

VPLIV LOKACIJE POTRESNE OPAZOVALNICE NA ZAPIS POTRESA

Seismic Station Location Effects on Earthquake Recordings

Izidor Tasič*, Peter Sinčič** * UDK 550.34.09

Povzetek Abstract

Na ozemlju Slovenije so na sodobnih potresnih opazovalnicah nameščeni širokopasovni in zelo občutljivi trikomponentni seizmometri. Na podlagi meritev, ki jih izvajamo s temi instrumenti, ocenimo osnovne parametre potresa in opišemo dinamične pojave v naravi, ki so povzročili potres. Pri klasičnih matematičnih modelih po navadi predpostavimo, da so meritve neodvisne od lokalnih učinkov. Vendar vedno obstaja interakcija med senzorjem, potresno opazovalnico in njeno bližnjo okolico, ki vpliva na zapis potresnega valovanja. Ta zveza je kompleksna, odvisna od frekvence, amplitude in vpadnega kota potresnega valovanja in jo zelo težko ocenimo. Kakšni so ti lokalni vplivi, lahko opazujemo le, če imamo več seizmometrov zadovoljivo blizu, vendar na različnih mikrolokacijah, v različno konstruiranih opazovalnih sistemih.

Broadband sensitive three-component seismometers are installed in modern seismic stations in Slovenia. Basic earthquake parameters are calculated from seismograms recorded by these types of instruments and dynamic phenomena in nature are described that cause earthquakes. In classical mathematical models, it is assumed that no local effects influence the measurements. However, there is always an interaction between the seismometer and seismic station and its vicinity that influences the earthquake recordings. The interaction depends on the frequency, amplitude and incident angle of earthquake waves. This complex interaction is difficult to estimate. Nevertheless, local effects can be observed with additional instruments in various constructions of observation systems, which are installed at different locations close to the observation site.

Uvod

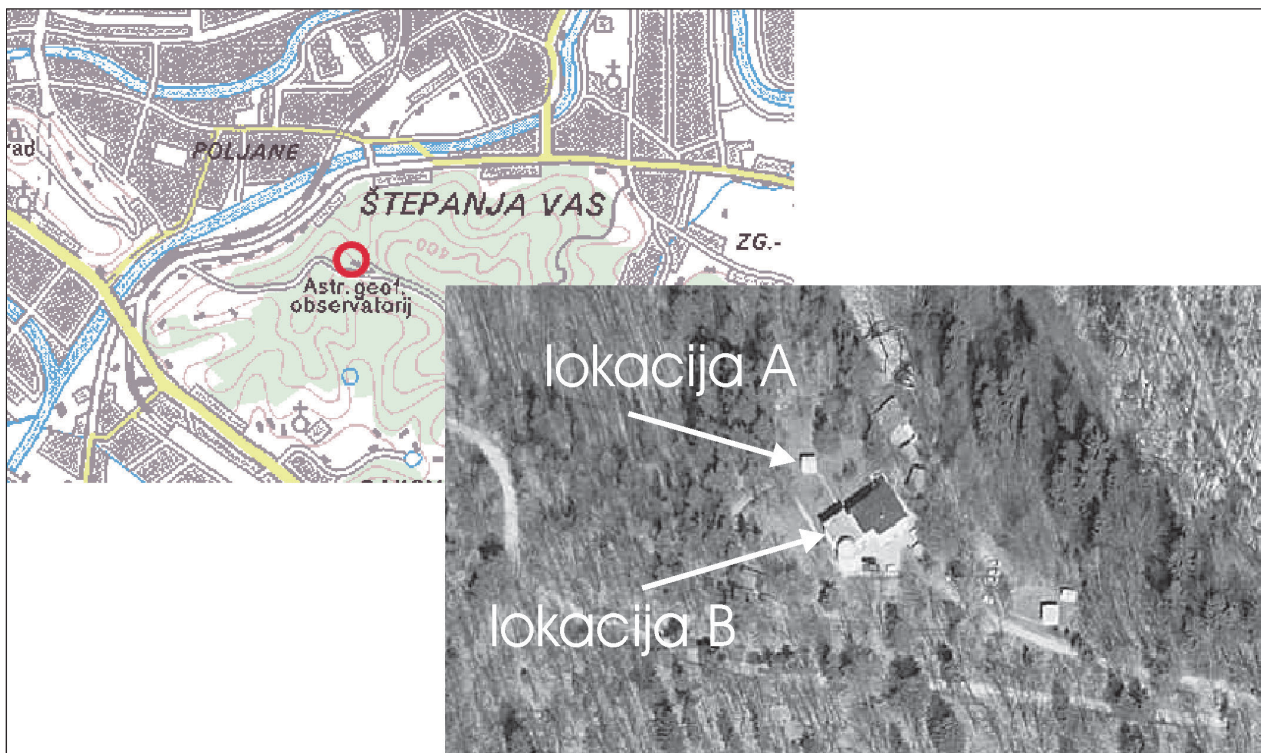
Seizmometer je v neposrednem stiku z merjenim sistemom, to je s tlemi, in posreduje njihovo nihanje kot signal v električni obliki. Signal je navadno električna napetost, ki se shranjuje na različnih medijih v analogni ali digitalni obliki. Zapis potresa je nihanje tal na mestu, kjer stoji seizmometer. Na zapis potresnega valovanja vplivajo žariščni mehanizem potresa, fizikalne lastnosti snovi, skozi katero potuje valovanje, to so lom, odboj in sipanje valovanja na nezveznostih v Zemlji, predvsem na mejah med posameznimi zemeljskimi plastmi, dušenje valovanja v snovi, lega potresne opazovalnice in dinamične lastnosti samega merilnega sistema. Na podlagi zapisov nihanja tal na več potresnih opazovalnicah seizmologi izračunajo položaj žarišča in nadžarišča, čas nastanka in velikost (makroseizmično intenziteto in magnitudo) potresa ter fizikalne procese v žarišču in žariščni mehanizem.

