrajenim GPS sprejemnikom za točen čas in s kontinuiranim shranjevanjem podatkov na prenosni disk.

Opazovalnice za beleženje močnih potresov

Urad za seizmologijo in geologijo upravlja tudi z mrežo opazovalnic za beleženje močnih potresov, v katerih so nameščeni akceleroграфи. Opazovalnice so v Ljubljani (na observatoriju na Golovcu in na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo - FGG), v Dolskem, Ilirski Bistrici, Bovcu, Kobaridu, na gradu Bogenšperk in Gotenici (preglednica 4). Poleg tega imamo dostop do akceleroграфа v Nuklearni elektrarni Krško. Akceleroграф na FGG tvori akcelometer FBA-23 z merilnim območjem 1 g in zajemalna aparatura SSA-2 z 12-bitnim analogno digitalnim pretvornikom.

opaz. station	ozn. code	zem. šir. latitude °N	zem. dol. longitude °E	n. viš. elev. [m]	senzor sensor type	zajemalna naprava acquisition unit	merilni obseg full scale range	čas delovanja operational time	št. zab. potresov No. of reg. events
Bogenšperk	BOGE	46,0237	14,8572	422	FBA-23	Etna	1 g	01.01-31.12.	17
Bovec	BOVC	46,3382	13,5543	455	FBA-23	Etna	4 g	01.01-31.12.	25
Drežnica	DRZN	46,2586	13,6126	544	EpiSensor	Etna	2 g	01.01-31.12.	24
Gotenica	GOTE	45,6095	14,7464	670	FBA-23	Etna	1 g	01.01-31.12.	12
Kobarid	KOBR	46,2474	13,5786	234	FBA-23	Etna	4 g	01.01-31.12.	12
Krško (NEK)	NEK0	45,9391	15,5185	156	FBA-23	Etna	2 g	01.01-31.12.	1
Vogršček	VOGR	45,9057	13,7258	106	EpiSensor	K2	1 g	01.01-31.12.	2
FGG	FAGG	46,0459	14,4944	295	FBA-23	SSA-2	1 g	01.01-31.12.	6
Dolsko	DOLA	46,0938	14,6781	265	FBA-23	SSA-2	1 g	01.01-31.12.	4
Ilirska Bistrica	ILBA	45,5638	14,2445	404	FBA-23	SSA-2	0.25 g	01.01-31.12.	2

Preglednica 4. Opazovalnice za beleženje močnih potresov v letu 2005.

Table 4. Strong motion stations in 2005.

Enak akceleroграф je nameščen v Dolskem. Akceleroграфа v Ilirski Bistrici in v jedrski elektrarni v Krškem imajo občutljivejši senzor FBA-23 z merilnim območjem 0,25 g. Akceleroграф SSA-2 v Nuklearni elektrarni Krško je bil decembra 1999 zamenjan z akceleroграфom Etna in je vključen v državno računalniško omrežje, po katerem teče prenos podatkov na observatorij. V Gotenici je nameščen akceleroграф Etna z vgrajenim senzorjem FBA-23 z merilnim območjem 1 g in z 18-bitno analogno digitalno pretvorbo, prenos podatkov na observatorij pa poteka po klicni telefonski liniji. Na gradu Bogenšperk je prav tako postavljen akceleroграф Etna z vgrajenim senzorjem FBA-23 s prenosom podatkov po klicni telefonski liniji. V zgornjem Posočju so v opazovalnicah v Bovcu, Drežnici in Kobaridu

nameščeni akceleroграфи Etna s prenosom podatkov po klicni telefonski liniji. Podatke z ostalih akceleroграфов zbere delavec s pomočjo prenosnega računalnika ob obisku opazovalnice. Na vodni pregradi Vogršček je bil v letu 2004 nameščen akceleroграф K2 z vgrajenim in dvema zunanjima akcelerometroma EpiSensor. Akceleroграф je nameščen v jašku na kroni pregrade, prvi zunanji akcelerometer je nameščen v jašku ob temelju pregrade, drugi pa prav tako v jašku ob jezeru približno 100 m stran od pregrade (Prosen, 2006).

