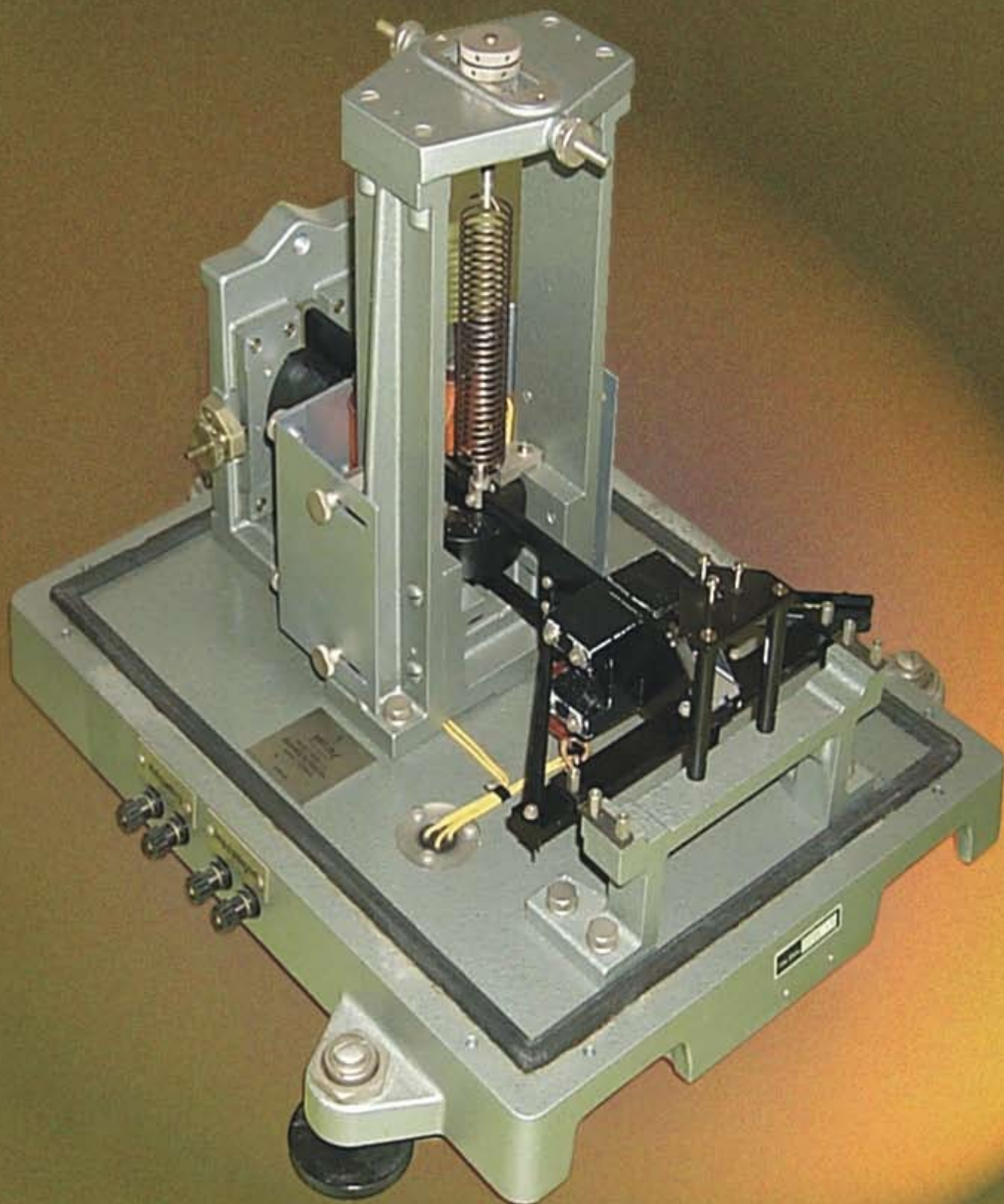




AGENCIJA RS ZA OKOLJE



**POTRESI
V LETU 2007**



AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE
ENVIRONMENTAL AGENCY OF THE REPUBLIC OF SLOVENIA

POTRESI V LETU 2007 EARTHQUAKES IN 2007

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE
URAD ZA SEIZMOLOGIJO IN GEOLOGIJO

ENVIRONMENTAL AGENCY OF THE REPUBLIC OF SLOVENIA
SEISMOLOGY AND GEOLOGY OFFICE

Ljubljana 2008

POTRESI V LETU 2007 EARTHQUAKES IN 2007

IZDALA IN ZALOŽILA / PUBLISHED BY

Ministrstvo za okolje in prostor
Ministry of the Environment and Spatial Planning

Agencija RS za okolje (ARSO) - Environmental Agency of the Republic of Slovenia
Urad za seizmologijo in geologijo – Seismology and Geology Office

GENERALNI DIREKTOR AGENCIJE / DIRECTOR GENERAL OF AGENCY

dr. Silvo Žlebir

UREDNIK / EDITOR

dr. Renato Vidrih

RAČUNALNIŠKO OBLIKOVANJE / COMPUTER DESIGN

Peter Sinčič

UREDNIŠKI SVET / EDITORIAL BOARD

dr. Silvo Žlebir
dr. Renato Vidrih
mag. Ina Cecič
Matjaž Godec
dr. Andrej Gosar
mag. Tamara Jesenko
Peter Sinčič
dr. Barbara Šket Motnikar
mag. Izidor Tasič
Polona Zupančič
mag. Mladen Živčić

TISK / PRINTED BY

Formatisk d.o.o., Bobenčkova 4, Ljubljana

Mednarodna standardna serijska številka:

ISSN 1318 - 4792

NASLOVNICA:

Vertikalni seizmometer »Stuttgart« elektromagnetnega tipa s stalno pritrjeno tuljavo z magnetnim jedrom in magnetom na nihalu. Na observatoriju na Golovcu v Ljubljani je začel delovati marca leta 1959 in je neprekinjeno deloval do sredine leta 1979. Kratkoperiodni seizmograf z galvanometrijskim optičnim registratorjem z zapisom na fotografski papir je konstruiral znani nemški seizmolog Wilhelm Hiller.

Glej članek Peter Sinčič, Renato Vidrih, Matjaž Gostinčar:

OB 110-OBLETNICI PRVE POTRESNE OPAZOVALNICE V SLOVENIJI

COVER PAGE:

Electromagnetic vertical seismometer »Stuttgart« with permanent attached coil with magnetic core and magnet on pendulum. On March 1959 it started recording in Observatory on Golovec in Ljubljana and was continuously in operation by mid 1979. Short period seismograph with galvanometric optical recorder with recordings on photo paper was constructed by known German seismologist Wilhelm Hiller.

See: Peter Sinčič, Renato Vidrih, Matjaž Gostinčar:

110TH ANNIVERSARY OF THE FIRST SEISMIC STATION IN SLOVENIA

KAZALO / CONTENTS

<i>Renato Vidrih</i> PREDGOVOR	I
PREFACE	IV
<i>Peter Sinčič, Renato Vidrih, Izidor Tasič, Mladen Živčič, Tatjana Prosen</i> POTRESNE OPAZOVALNICE V SLOVENIJI V LETU 2007 SEISMIC NETWORK IN SLOVENIA IN 2007	1
<i>Izidor Tasič, Marko Mali, Luka Pančur, Peter Sinčič, Igor Pfundner, Bojan Uran, Jože Prosen</i> DELOVANJE POTRESNIH OPAZOVALNIC V LETU 2007 SEISMIC STATIONS OPERATION IN 2007	12
<i>Jurij Pahor, Mladen Živčič</i> UČINKOVITOST PRIDOBIVANJA PODATKOV V LETU 2007 SEISMIC DATA ACQUISITION EFFICIENCY IN 2007	20
<i>Ina Cecič, Milka Ložar Stopar, Tamara Jesenko in Mladen Živčič</i> POTRESI V SLOVENIJI LETA 2007 EARTHQUAKES IN SLOVENIA IN 2007	24
<i>Milka Ložar Stopar, Mladen Živčič</i> ŽARIŠČNI MEHANIZMI NEKATERIH MOČNEJŠIH POTRESOV V SLOVENIJI V LETIH 2006 IN 2007 FAULT PLANE SOLUTIONS OF SOME STRONGER EARTHQUAKES IN SLOVENIA IN 2006 AND 2007	48
<i>Marko Mali, Izidor Tasič, Luka Pančur</i> VPLIV BREZPREKINITVENEGA NAPAJANJA NA DELOVANJE POTRESNE OPAZOVALNICE UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY INFLUENCES ON SEISMIC STATION'S FUNCTION	54
<i>Igor Pfundner</i> NAPAKE IN OKVARE STROJNE OPREME INSTRUMENTA QUANTERRA Q730 QUANTERRA Q730 SEISMIC DATA LOGGER HARDWARE ERRORS	60

<i>Izidor Tasič, Marko Mali, Luka Pančur</i> TESTNE MERITVE DVEH SEIZMOMETROV V CONRADOVEM OBSERVATORIJU TESTING OF TWO SEISMOMETERS AT CONRAD OBSERVATORY	66
<i>Jurij Pahor, Mladen Živčić, Janko Kolar</i> PREGLED PRIKAZA TER OBISKANOSTI SPLETNE STRANI S SAMODEJNO DOLOČENIMI PARAMETRI POTRESOV AUTOMATIC EARTHQUAKE LOCATION DISPLAY ON ARSO WEB PAGE AND ACCESS OVERVIEW.....	73
<i>Peter Sinčič, Renato Vidrih, Matjaž Gostinčar</i> OB 110-OBLETNICI PRVE POTRESNE OPAZOVALNICE V SLOVENIJI 110TH ANNIVERSARY OF THE FIRST SEISMIC STATION IN SLOVENIA.....	78
<i>Tamara Jesenko, Renato Vidrih</i> MOČNEJŠI POTRESI PO SVETU LETA 2007 WORLD'S LARGEST EARTHQUAKE IN 2007	115
<i>Matjaž Godec, Renato Vidrih</i> POTRES 15. AVGUSTA 2007 V PERUJU THE 15 AUGUST 2007 EARTHQUAKE IN PERU	123
<i>Renato Vidrih, Peter Sinčič, Ina Cecić</i> VAJA »IDASSA 2007« EXERCISE »IDASSA 2007«	140
<i>Izidor Tasič, Peter Sinčič</i> GENERALNA SKUPŠČINA EVROPSKEGA ZDRUŽENJA GEOZNANOSTI GENERAL ASSEMBLY OF EUROPEAN GEOSCIENCES UNION	153