Poleg naštetih dejavnikov vplivajo na obliko zapisa potresa tudi dejavniki, ki nimajo nobene povezave s potresom. Temu delu zapisa potresnega valovanja pravimo šum. Po navadi predstavlja šum nihanja tal, ki so posledica vplivov v neposredni bližini potresne opazovalnice. Lokalne izvire seizmičnega šuma delimo v dve glavni skupini. K prvi spada seizmični šum, ki je posledica človeške dejavnosti (šum urbanega okolja) in je lahko posledica delovanja mehanskih delovnih strojev, kot so vlaki, električni generatorji, vozila in drugo. K drugi skupini spada seizmični šum, ki je posledica naravnih povzročiteljev. Primarni izvor naravnega šuma je gibanje ozračja, ki neposredno vpliva na zemeljsko površje. Nihajni časi valovanja so okoli nekaj sekund. Zelo močan vir seizmičnega šuma so morje, večje reke in jezera. Povzročča ga lahko veter, ki se ujame v krošnje dreves ali zgradbe. Lahko je tudi posledica udarca strele, zemeljskega plazu itd. Vsi ti dejavniki vzvalovijo zemeljsko površje in jih seizmometer zana skupaj s potresnim valovanjem. Poleg opisanega seizmičnega šuma, ki ga povzroča nihanje tal, zana seizmometer še motnje zaradi električnih tokov, ki jih v merilnem sistemu inducira elektromagnetno valovanje (EM).