Potresne opazovalnice so v letu 2005 zabeležile 4585 potresov (sliki 4 in 5), od tega 2502 lokalnih potresov, 667 regionalnih in 1416 oddaljenih. Seizmografi so zapisali tudi 1053 umetnih potresov (preglednica 5).

mesec	oddaljeni potresi	regionalni potresi	lokalni potresi	umetni potresi	potresi	dogodki
Month	Distant earthquakes	Regional earthquakes	Local earthquakes	Artificial	Earthquakes	Events
januar January	193	75	282	99	550	649
februar February	117	68	233	100	418	518
marec March	147	73	245	110	465	575
april April	131	66	224	107	421	528
maj May	96	71	239	104	406	510
junij June	84	52	186	56	322	378
julij July	148	43	159	81	350	431
avgust August	98	41	213	78	352	430
september September	123	46	180	150	349	499
oktober October	129	48	149	73	326	399
november November	77	40	227	52	344	396
december December	73	44	165	43	282	325
skupaj Total	1416	667	2502	1053	4585	5638

Legenda:

Oddaljeni potresi / Distant earthquakes

$\Delta > 10^\circ$ (> 1.100 km)

Regionalni potresi / Regional earthquakes

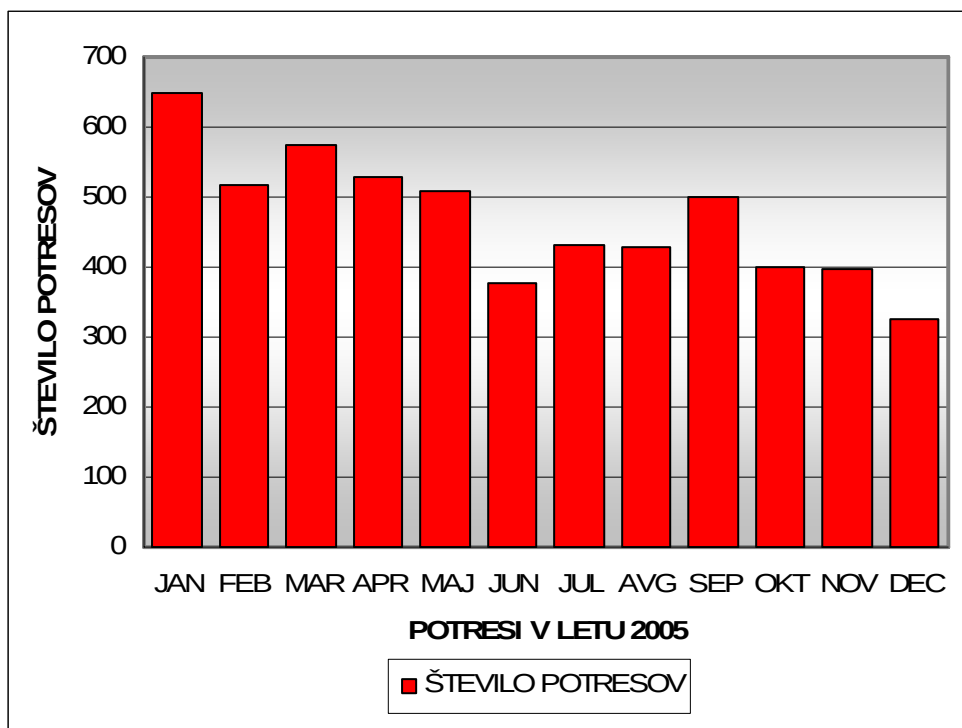
$1,5^\circ < \Delta < 10^\circ$ (< 1.100 km)