PREDGOVOR

Izšla je sedemnajsta zaporedna publikacija Urada za seizmologijo in geologijo Agencije Republike Slovenije za okolje »Potresi v letu...«. Publikacija v prvem delu obravnava delovanje državne mreže potresnih opazovalnic. V drugem delu je predstavljena potresna dejavnost Slovenije, sledijo pa besedila o problemih in izboljšavah v delovanju instrumentov državne mreže. V letu 2007 smo praznovali 110-letnico prve potresne opazovalnice v Sloveniji, zato je obširen članek namenjen zgodovinskemu pregledu razvoja instrumentalne seizmologije v Sloveniji. Publikacijo zaključujejo potresna dogajanja po svetu.

V letu 2007 je na območju Slovenije delovalo 26 digitalnih potresnih opazovalnic, povezanih v omrežje z neprekinjenim prenosom podatkov v središče za obdelavo v Ljubljani, tričasne ter enajst potresnih opazovalnic z akcelerometri za opazovanje seizmičnosti na urbanih območjih. Poleg naštetih delujeta na Golovcu v Ljubljani in na Vojskem analogna seizmografa. Seizmografi so zabeležili 3748 seizmičnih dogodkov, od tega 1117 oddaljenih potresov (oddaljenih več kot 1100km), 554 regionalnih potresov (oddaljenih med 160 in 1100km), 1394 lokalnih potresov (oddaljenih manj kot 160km) in 683 umetnih potresov (razstreljevanj).

V nadaljevanju sledi niz člankov o delovanju državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2007 in o učinkovitosti pridobivanja podatkov. Vzroki manjših izpadov so problemi s komunikacijami, vzroki daljših izpadov pa so problemi z dobavo električne energije in okvar na instrumentih. Za kontrolo delovanja potresnih opazovalnic smo v letu 2007 na Uradu nadgradili programsko opremo, ki smo jo razvili v letu 2005 in ki na osnovi statusnih podatkov analizira tako delovanje posamezne potresne opazovalnice kakor tudi delovanje celotne državne mreže potresnih opazovalnic. Analiza poteka redno in omogoča razvoj in izvedbo možnih posodobitev, ki naj bi prispevale k boljšemu in zanesljivejšemu delovanju mreže. Celotna izguba podatkov v letu 2007 je znašala 8,5% za podatkovne nize s frekvenco vzorčenja 200 vzorcev v sekundi (HH) ter 7,9% za podatkovne nize s frekvenco vzorčenja 20 vzorcev v sekundi (BH).

Osrednji članek opisuje potresno dejavnost v Sloveniji. Potresna dejavnost je bila zmerna. Prebivalci različnih območij Slovenije so čutili 44 potresnih sunkov, od tega sedem z intenziteto V. stopnje po EMS ali več. Najmočnejši potresni sunki so bili 26. maja ob 6. uri in 3 minute UTC (sve-tovni čas) oz. dve uri kasneje po srednjeevropskem času pri Ziljah, 29. septembra ob 1. uri in 24 minut UTC oz. dve uri kasneje po srednjeevropskem času pri Cirju in 18. decembra ob 3. uri in 26 minut UTC oz. dve uri kasneje po srednjeevropskem času pri Rakovcu. Našteti potresi so dosegli V. stopnjo po EMS. Največje učinke – intenziteto sta dosegla potresa 26. septembra ob 19. uri in 47 minut ter 20. uri in 39 minut UTC oz. dve uri kasneje po srednjeevropskem času z žarišči v okolici Brežic. Prvi je imel magnitudo 2,8, drugi pa 2,9, oba sta dosegla največjo intenziteto med V. in VI. stopnje po EMS. Šest potresov je imelo intenziteto IV. stopnje po EMS, pet potresov IV. do V. stopnje po EMS, pet potresov V. stopnje po EMS in dva potresa med V. in VI. stopnjo po EMS lestvici. Ostali potresi so dosegli največjo intenziteto nižjo od IV. stopnje po EMS ali pa so jih prebivalci le čutili in stopnje ni bilo mogoče natančneje opredeliti. Večina žarišč je nastala v globini do 18km,

največ v globini med 6 in 9 km. Za močnejše potrese so bile odčitane smeri prvih premikov in s tem opredeljene rešitve prelomne ploskve. Večina močnejših potresov je bila narivnega značaja s prelomno ploskvijo v smeri približno vzhod-zahod. Pri ostalih je šlo za približno vodoravne premike ob skoraj navpičnih prelomih.

Sledijo članki o delovanju posameznih komponent mreže, od vpliva napajalnega sistema, napak na strojni opremi, testnih meritev seizmometrov do prikaza obiskanosti spletne strani. V letu 2007 se je izkazal pomen pravilnega izbora napajalnega sistema (UPS enote), saj je v minulem obdobju ta sistem povzročal na visokofrekvenčnem področju dodaten šum. Z razvojem in testiranjem nove UPS enote so bili vsi moteči elementi odpravljeni. Prav tako je bilo veliko pozornosti posvečene reševanju napak in okvar na instrumentih Q730. Najpogostejši okvari sta bili na diskih in spominskih karticah, pa tudi v vezjih GPS sprejemnika, napajalnega vezja in mrežnih karticah. Med drugim smo v letu 2007 na Observatoriju Conrad v Avstriji (ZAMG-Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) testirali seizmometre Guralp in STS-2. Meritve in testi so potekali v 150 m dolgem tunelu, ki zaradi seizmičnega miru omogoča tovrstno testiranje.

Računalniki s komercialno ter lastno programsko opremo na Uradu za seizmologijo in geologijo neprekinjeno beležijo seizmično aktivnost ter samodejno določajo osnovne parametre potresov. Parametre samodejno objavijo na spletnih straneh Agencije RS za okolje, s čimer je prva informacija o potresu dostopna širši javnosti že v nekaj minutah. Prikaz je omejen na bližnjo okolico Slovenije. Poleg preglednice z osnovnimi parametri je objavljena tudi slika z grafičnim prikazom položaja nadžarišča ter slika seizmogramov iz izbranih seizmičnih opazovalnic. Iz evidence o dostopnosti do spletne strani je vidna korelacija povečanega števila dostopov z zabeleženimi lokalnimi potresi.

Obsežen članek je posvečen 110-letnici prve potresne opazovalnice na Slovenskem in zajema razvoj instrumentalne seizmologije do danes. 18. septembra 1897, slabi dve leti po velikem ljubljanskem potresu, je začel beležiti potrese prvi seizmograf na slovenskih tleh in hkrati prvi v takratni Avstro-Ogrski monarhiji in tudi v kasnejši kraljevini Jugoslaviji. Od takrat dalje, seveda s presledki, ki sta jih povzročili obe vojni in druge politične nevšečnosti, je delež slovenske seizmologije opazen tudi v svetovnih razsežnostih. Že leta 1966 se je takratni Astronomsko-geofizikalni observatorij uvrstil med najboljše potresne opazovalnice na svetu, saj je bil sprejet v World-Wide Standardised Seismograph Network, po letu 2006 pa smo z izgradnjo nove državne mreže potresnih opazovalnic ponovno posegli v svetovno seizmologijo.

Vsako leto zatrese Zemljo več stotisoč potresov, ki presegajo magnitudo 2,0 in katerih žarišča so predvsem na stikih večjih geotektonskih plošč. Potresno najdejavnejši območja sta obtihocean-ski in sredozemsko-himalajski pas, ki vključuje tudi naše kraje. Večina potresov je šibkih, ne povzročajo gmotne škode in ne zahtevajo človeških življenj, med njimi pa je vsako leto nekaj deset takih, ki povzročijo veliko razdejanje in zahtevajo smrtno žrtve. Med 76 potresi, ki so v letu 2007 dosegli ali preseгли magnitudo 6,5 in povzročili večjo gmotno škodo ter zahtevali človeška življenja, je natančneje opisanih 34 potresov. Največ energije se je sprostito pri potresu 12. septembra na južni Sumatri, Indonezija. Imel je navorno magnitudo 8,4 in je zahteval 25 človeških življenj. Najgloblji potres je tudi v letu 2007 stresel otočje Fidži. Nastal je 6. maja in je imel žarišče v globini 676 km ter navorno magnitudo 6,5. Potresi v letu 2007 so zahtevali vsaj 704 žrtev.

Potres z največjim številom smrtnih žrtev je nastal 15. avgusta 2007 ob 23. uri in 40 minut po svetovnem času (UTC) oz. 18. uri in 40 minut po lokalnem času okoli 145 km jugo-jugo-vzhodno od Peruske prestolnice Lime. Po znanih podatkih je potres z magnitudo $M_w = 8,0$ zahteval najmanj 519 življenj in povzročil ogromno gmotno škodo. Žarišče je nastalo na stičišču dveh velikih tektonskih plošč, Južnoameriške na severovzhodu in plošče Nazca na jugozahodu. Ker je na tem območju najbolj poznano obalno mesto Pisco, je potres dobil tudi ime »Potres Pisco«.