* Mag., Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Vojkova 1b, Ljubljana, izidor.tasic@gov.si

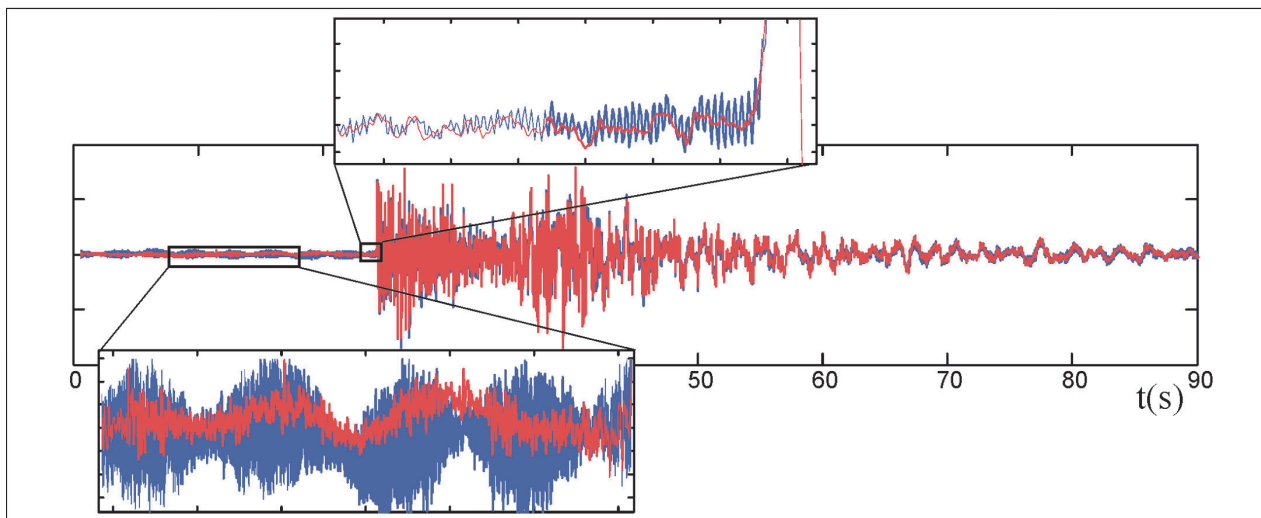
** Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Vojkova 1b, Ljubljana, peter.sincic@gov.si

Začetek potresnega valovanja na zapisu potresa je eden najpomembnejših vhodnih podatkov za analizo potresa.



Slika 1. Na potresni opazovalnici LJU v Ljubljani sta seizmometra na dveh različnih lokacijah, ki sta med seboj oddaljeni okoli 22 metrov.

Figure 1. Seismometers in seismic station LJU in Ljubljana are installed at two locations at a distance of 22 meters.



Slika 2. Zapis potresa z dne 13. 5. 2003 ob 9.30 UTC na lokacijah A (rdeča barva) in B (modra barva). Seizmološki sistem na lokaciji B je zaznal navidezno nihanje tal, ki pa je posledica elektromagnetnega polja.

Figure 2. Earthquake waveform from May 13, 2003 at 09.30 UTC recorded at location A (red trace) and location B (blue trace). The seismic system at location B recorded the imaginary Earth movement caused by the electromagnetic field.

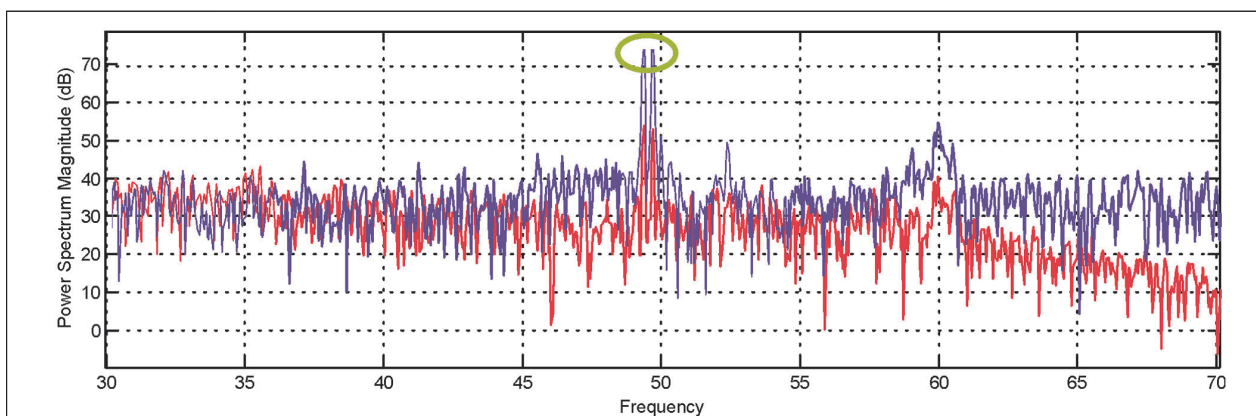
Različni dogodki oziroma pojavi lahko vplivajo na seizmometer tako, da je začetek bolj ali manj skrit v šumu. V nadaljevanju bomo podrobneje opisali nekatere pojave, ki popačijo zapis potresa.