Lokalni potresi / Local earthquakes

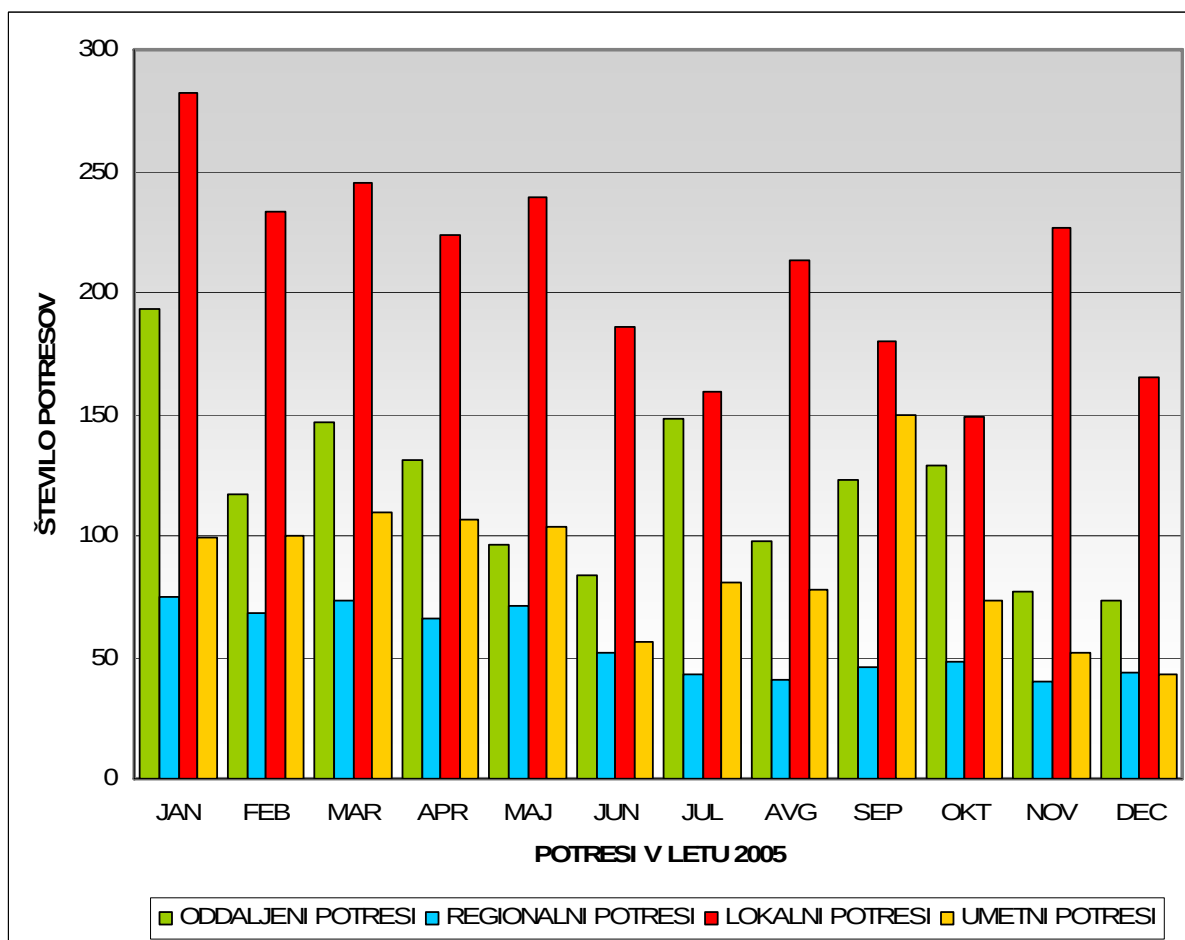
$\Delta \leq 1,5^\circ$ (≤ 160 km)

Preglednica 5. Potresi v letu 2005, zabeleženi na slovenskih potresnih opazovalnicah.

Table 5. Earthquakes in 2005 recorded at Slovenian earthquake stations.



Slika 4. Skupno število potresnih dogodkov po mesecih.
Figure 4. Distribution of all seismic events by months.



Slika 5. Število naravnih in umetnih potresov po mesecih.
Figure 5. Monthly distribution of earthquakes and artificials.

Literatura

- Prosen, T. , 2006. Akceleroграфи slovenske mreže potresnih opazovalnic. Potresi v letu 2004 (ur. R. Vidrih), ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 185-188.
- Sinčič, P., Vidrih, R., 1993. Mreža potresnih opazovalnic v Sloveniji. Ujma 7, 130-137, Ljubljana.
- Sinčič, P., Vidrih, R., 1995. Gradnja potresne opazovalnice. Ujma 9, 185-189, Ljubljana.
- Trnkoczy, A., Vidrih, R., 1986. Seizmološka stanica Vojsko (VOY) u SR Sloveniji. Acta seismologica Iugoslavica 12, 17-34, Beograd.
- Vidrih, R., Sinčič, P., 1997. Potresne opazovalnice v Sloveniji. Povzetki referatov; 13. posvetovanje slovenskih geologov, 39-40, Ljubljana.
- Vidrih, R., Godec, M., Gosar, A., Sinčič, P., Tasič, I., Živčič, M., 2002. Omrežje potresnih opazovalnic okoli NEK. Knjiga povzetkov, 1. slovenski geološki kongres, 100-101, Črna na Koroškem.