V letu 2007 smo si ogledali eno največjih vaj civilne zaščite, ki je potekala v času od 19. do 24. maja 2007 v okolici Zadra na Hrvaškem. NATO-ov koordinacijski center za reagiranje v primeru nesreč - Euro-Atlantic Disaster Response Coordination Centre (EADRCC) in hrvaška

Državna uprava za zaščito i spašavanje (DUZS) v sodelovanju z nekaterimi drugimi partnerskimi državami in članicami zveze sta organizirala največjo mednarodno civilno vajo v letu 2007. Na njej je sodelovalo 21 držav iz Euro-Atlantic Partnership Council (EAPC) ter več kot 1200 pripadnikov civilne zaščite in podobnih institucij, ki so bili razdeljeni v 55 reševalnih ekip. Med njimi so bile tudi štiri ekipe iz Slovenije. Vajo je spremljalo več kot 120 opazovalcev iz 35 držav, med njimi tudi iz Slovenije. Cilj vaje IDASSA 2007 je doseči napredek v povezavah in koordinaciji dežel NATO-a in Partnerstva za mir ter preizkušanje odziva na morebitno katastrofo, zmožnosti in skupnega delovanja v krizni situaciji. Scenarij vaje je bil pripravljen tako, da so bili preizkušeni načini, kako odgovoriti na naravno nesrečo in teroristični napad v istem času. Civilne institucije in vojaške enote so delovale skupno.

Tudi ob izidu publikacije Potresi v letu 2007 se sodelavci Agencije RS za okolje, Urada za seizmologijo in geologijo zahvaljujemo več kot 5000 prebivalcem različnih območij Slovenije, ki so nam z odgovori na makroseizmične vprašalnike (v letu 2007 smo jih poslali 5157) pomagali k boljši oceni potresnih parametrov.

Urednik

Renato Vidrih

PREFACE

The seventeenth annual publication »Earthquakes in year...« published by Seismology and Geology Office of The Environmental Agency of the Republic of Slovenia comes out. The first part of the publication discusses operation of the state seismic network. In the second part the seismic activity in Slovenia, as well as the problems and innovations in the seismic network are presented. The 110th anniversary of the first seismic station in Slovenia was celebrated in 2007; therefore an extensive paper is dedicated to historical overview of the instrumental seismology in Slovenia. The last part of the publication is dedicated to world seismicity.

In 2007 there were 26 digital seismic stations incorporated in seismic network with real-time continuous data transmission to data centre in Ljubljana. Three temporary stations and 11 stations with accelerometers for monitoring seismic activity on urban areas were also operating. Analogue seismographs on VOJS and LJU seismic stations are still in use. 3748 seismic events were recorded, among them 1117 teleseismic (more than 1100 km away), 554 regional earthquakes (distance between 160 km and 1100 km), 1394 local earthquakes (distance less than 160 km) and 683 artificial events.

The papers that follow speak about seismic stations' operation and data collection efficiency. The cause of short breaks are communications' problems, longer interruptions are effects of power failures and seismic equipment breakdowns. A computer program was developed in order to analyze the operation of a single seismic station, as well as the operation parameters of the entire network. In 2007 8.5 % of data from data stream with 200 sps (HH) and 7.9 % of data from data stream with 20 sps (BH) were lost from permanent stations. The greatest data loss is accounted for seismic stations CADS and VOJS, due to changing the communication type from wireless HSCSD to ADSL and station MOZS, which was hit by lightning.

The central paper is on seismic activity in Slovenia in 2007. Earthquake activity was moderate in 2007. The inhabitants felt more than 44 earthquakes. The strongest earthquakes were on 26 May at 06.03 UTC near Zilje, on 29 September at 01.24 UTC near Cirje and 18 December at 03.26 UTC near Rakovec, with local magnitudes 3.0. The earthquakes on 26 September at 19.47 and 21.39 UTC or 21.47 and 22.39 Central European time, with hypocentres in the vicinity of Brežice and magnitudes of 2.8 and 2.9 respectively were with the strongest effects and reached the intensity V-VI EMS-98. Six earthquakes had maximum intensity IV EMS-98, five IV-V EMS-98, five V EMS-98 and two events V-VI EMS-98. The majority of the earthquakes originated in the depth less than 18 km, most of them between 6 and 9 km. From the seismograms of stronger earthquakes in Slovenia in 2006 and 2007 we read the first onsets of the arrivals of the longitudinal waves. For 23 of them there was enough data to determine the fault plane solutions. The mechanism is mostly of the thrust type with the fault plane striking approximately east - West. The remaining earthquakes were of the strike-slip type with the almost horizontal movement along the fault.

The next part consists of papers on particular components of the network, influence of the power supply units, errors on equipment, test measurements of the seismometers and the web page access frequency analysis. The choice of the UPS unit turned out to be important in 2007, as the UPS units were found to be the cause of the high frequency noise. The problem was eliminated by using the last generation of UPS units instead of older versions. Beside this, other kinds of errors have been appearing on Q730s of Slovenian National Seismic Network, the most common being flash disk failure and memory card failure. Two among our seismometers were tested at the Conrad Observatory of the Central Institute for Meteorology and Geodynamics (ZAMG). Part of the observatory is a 150 m long tunnel with several piers for seismometers. Tested seismometers (CMG - 40T and CMG3-ESPC) were installed in a tunnel next to a STS2 seismometer, which was provided from Conrad Laboratory.

Seismic activity is automatically monitored by computers with commercial and proprietary software. A tabular display of basic earthquake parameters along with a geographical view of the epicenter and a picture of related seismograms is available within minutes after the earthquake occurrence. Only the earthquakes in Slovenia and in the close border region are published. Web page access frequency was studied from access logs maintained by the web server, for the period between December 2007 and May 2008. The correlation between web page access peaks and earthquake occurrence was accounted for some earthquakes.

An extensive article is dedicated to 110th anniversary of the first seismic station in Slovenia. In 1897, nearly two years after the well-known Ljubljana earthquake, the first seismograph was set up in Ljubljana; that was the beginning of seismological observations in Austro-Hungarian Empire (and later on the territory of the Kingdom of Yugoslavia). The contribution of Slovene seismology has been (with the exception of the two war periods and occasionally due to other political inconveniences) noticed world-wide ever since.

Every year the Earth is shaken by several hundred thousand earthquakes with magnitudes over 2.0, mostly originating at the geotectonic plate boundaries. Two well-defined seismic belts, the circum-Pacific and the Mediterranean-Himalayan belts, are subject to the most frequent earthquake shocks. The latter also includes the region of Slovenia. Most earthquakes are weak and do not cause any material damage and do not claim human lives. In addition to these, there are several earthquakes which result in extreme destruction and even death. There were 76 earthquakes in year 2007 that either reached a magnitude of 6.5 or more, caused minor or major material damage, or even claimed human lives. Thirty-four of them are mentioned. The most devastating earthquake in 2007 happened on 15 August near the coast of central Peru, where at least 519 were killed. The 12 September earthquake on Southern Sumatra, Indonesia, rank first in terms of released energy, with a moment magnitude of 8.4 and it claimed 25 human lives. The deepest earthquake happened on 6 May near Fiji with a hypocentre 676 km below the surface and the moment magnitude of 6.5. In 2007, earthquakes claimed more than 704 human lives.

Earthquake with the highest number of fatalities occurred on 15 August 2007 at 23:40 UTC or 18:40 local time around 145 km south-south-east from Peruvian capital Lima. By known data earthquake with magnitude $M_w = 8.0$ demanded at least 519 lives and caused enormous material damage. Focal point occurred at the junction of two major tectonic plate, the South American in the northeast and Nazca plate in the south-west.

The Euro-Atlantic Disaster Response Coordination Centre (EADRCC) conducted the disaster response exercise IDASSA 2007 in the coastal Zadar county of Croatia from 19 to 24 May 2007. Twenty-one Euro-Atlantic Partnership Council (EAPC) nations participated in the exercise, by deploying some 55 national expert teams each with the expertise and capability to deal with a different aspect of the fictitious emergency situation. All together, approximately 1,200 participants, including more than 120 observers from 35 countries took part in the event. IDASSA 2007 allowed NATO and Partner countries to practice disaster response mechanisms and capabilities and to enhance co-operation in emergency situations. The exercise scenario was designed to test best

practices of how to respond a natural disaster and a terrorist threat at the same time, providing an opportunity for civilian responders and military units to work together. The fictional scenario for the field exercise comprised a devastating earthquake, further aggravated by chemical leaks in an industrial seaport and a threat of terrorists using a biological agent onboard a passenger plane.

On this occasion the staff of Environmental Agency, Seismology and Geology Office would like to thank more than 5000 voluntary observers for their answers to macroseismic questionnaires (5157 of them were sent in 2006), and in that way help us to make better evaluation of earthquake parameters.

Editor

Renato Vidrih

POTRESNE OPAZOVALNICE V SLOVENIJI V LETU 2007

SEISMIC NETWORK IN SLOVENIA IN 2007

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

Povzetek

V letu 2007 je na območju Slovenije delovalo 24 digitalnih potresnih opazovalnic nove mreže in dve stari, povezanih v omrežje z neprekinjenim prenosom podatkov v središče za obdelavo v Ljubljani, 3 začasne potresne opazovalnice ter 11 opazovalnic z akcelerometri za opazovanje seizmičnosti na urbanih območjih. Na opazovalnicah na Vojskem in na observatoriju na Golovcu v Ljubljani še vedno delujeta analogna seizmografa z zapisom s črnilom na papir. Po projektu PM2000 smo v državno mrežo potresnih opazovalnic vključili opazovalnico GBRS v Gornji Brigi na območju Borovške gore. Nedokončana je ostala le še opazovalnica v Gorenji Brezovici zaradi težav pri zagotovitvi prenosa podatkov.