Vpliv elektromagnetnega polja

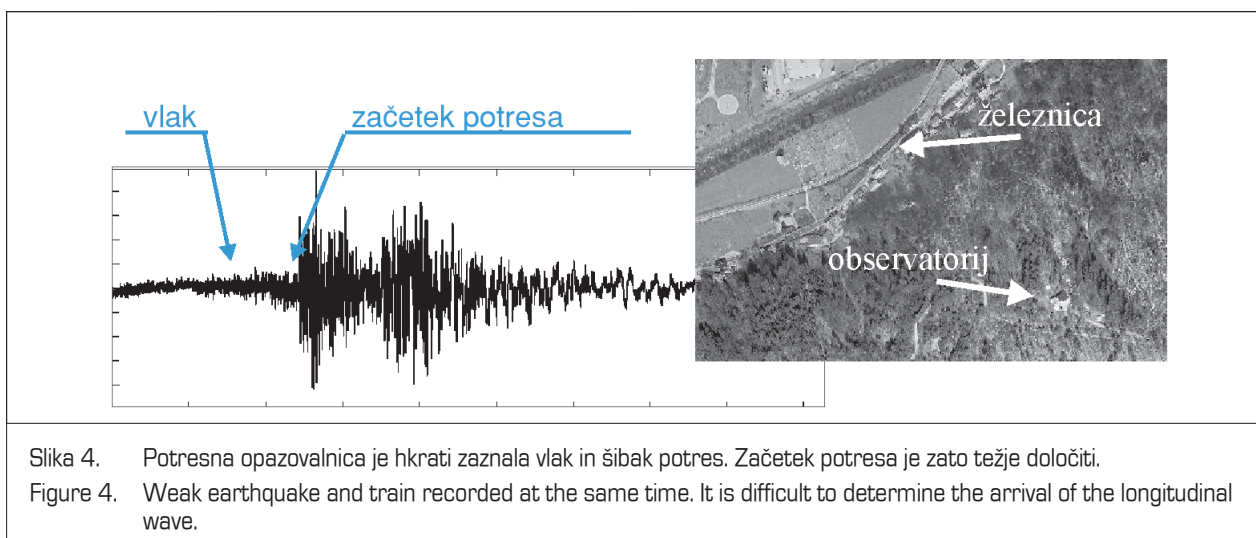
Najpogostejši šum elektromagnetnega polja je elektromagnetna motnja zaradi omrežne napetosti 230 V, ki

je pravzaprav vsepovsod okoli nas. Motnje iz omrežne napetosti motijo samo zelo občutljive instrumente, med katere spadajo tudi seizmološki instrumenti.

Vpliv elektromagnetnega valovanja na meritev seizmične šuma lahko lepo opazujemo na potresni opazovalnici LJU v Ljubljani na observatoriju na Golovcu. Opazovalnico sestavljata dva merilna sistema, ki sta med seboj oddaljena 22 metrov in sta postavljena v dveh različnih okoljih, kar omogoča izločitev nekaterih motenj. Zaradi



Slika 3. Pri frekvenčni analizi signala smo ugotovili, da navidezno nihanje tal povzročata elektromagnetno valovanje s frekvencama 49,4 Hz in 49,9 Hz, zaznata ga oba seizmološka sistema, vendar je motnja na lokaciji B izrazitejša.
 Figure 3. Frequency analysis of the signals shows two peaks at frequencies 49,4 Hz and 49,9 Hz recorded on both systems. The disturbance is greater at location B.