Abstract

In the year 2007 there are 24 digital seismic stations of new network and two old stations incorporated in seismic network, with real-time continuous data transmission to data centre in Ljubljana. Three temporary stations and 11 stations with accelerometers for monitoring seismic activity in urban areas are also operating, as well as analogue seismographs on VOJS and LJU seismic stations. Seismic station GBRS in Gornja Briga was included in seismic network of Slovenia. Seismic station in Gorenja Brezovica is not finished yet because of difficulties in providing transmission line.

Uvod

Septembra leta 2007 je preteklo 110 let od začetka delovanja prve potresne opazovalnice na Slovenskem. Dve leti po potresu, ki je na velikonočno nedeljo leta 1895 porušil Ljubljano, je 18. septembra 1897 začela delovati prva potresna opazovalnica v prostorih realke na Vegovi 4 v Ljubljani, ki jo je vodil dr. Albin Belar. Opazovalnica je delovala do leta 1919, ko so večino opreme preselili v Beograd. Leta 1921 je Albin Belar v svoji vili v Podhomu pri Bledu ustanovil privatno potresno opazovalnico »Sir Humphry Davy«, ki je delovala do leta 1930. Potresna opazovalnica na ljubljanski Univerzi je znova začela obratovati decembra 1924 in je delovala do začetka II. svetovne vojne. Podrejena je bila Seizmološkemu inštitutu v Beogradu, kamor so tudi pošiljali v obdelavo vse seizmogramе. Po koncu II. svetovne vojne so se možnosti za seizmična opazovanja odprle z izgradnjo Astronomsko-geofizikalnega observatorija na Golovcu v Ljubljani leta 1954. Z beleženjem potresov na observatoriju so začeli s poskusnim delovanjem seizmografov leta 1958. Potresna opazovalnica Ljubljana (LJU) 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 Cerknškem 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 opazovalnici 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), v letih 2005 in 2006 po dve novi potresni opazovalnici ter leta 2007 eno novo potresno opazovalnico (slika 1).

Analogne potresne opazovalnice

Urad za seizmologijo in geologijo uporablja tudi analogne seizmografe za beleženje potresov (preglednica 1). Analogni seizmograf sestavljajo seizmometer, seizmografski ojačevalnik z ustreznimi filtri in pisar z zapisom s črnilom na navaden papir. Slabost analognih seizmografov je majhno dinamično območje (40 – 45 dB) in ločljivost. Šibkih potresov zaradi majhne ločljivosti 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 2007 še vedno delujejo na potresnih opazovalnicah na observatoriju na Golovcu v Ljubljani in na Vojskem.

opaz. station	ozn. code	zem. šir. latitude	zem. dolž. longitude	n. viš. elev. [m]	geološka podlaga local geology	seizmometer sensor type	pisar 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 pisar/ recorder Günter-Volk (črnilo/ ink)	01. 01. 1974 še deluje/ operating
Vojsko	VOY	46,0316	13,8882	1073	zgorjnjetriasni dolomit dolomite	kratkoperiodni shortperiod Willmore MkII 3 komp./comp.	ojačevalnik SO-03 pisar/ recorder VR - 2 (črnilo/ ink)	28. 11. 1984/ še deluje/ operating

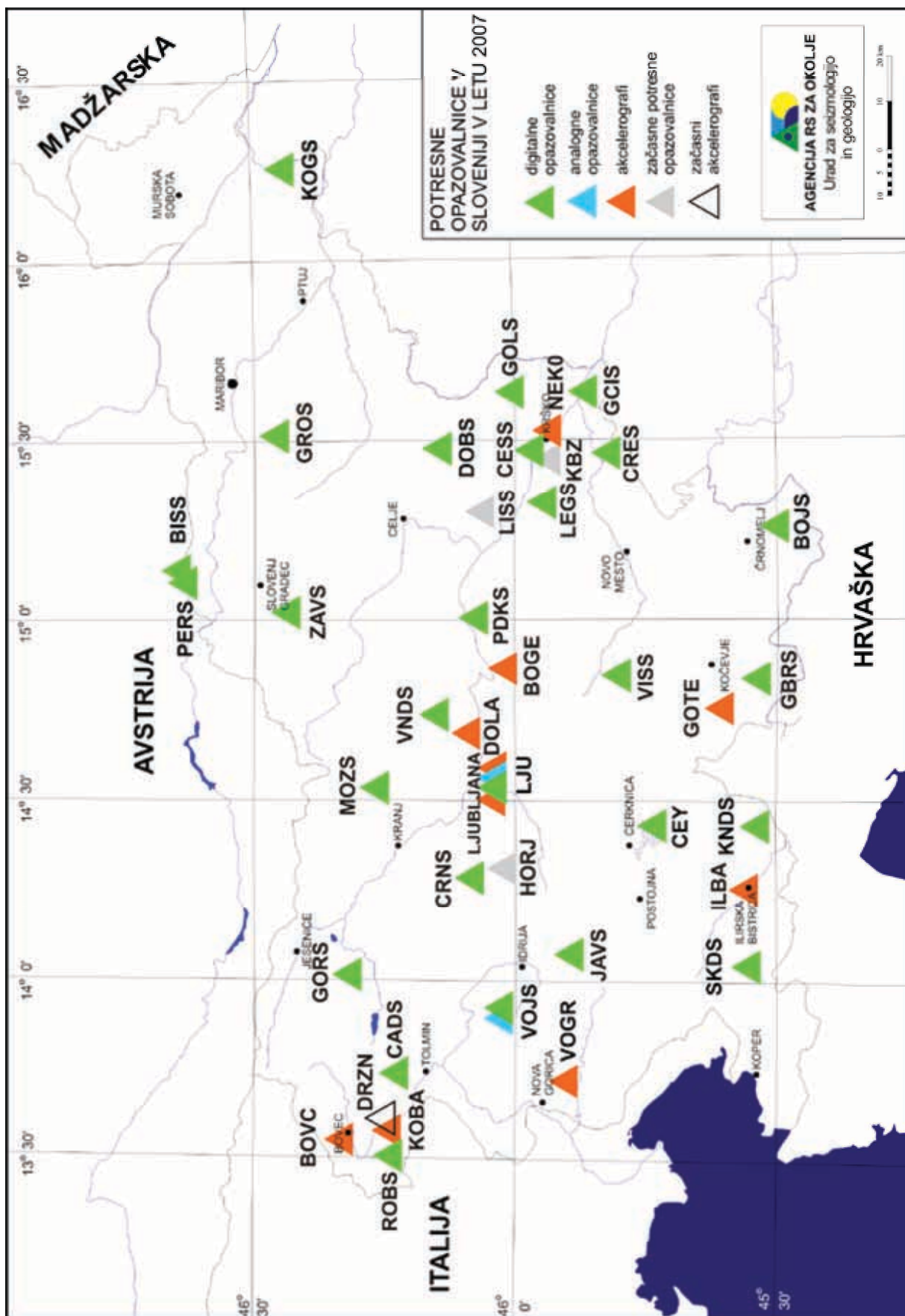
Preglednica 1. Analogni potresni opazovalnici v Sloveniji.

Table 1. Analogue seismic stations in Slovenia.

Digitalne potresne opazovalnice

Pri digitalnih sistemih je seizmometer analogen instrument, vsa ostala oprema je digitalna. Dinamično območje in ločljivost 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 prekrmiljenje sistema pri močnejših potresih. S tem načinom lahko močno povečamo dinamično območje sistema, ločljivost 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. To je bil šestkanalni digitalni seizmograf s tremi enokomponentnimi širokopasovnimi seiz-



Slika 1. Potresne opazovalnice v Sloveniji leta 2007.

Figure 1. Seismic network in Slovenia in 2007.

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 CMG-40T 3 komp./ comp.	RD3-1639	22. 05. 1996
						širokopasovni/ broadband STS-2 3 komp./ comp. akcelerometer/ 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. akcelerometer/ 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 3 komp./ comp. CMG-40T	HRD24-2432	29. 09. 2006
						širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	07. 04. 2001
Cerknica (Goričice)	CEY	45,73814	14,42214	579	apnenec limestone	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	RD3-1639	14. 01. 1997
						širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	30. 03. 2001
Cesta	CESS	45,97325	15,46317	372	dolomit dolomite	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	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
Črešnjevce	CRES	45,97325	15,46317	372	dolomit dolomite	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q730	07. 03. 2002
Legarje	LEGS	45,94880	15,31771	390	sivi dolomit dolomite	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40TBH	Q 730	02. 09. 2002
Podkum	PDKS	46,06120	14,99777	679	dolomit dolomite	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40TBH	Q 730	11. 11. 2002
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 3 komp./ comp. CMG-40T	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 akcelerometer/accelerometer 3-komp./ comp. EpiSensor	Q 730	22. 01. 2004
Gorjuše	GORS	46,31741	13,99991	1048	ploščasti apnenec z roženci platy limestone with chert	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T akcelerometer/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
Možjanca	MOZS	46,29410	14,44334	660	ploščasti apnenec platy limestone	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	07. 07. 2005

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					
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
Vrh pri Dolskem	VNDS	46,10169	14,70143	531	kremenov peščenjak quartz sandstone	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q 730	18. 01. 2006
Skadanščina	SKDS	45,54647	14,01317	558	ploščati apnenci platy limestone	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. STS-2 akcel./ accelerometer 3-komp./ comp. EpiSensor	Q730	12. 04. 2006
dokončana in vključena v omrežje leta 2007 / finished and connected to network in 2007								
Gornja Briga	GBRS	45,53110	14,1007	610	zgorjetriasni dolomit dolomite	širokopasovni/ broadband 3 komp./ comp. CMG-40T	Q730	13. 04. 2007

Preglednica 2. Digitalne potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2007.

Table 2. Digital seismic stations in Slovenia in 2007.

mometri WR-1 in trikomponentnim akcelerometrom FBA-23 podjetja Kinometrics. Seizmograf ima 16-bitni analogno-digitalni pretvornik analognega signala 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.

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 Cerkniškem 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 programsko opremo, 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 ustrežno natančnostjo in zanesljivostjo v realnem času. 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 leta 2002 vključili v omrežje sedem: Goliše (GOLS), Črešnjevca (CRES) in Legarje (LEGS) na širšem območju Krškega, Podkum (PKDS) 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 Cirkniku 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 novi opazovalnici in vanje namestili novo merilno opremo. Opazovalnici sta dobili tudi novi oznaki: 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 sta bili dokončani opazovalnici na Možjanci (MOZS) in na Črnem Vrhju (CRNS) nad Polhovim Gradcem in v prvi polovici leta 2006 opazovalnici Vrh pri Dolskem (VNDS) in Skadanščina (SKDS). Leta 2007 pa je bila v omrežje vključena opazovalnica Gornja Briga (GBRS) na Kočevskem (slika 2). 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 Guralp CMG-40T in zajemalna enota Quanterra Q730. Enota ima na vhodu tri (pri petih opazovalnicah šest) predojačevalnike, neod-



Slika 2. Nova potresna opazovalnica Gornja Briga (GBRS) (foto: P. Sinčič).

Figure 2. New seismic station Gornja Briga (GBRS) (Photo: P. Sinčič).

visne 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 (Vidrih in sod., 2002).

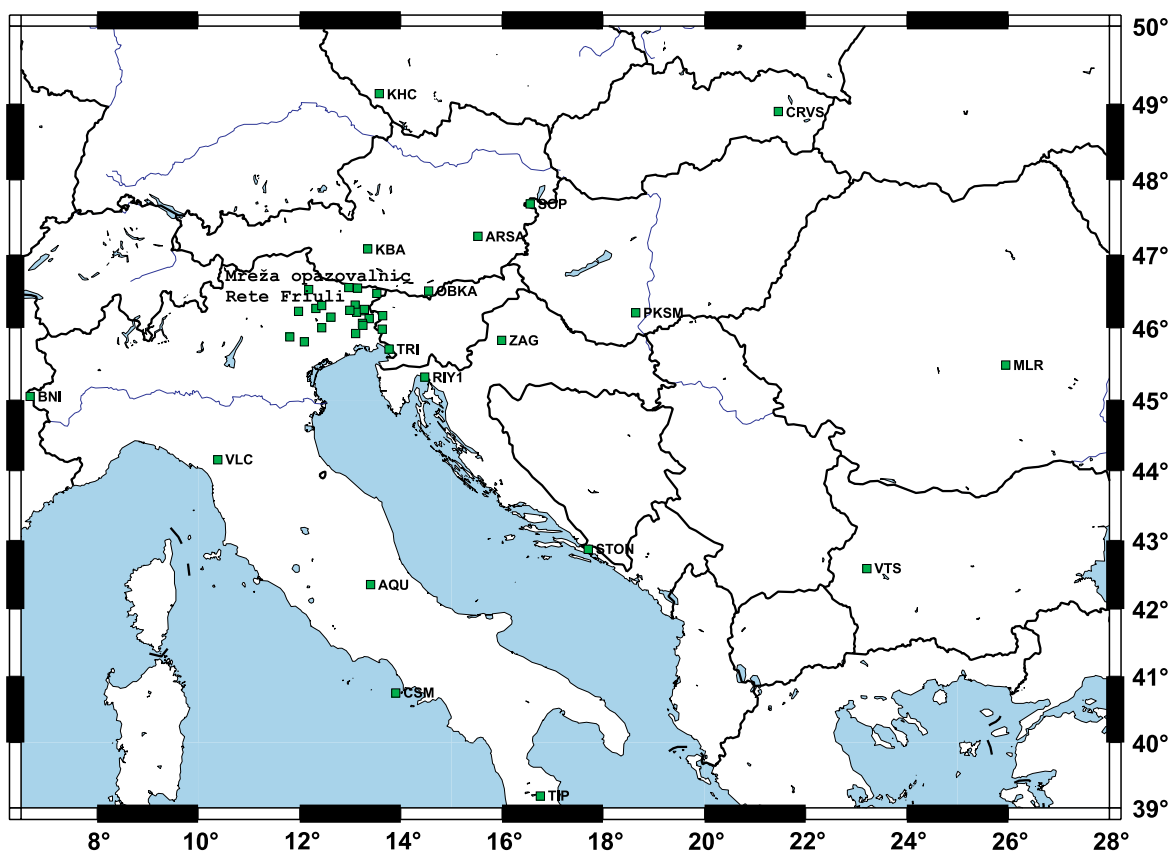
Na opazovalnicah Legarje, Goliše, Zavodnje in Podkum je seizmometer nameščen v vrtino. Na potresni opazovalnici Robič je vsa oprema nameščena v skalni votlini, v Ljubljani pa v kleti observatorija na Golovcu. Podatki o vseh digitalnih potresnih opazovalnicah v Sloveniji v letu 2007 so zbrani v preglednici 2.

Zaradi prevelike podražitve prenosa podatkov po GSM omrežju smo tekom leta zamenjali vrsto prenosa podatkov z opazovalnic, kjer ni možnosti priklopa na omrežje Telekoma Slovenije. Za potresne opazovalnice Gornja Briga (GBRS), Gornji Cirknik (GCIS), Javornik (JAVS), Knežji dol (KNDS) in Zavodnje (ZAVS) smo za prenos podatkov uporabili satelitsko internetno povezavo.

Že nekaj časa poteka prenova omrežja HKOM z nabavo nove komunikacijske opreme, ki podpira VPN/MPLS tehnologijo, omogočila pa bi poenostavitev in večjo standardizacijo omrežja ter znižanje stroškov lastništva in upravljanja. MPLS tehnologija zamenjuje starejši ATM in 'frame relay' tehnologiji zaradi boljše podpore sedanjim in prihodnjim potrebam uporabnikov. Ta tehnologija med drugim omogoča uporabo ADSL priključkov za zanesljiv in varen prenos podatkov po telefonskih linijah in zagotavlja širokopasovno povezavo ob precej nižjih stroških v primerjavi z najetimi linijami. Tako smo v letu 2007 pričeli z nameščanjem nove opreme na potresnih opazovalnicah Bojanci (BOJS), Čadrg (CADS), Dobrina (DOBS), Gorjuše (GORS), Ljubljana (LJU), Robič (ROBS), Višnje (VISS) in Vojsko (VOJS).

Ker je ta tip komunikacije omejen na dolžino medija oziroma oddaljenosti med potresno opazovalnico in centralo Telekoma bo na potresnih opazovalnicah Bistriški jarek (BISS), Cerknica (CEY), Črešnjevce (CRES), Goliše (GOLS), Grobnik (GROS), Kog (KOGS), Legarje (LEGS), Možjanca (MOZS), Podkum (PKDS), Pernice (PERS), Skadanščino (SKDS) in Vrh pri Dolskem (VNDS), ki so preveč oddaljene od centrale, ostal prenos podatkov po najetih linijah.

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.



Slika 3. Virtualna mreža tujih potresnih opazovalnic, iz katerih dobivamo podatke v realnem času. Podatke prenašamo iz opazovalnic iz Italije, Avstrije, Hrvaške, Madžarske, Slovaške, Češke, Romunije in Bolgarije.

Figure 3. Virtual network of foreign seismic stations from which we receive real-time seismic data. Data are transferred from stations in Italy, Austria, Croatia, Hungary, Slovakia, Czech Republic, Romania and Bulgaria.

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.

Razvoj računalniških komunikacij je v zadnjem času omogočil tudi nastanek tako imenovanih virtualnih mrež potresnih opazovalnic. Samo opazovalnico in na njej nameščeno opremo vzdržuje lokalna institucija, vendar so podatki dosegljivi vsem zainteresiranim, tudi iz drugih delov sveta. Tako v Sloveniji v SOP podatke slovenske državne mreže integriramo s podatki nekaterih opazovalnic iz sosednjih držav (Avstrije, Hrvaške, Italije in Madžarske) (slika 3). Na ta način povečamo območje bolj natančnega določanja žariščnih parametrov ter se lažje izognemo izpadu in nasičenosti zapisov v primeru močnega potresa. Za spremljanje potresne aktivnosti v širši regiji v realnem času pridobivamo podatke iz še nekaterih držav osrednje in jugovzhodne Evrope. Seveda so tudi naši podatki na voljo vsem zainteresiranim institucijam v tujini. Prednosti virtualnih mrež so predvsem v tem, da so opazovalnice in oprema vzdrževane lokalno, podatki pa dostopni globalno. Upravljalcem virtualnih mrež je na voljo možnost, da za določen namen od vseh ponujenih zapisov v svojo konfiguracijo vključijo le tiste najbolj primerne (Živčič et al., 2005, Živčič, 2006).