Slika 4. Potresna opazovalnica je hkrati zaznala vlak in šibak potres. Začetek potresa je zato težje določiti.
 Figure 4. Weak earthquake and train recorded at the same time. It is difficult to determine the arrival of the longitudinal wave.

različnih leg sensorjev lahko namreč nekatere motnje analitično oziroma numerično odstranimo.

Na sliki 1 vidimo lokaciji obeh sistemov. Lokacija B je bolj zašumljena s šumom, ki je posledica elektromagnetnega polja. V bližini lokacije B je veliko različnih merilnih instrumentov, ki povzročajo elektromagnetne motnje. Tudi visokonapetostni transformator v neposredni bližini zgradbe je veliko bližje lokaciji B kot lokaciji A. Na zapisu potresa (slika 2) lahko vidimo, da je senzor na lokaciji B (modra sled na sliki) pred potresom zaznal navidezno močnejše nihanje tal kakor senzor na lokaciji A (rdeča sled na sliki). To navidezno nihanje tal, ki se kaže kot utripanje, je prikrilo pravi začetek potresnega valovanja. Pri frekvenčni analizi signala smo ugotovili, da povzročata utripanje elektromagnetno valovanje s frekvencama 49,4 Hz in 49,9 Hz, katerega izvor je blizu lokacije seizmološkega sistema B. Pri natančni analizi seizmičnih signalov (slika 3) zasledimo to motnjo tudi na lokaciji A, vendar je amplituda zanemarljiva. Ta vrsta motnje je bila najopaznejša pozimi leta 2003.

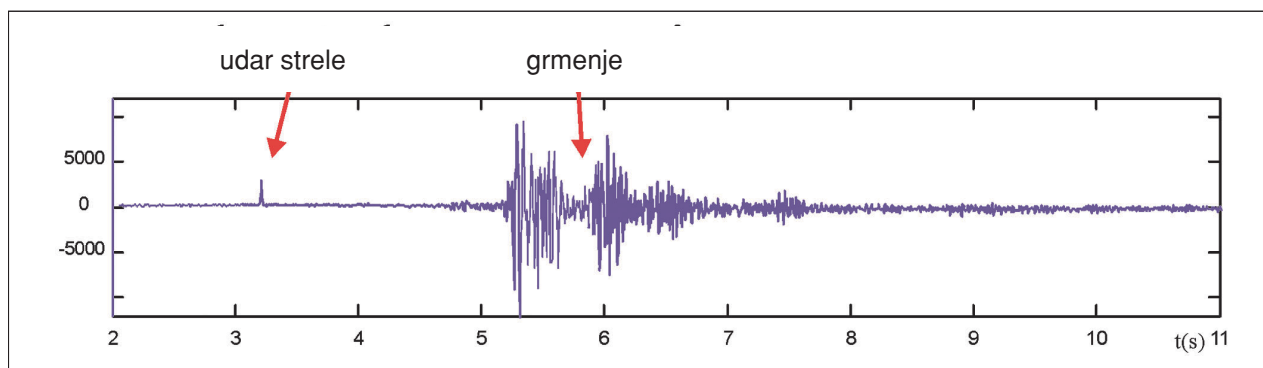
Vpliv motornih vozil

Tresljaje, ki jih med vožnjo ustvari težje tovorno vozilo (tovornjak, vlak), zaznamo že ljudje s svojimi čutili, kadar stojimo v neposredni bližini prometne poti. Ker so seizmometri občutljivi instrumenti, ki zaznajo že zelo majhna nihanja tal, je priporočljivo, da potresnih opazovalnic ne postavljamo v bližino prometnih poti. Težje je vozilo in bližje je cesta oziroma železnica, bolj moteča so vozila.