Začasne potresne opazovalnice

Že več let imamo začasno postavljene instrumente v Horjulu, Brezjah pri Senušah in na Lisci v meteorološki postaji. Čeprav instrumenti delujejo že vrsto let na omenjenih lokacij, uporabljamo termin začasno zaradi tega, ker same lokacije niso najbolj primerne za spremljanje potresne dejavnosti zaradi nemira, ki ga povzročajo ljudje.

opaz. station	ozn. code	zem. šir. latitude	zem. dol. longitude	n. viš. elev. [m]	senzor ensor type	zajemalna naprava acquisition unit	začetek delovanja start time	konec delovanja stop time
		°N	°E					
Brezje pri Senušah	KBZ	45,9334	15,4334	208	3-komp. širokopasovni 3-comp. broadband CMG 40T	PR6	14. 03. 2005	konec 2007 še deluje end of 2007 operational
Horjul	HORJ	46,0252	14,305	350	3-komp. akcelometer 3 comp. accelerometer FBA-23	SSA-2	08. 12. 2006	konec 2007 še deluje end of 2007 operational
Lisca	LISS	46,0673	15,2906	948	3-komp. širokopasovni 3-comp. broadband CMG 40T	Q 730	07. 02. 2002	konec 2007 še deluje end of 2007 operational

Preglednica 3. Začasne potresne opazovalnice in akceleroграфи v letu 2007.

Table 3. Temporary seismic stations and accelerographs in 2007.

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 v Gotenici (preglednica 4).

Poleg tega imamo dostop do akceleroграфа v Nuklearni elektrarni Krško. Akceleroграф na FGG tvorita akcelometer FBA-23 z merilnim območjem 1 g in zajemalna aparatura SSA-2 z 12-bitnim analogno digitalnim pretvornikom. 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.

opaz. station	ozn. code	zem. šir. latitude	zem. dol. longitude	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
		°N	°E						
Bogenšperk	BOGE	46,0237	14,8572	422	FBA-23	Etna	1 g	01.01-31.12.	12
Bovec	BOVC	46,3382	13,5543	455	FBA-23	Etna	4 g	01.01-31.12.	10
Drežnica	DRZN	46,2586	13,6126	544	EpiSensor	Etna	2 g	01.01-31.12.	15
Gotenica	GOTE	45,6095	14,7464	670	FBA-23	Etna	1 g	01.01-31.12.	14
Horjul	HORJ	46,0252	14,3050	350	FBA-23	SSA-2	0,25 g	01.01-31.12.	2
Kobarid	KOBR	46,2474	13,5786	234	FBA-23	Etna	4 g	01.01-31.12.	7
Krško (NEK)	NEK0	45,9391	15,5185	156	FBA-23	Etna	2 g	01.01-31.12.	2
Vogršček	VOGR	45,9057	13,7258	106	EpiSensor	K2	1 g	01.01-31.12.	3
FGG	FAGG	46,0459	14,4944	295	FBA-23	SSA-2	1 g	01.01-31.12.	2
Dolsko	DOLA	46,0938	14,6781	265	FBA-23	SSA-2	1 g	01.01-31.12.	1
Ilirska Bistrica	ILBA	45,5638	14,2445	404	FBA-23	Etna	0,25 g	01.01-31.12.	0

Preglednica 4. Opazovalnice za beleženje močnih potresov v letu 2007.

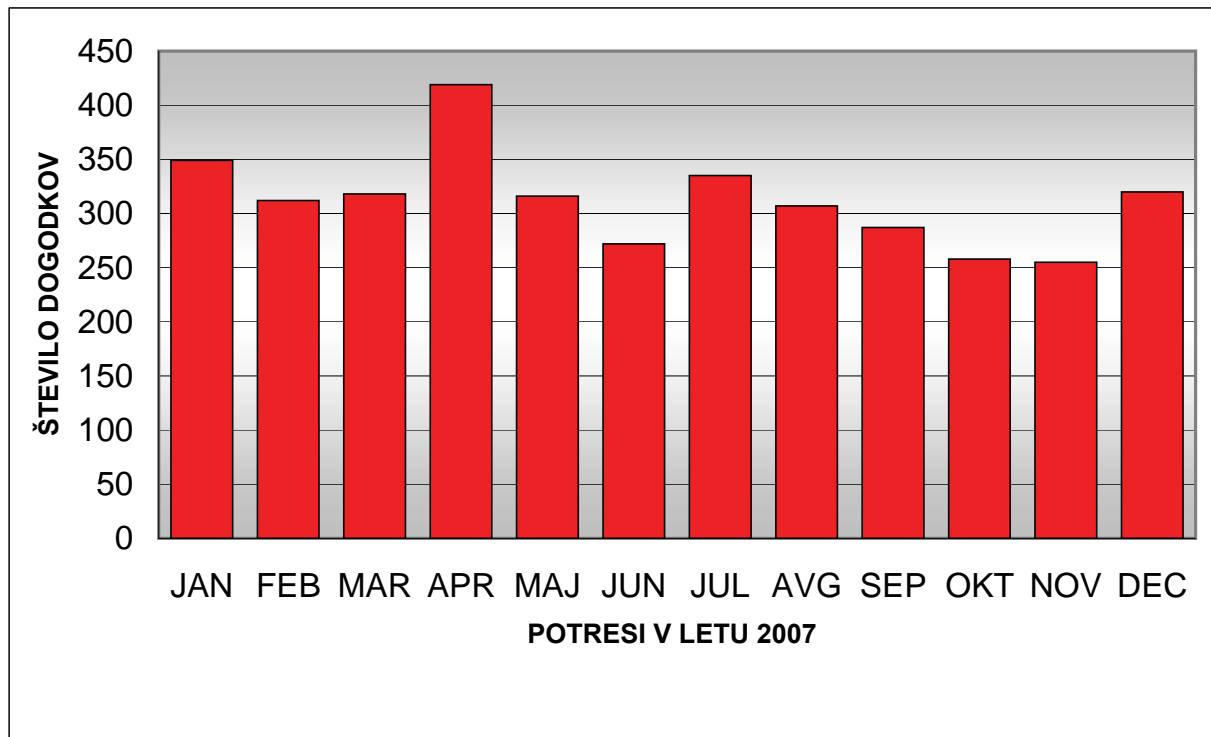
Table 4. Strong motion stations in 2007.

mesec	oddaljeni potresi	regionalni potresi	lokalni potresi	umetni potresi	potresi	dogodki
month	distant earthquakes	regional earthquakes	local earthquakes	artificial	earthquakes	events
januar January	97	40	122	90	259	349
februar February	68	57	122	65	247	312
marec March	71	55	108	84	234	318
april April	172	54	157	36	383	419
maj May	83	52	127	54	262	316
junij June	58	47	122	45	227	272
julij July	106	54	118	57	278	335
avgust August	94	52	99	62	245	307
september September	122	30	90	45	242	287
oktober October	72	38	97	51	207	258
november November	76	24	100	55	200	255
december December	98	51	132	39	281	320
skupaj Total	1117	554	1394	683	3065	3748
legenda Legend	Oddaljeni potresi / Distant earthquakes Regionalni potresi / Regional earthquakes Lokalni potresi / Local earthquakes					$\Delta > 10^\circ$ (> 1.100 km) $1,5^\circ < \Delta < 10^\circ$ (< 1.100 km) $\Delta \leq 1,5^\circ$ (≤ 160 km)

Preglednica 5. Potresi v letu 2007, zabeleženi na slovenskih potresnih opazovalnicah.

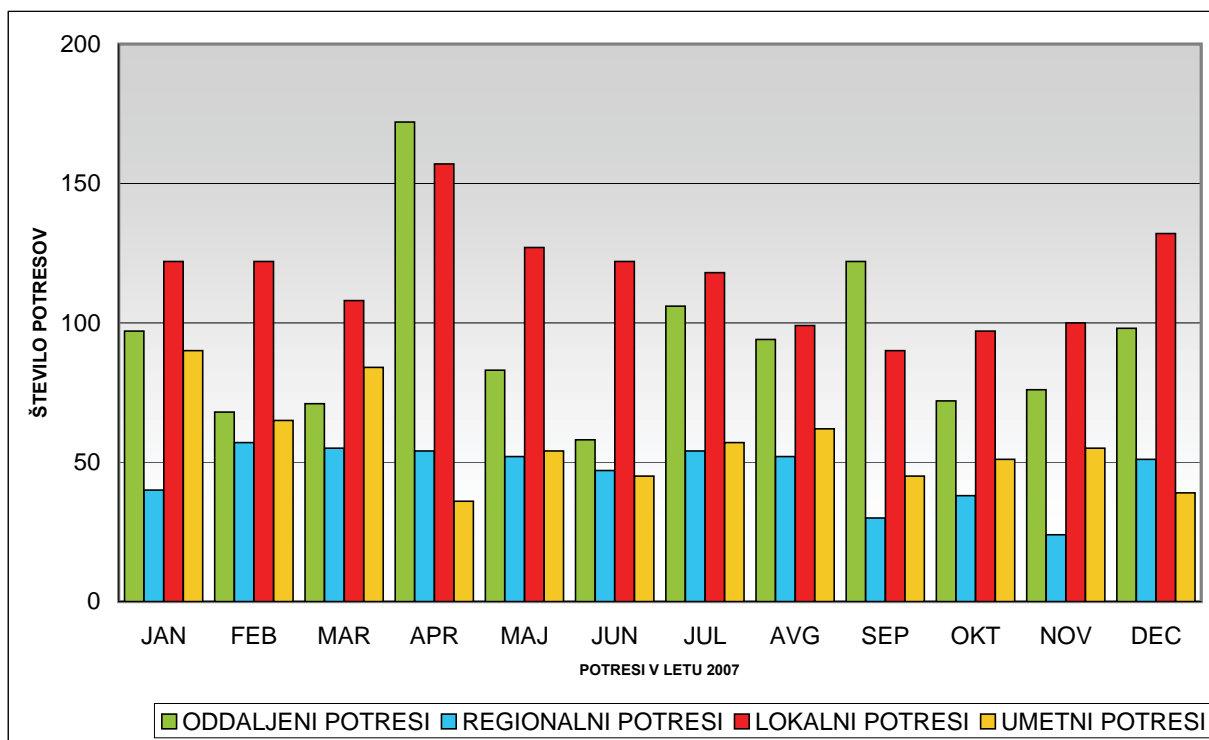
Table 5. Earthquakes in 2007 recorded at Slovenian earthquake stations.