V bližini observatorija poteka železniška proga, po kateri vozijo vlaki večkrat na dan. Železniška proga je v najbližji točki oddaljena od potresne opazovalnice LJU približno 335 metrov v zračni črti. Seizmografi zaznajo vožnjo vlaka kot motnjo. Če pride med vožnjo vlaka pod Golovcem hkrati do potresa, je zapis potresa skrit v zapisu vlaka (slika 4).

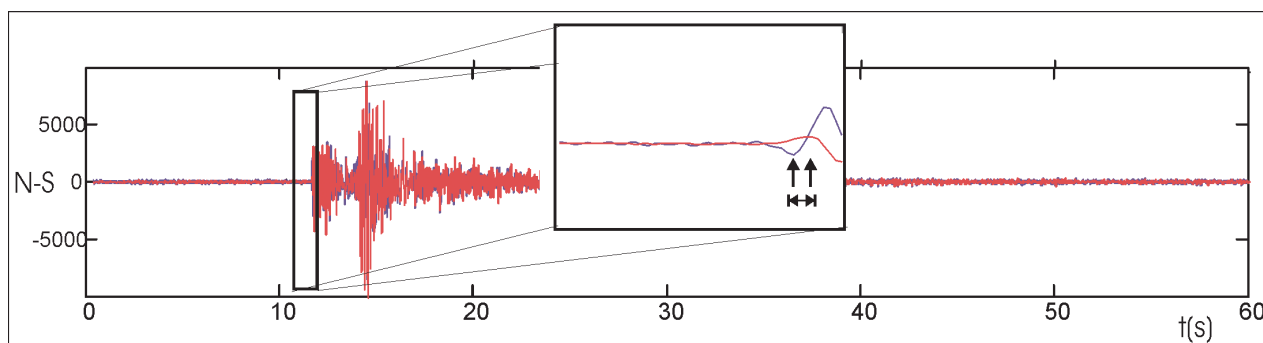
Vpliv vremena

Zračne mase povzročajo neopazno nihanje tal, ki ga zaznajo občutljivi instrumenti. To nihanje tal je opazno



Slika 5. Seizmični šum, ki je posledica udarca strele v neposredni bližini potresne opazovalnice.

Figure 5. Seismic noise caused by thunder and lightning.



Slika 7. Primer vpliva objekta na zapis potresa. Lokacija B (modra sled) je na komponenti N-S drugače zaznala začetek potresa kot lokacija A (rdeča sled).

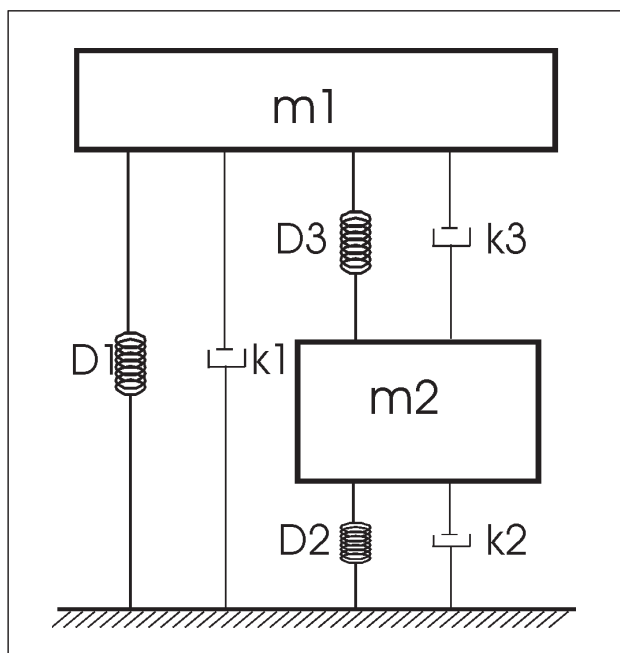
Figure 7. Example of corrupted beginning of an earthquake record because of incorrect building design. The seismic system at location B (blue trace) recorded a different arrival of longitudinal wave than the seismic system at location A (red trace).

predvsem ob spremembah vremena, ko zaznavamo seizmični šum z nihajnim časom nekaj sekund. Tudi nevihta je vir seizmičnega šuma. Na sliki 5 je zapis strele in grmenja ob nevihti. Ravno tako ustvarja večji zemeljski nemir močnejši veter. Na potresni opazovalnici Knežji dol na Primorskem povzroča velik seizmični šum burja.

Vpliv konstrukcije potresne opazovalnice

Pri starejših potresnih opazovalnicah, kot sta recimo opazovalnici v Cerknici (CEY) in Ljubljani (LJU), so seizmološki instrumenti nameščeni v kleti večje stavbe. Steber, na katerem stojijo seizmometri, je ločen od temeljev zgradbe, vendar še vedno obstaja šibka povezava med zgradbo in podlago. Vpliv konstrukcije zgradbe je lahko pomemben izvor lokalnega seizmičnega šuma. Odvisen je od moči potresa, frekvence potresnega valovanja in njegove lokacije oziroma smeri prihoda potresnega valovanja do potresne opazovalnice. Vpliv konstrukcije opazovalnice na samo meritev (oziroma na seizmometer) ponazorimo z modelom dveh sistemov drugega reda, ki sta med seboj šibko povezana (slika 6).

Vpliv konstrukcije lahko opazujemo, če imamo več neodvisnih seizmoloških sistemov na različnih lokacijah. Na



Slika 6. Učinki konstrukcije potresne opazovalnice na zapis potresa ponazorimo z modelom dveh sistemov drugega reda, ki sta med seboj šibko povezana.

Figure 6. Two second order systems that are weakly connected illustrate the effects of construction on seismic monitoring.

lokaciji LJU imamo dva seizmološka sistema, oddaljena med seboj 22 m in na različnih opazovalniških (slika 1). Ob lokalnem šibkem oziroma srednje močnem potresu, ki se zgodi v smeri vzhod-zahod od opazovalnice, zaznamo na horizontalni komponenti N-S izrazito odstopanje med zapisoma pri vstopu longitudinalnega potresnega valovanja (slika 7).

Vpliv geološke podlage

Potresna opazovalnica na Braniku nad Muto (BISS) zapisuje potresne pojave v bližini jezua HE Golica. Lokalna magnituda M_{LV} , izračunana iz podatkov iz te potresne opazovalnice, v povprečju izstopa od izračuna magnitud drugih potresnih opazovalnic. S postavitvijo seizmoloških inštrumentov na podobni geološki podlagi, vendar oddaljeni 1,6 km od prve lokacije, smo potrdili, da to ni "napaka instrumenta", ampak je to odziv sistema s specifično geologijo.

Sklepne misli

Meritve potresnega nihanja tal lahko vključujejo tudi motnje, ki bolj ali manj vplivajo na kakovost meritve. Obstaja

več načinov, kako izključiti neznanke, ki so posledica vpliva lokalnega okolja. Najenostavnejši, vendar ne tudi najcenejši postopek, je uporaba večjega števila neodvisnih potresnih opazovalnic. Pri drugih postopkih poizkušamo z matematičnimi modeli izločiti motnje, vendar so ti postopki zaradi kompleksnosti pojava uporabni samo na zelo ozkem območju opazovanja.

Viri in literatura

1. Aki, K., Richards, P. G., 1980. Quantitative seismology; Theory and methods. W. H. Freeman & Co., San Francisco, USA.
2. Pavešič, N., 1992. Razpoznavanje vzorcev. FER Slovenija, Ljubljana.
3. Kuščer, I., Kodre, A., 1994. Matematika v fiziki in tehniki. Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije, Ljubljana.
4. Likar, A., 1992. Osnove fizikalnih merjenj in merilnih sistemov. Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije, Ljubljana.
5. Scherbaum, F., 1993. Basic Concepts in Digital Signal Processing for Seismologists. Springer - Verlag, Berlin.



Slika 8. Nova potresna opazovalnica PERS (Pernice) na Kobanskem v bližini pregrade Golica.
Figure 8. New seismic station PERS (Pernice) on Kobanskoin the vicinity of Golica dam.