V Gotenici je nameščen akcelero graf 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 akcelero graf Etna z vgrajenim senzorjem FBA-23 s prenosom podatkov po klicni telefonski liniji. V zgornjem Posočju



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 artificial events.

so v opazovalnicah v Bovcu, Drežnici in Kobaridu nameščeni akcelerografi Etna s prenosom podatkov po klicni telefonski liniji. V Ilirski Bistrici je nameščen akcelerograf Etna s prenosom podatkov po omrežju GSM. Na vodni pregradi Vogršček je bil v letu 2004 nameščen akcelerograf K2 z vgrajenim in dvema zunanjima akcelerometroma EpiSensor in s prenosom podatkov po klicni telefonski liniji. Akcelerograf 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). Podatke z akcelerografov SSA-2 zbere delavec s pomočjo prenosnega računalnika ob obisku opazovalnice.

Potresne opazovalnice so v letu 2007 zabeležile 3065 potresov (sliki 4 in 5), od tega 1394 lokalnih potresov, 554 regionalnih in 1117 oddaljenih. Seizmografi so zapisali tudi 683 umetnih potresov (razstreljevanj) (preglednica 5).

Literatura

- Prosen, T., 2006. Akcelerografi 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., Gosar, A., Sinčič, P., 2002. Omrežje potresnih opazovalnic okoli jedrske elektrarne Krško. Življenje in tehnika, letnik 53/11, 59-67, 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.
- Živčič, M., Kopal, M., Kolar, J., Pahor, J., 2005. Performance of the New Seismic Network of the Republic of Slovenia - First Results, NATO Advanced Research Workshop: Earthquake Monitoring and Seismic Hazard Mitigation in Balkan Countries, 11-17 September 2005. Borovetz.
- Živčič, M., 2006. Seismic Network of the Republic of Slovenia, 30 anni dal Terremoto del Friuli 30 anni di Protezione Civile, Udine, Italy, 4-6 May 2006. Udine.

DELOVANJE POTRESNIH OPAZOVALNIC V LETU 2007

SEISMIC STATIONS OPERATION IN 2007

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

Povzetek

V prispevku so podani rezultati analize delovanja potresnih opazovalnic državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2007. Programska oprema, ki smo jo razvili v letu 2005 ter dopolnili v letu 2007, na osnovi statusnih podatkov analizira tako delovanje posamezne potresne opazovalnice kakor tudi delovanje celotne mreže potresnih opazovalnic. Zanimalo nas je predvsem število prekinitev v komunikaciji s posamezno potresno opazovalnico (izpad) glede na njihovo trajanje, predvsem število tistih izpadov, ki so trajali več kot 2 uri, saj v takem primeru že lahko pride do izgube podatkov. Za najdaljše izpade posamezne potresne opazovalnice smo podali tudi njihove vzroke. Izračunali smo skupno trajanje izpadov posamezne potresne opazovalnice glede na določen časovni interval ter skupno trajanje izpadov posamezne potresne opazovalnice v določenem mesecu. Podali smo tudi število in datume nastopa ponovnih zagonov zajemalne enote Quanterra 730. Poleg rezultatov analize delovanja posamezne potresne opazovalnice v prispevku podajamo tudi časovne intervale, znotraj katerih ni delovalo po več potresnih opazovalnic hkrati in tudi razloge za omenjeno nedelovanje. Namreč zavedati se moramo, da je za analizo parametrov potresa veliko bolj kritično, če v istem časovnem oknu ne deluje večje število potresnih opazovalnic, kot če jih dlje časa ne deluje manjše število. Na osnovi omenjene analize redno poteka tudi razvoj in izvedba možnih posodobitev, ki naj bi prispevale k boljšemu in zanesljivejšemu delovanju državne mreže potresnih opazovalnic.

Abstract

The results of analysis of operation for seismic network of Slovenia in year 2007 are presented in this paper. A software program capable of producing the results of analysis of operation, on basis of status data, for particular seismic station and also for the whole seismic network, was developed. We were especially interested in the number and lengths of out-of-operation periods (especially of those longer than two hours – possible loss of seismic data) for particular seismic station. The number of fixed length out-of-operation periods for particular seismic station and the sum of out-of-operation period in each month of operation for every seismic station was calculated. Furthermore, an analysis of causes for the longest out-of-operation periods for particular seismic station was made. The data on Quanterra Q730 data logger resets are presented, as well as some parameters that illustrate the functioning of the whole seismic network. Time intervals when more seismic stations were not functioning simultaneously were calculated and presented. On behalf of the results, several improvements are made every year, contributing to better and more reliable operation of seismic network of Slovenia.

Uvod

Posamezna potresna opazovalnica državne mreže potresnih opazovalnic je opremljena z zajemalno enoto Quanterra 730 (Q730) in seizmometrom Guralp CMG 40T, nekatere opazovalnice so opremljene tudi s seizmometrom STS-2 ali s seizmometrom Guralp CMG 3ESP Compact. Enota Q730 skrbi za zajem seizmičnih podatkov iz seizmometra, pretvorbo teh podatkov v digitalno obliko in opremljanje podatkov z natančnim časom preko GPS sistema. Po pripravi podatkov zajemalna enota podatke pošlje v središče za obdelavo podatkov (SOP) v Ljubljani. Izmenjava podatkov poteka v realnem času. V kolikor pride do izpada na komunikaciji, Q730 shrani podatke v interni spomin, ki je izveden v obliki krožnega pomnilnika. Če je izpad predolg, se starejši podatki v krožnem pomnilniku nadomestijo z novimi in tako pride do izgube podatkov. Proizvajalci opreme zagotavljajo dve uri (odvisno od kompresije podatkov) dovoljenega izpada na komunikacijah. V kolikor je izpad na komunikaciji daljši, lahko pride do izgube podatkov. Q730 v statusno log datoteko zabeleži vsako spremembo v zvezi z delovanjem sistema (prekinitev

oziroma vzpostavitev komunikacije, spremembe podatkov v zvezi z GPS-om, ...). V primeru daljšega izpada na komunikacijah oziroma če pride do izpada napajanja na Q730, so te statusne datoteke izgubljene. Izgubljene podatke o delovanju sistema lahko nadomestimo s podatki, ki jih dobimo s stalnim preverjanjem komunikacije posamezne potresne opazovalnice iz Ljubljane.

Izpadi potresnih opazovalnic

Analizo smo naredili na osnovi podatkov o delovanju posamezne potresne opazovalnice v letu 2007, ki se nahajajo v statusnih datotekah posamezne potresne opazovalnice (datoteke z interno oznako 'log') in statusnih datotekah, ki jih dobimo v SOP (datoteke z interno oznako 'ping' in 'latency'). V primeru, ko podatki v statusnih log datotekah niso bili podani za celo leto, smo analizo naredili na osnovi statusnih 'ping' datotek. To predvsem velja za potresne opazovalnice z GSM komunikacijo, ki smo jo tekom leta 2007 zamenjali s satelitsko komunikacijo.

Razvita programska oprema na osnovi omenjenih podatkov analizira delovanje posamezne potresne opazovalnice, pri čemer nas je zanimalo predvsem število izpadov posamezne potresne opazovalnice ter trajanje posameznega izpada. Izračunali smo skupno trajanje izpadov posamezne potresne opazovalnice glede na določen časovni interval ter skupno trajanje izpadov posamezne potresne opazovalnice v določenem mesecu. V primeru, ko v določenem krajšem časovnem obdobju pride do večkratnega izpada na komunikacijah, lahko zaradi omejitve pretoka informacije pride do izgube podatkov (programska oprema pošilja vedno iste podatke). V tem primeru pride do tako imenovanih pogojnih izpadov. S tem izrazom bomo definirali izpade, za katere velja, da je razmerje v določenem časovnem oknu med skupnim časom izpadov in celotnim časom več kot $2/3$. V tem primeru privzamemo, da komunikacije z opazovalnico ni bilo celoten čas 'utripanja'. Pogosti kratki izpadi na komunikacijah so značilni predvsem za potresne opazovalnice, ki komunicirajo preko GSM terminala (opazovalnice CADS, GCIS, JAVS, KNDS, VISS, VOJS in ZAVS), kar je bil tudi glavni razlog za menjavo tipa komunikacije na teh opazovalnicah (komunikacijo preko GSM smo zamenjali s satelitsko komunikacijo).

V letu 2007 smo omenjeno programsko opremo nadgradili s funkcijo, ki nam na osnovi istih podatkov izračuna tudi število in trajanje izpadov, v katere je bilo vključenih več potresnih opazovalnic sočasno, kjer smo izpade razdelili glede na trajanje ter glede na število opazovalnic, ki so bile sočasno vključene v izpad. Omenjeni podatki so pomembni predvsem s stališča odkrivanja napak, ki nimajo izvora na posamezni potresni opazovalnici ampak v komunikacijski mreži. Na odkrite napake zato lahko opozorimo za to pristojne službe (HKOM, ASTEC, Smart Com in druge).

Rezultati analize

V letu 2007 smo v državno mrežo vključili tudi potresno opazovalnico Gornja Briga (GBRS). V istem letu smo namesto GSM komunikacije vzpostavili satelitsko komunikacijo na potresnih opazovalnicah GBRS, GCIS, KNDS, JAVS in ZAVS. Zamenjava je bila izvedena v mesecih marcu in aprilu.

V poglavju podajamo rezultate analize delovanja državne mreže potresnih opazovalnic v letu 2007. Najprej bomo podali skupno trajanje izpadov glede na trajanje izpada za celotno mrežo potresnih opazovalnic (slika 1) in skupno trajanje izpadov vseh potresnih opazovalnic v posameznem mesecu (slika 2). Nato bomo podali pregled najdaljših izpadov za posamezno potresno opazovalnico in razloge zanje (preglednica 1 in 2). Na koncu pa podajamo še rezultate, ki se nanašajo na sočasnost izpadov več potresnih opazovalnic skupaj. Rezultati so podani v grafični in tabelarični obliki (slika 3 in preglednica 3).

V nadaljevanju bomo podali še rezultate analize delovanja mreže potresnih opazovalnic, ki obravnavajo izpade, kjer istočasno več potresnih opazovalnic ni pošiljalo podatkov. Na sliki 3

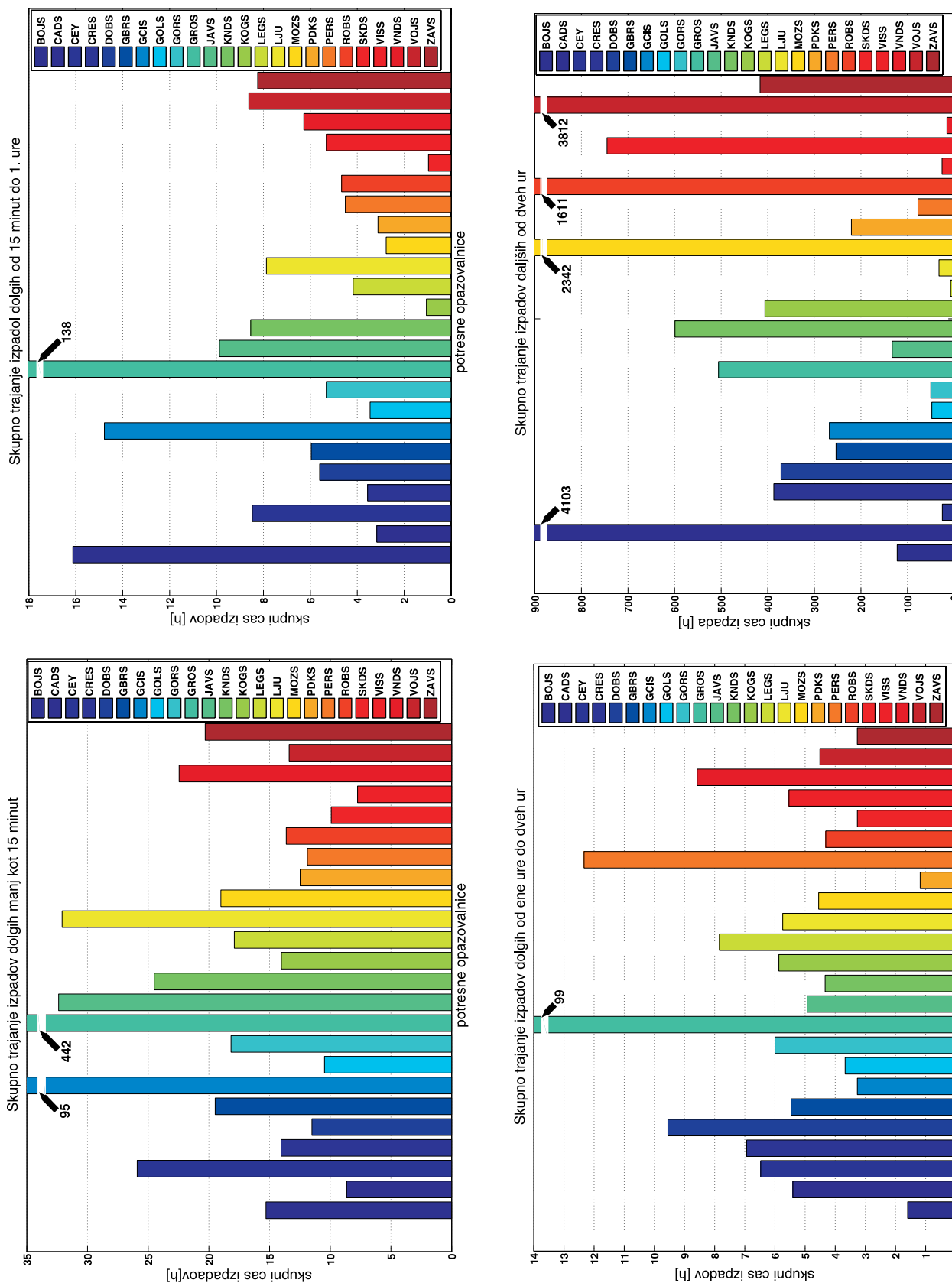
oznaka opazovalnice	število vseh izpadov	trajanje vseh izpadov [min]	število izpadov daljših od 2h	trajanje izpadov daljših od 2h [min]
BOJS	381	9264	10	7333
CADS	205	246163	3	245130
CEY	379	3970	7	1519
CRES	333	24695	10	23221
DOBS	296	23887	18	22286
GBRS	453	17036	7	15205
GCIS	2215	22137	5	16060
GOLS	243	3920	2	2864
GORS	398	4458	7	2995
GROS	8170	55615	37	30335
JAVS	600	9901	3	7791
KNDS	583	38117	3	35951
KOGS	370	25534	6	24362
LEGS	395	2245	3	450
LJU	770	4222	6	1945
MOZS	522	142043	7	140553
PKDS	250	14234	6	13228
PERS	295	6381	2	4657
ROBS	346	98002	37	96645
SKDS	254	2402	2	1553
VISS	291	45597	10	44704
VNDS	541	3085	3	925
VOJS	343	229944	8	228704
ZAVS	497	26899	6	24990
skupaj	19130	1059751	208	993406

Preglednica 1. Skupni podatki o številu izpadov in njihovem trajanju za celotno mrežo potresnih opazovalnic v letu 2007.

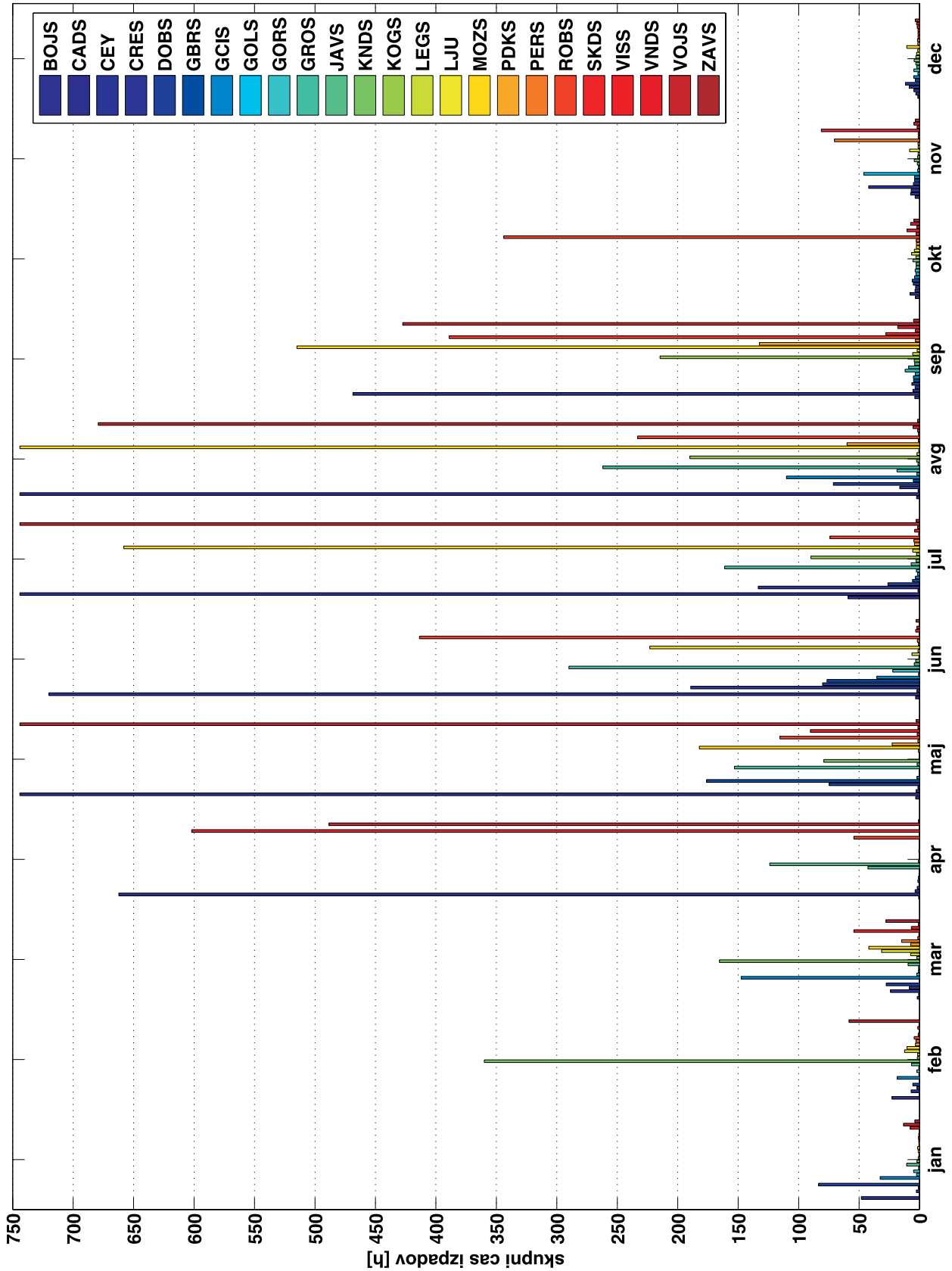
Table 1. An overview of the out-of-operation periods for particular seismic station in 2007.

- Skupno število izpadov v letu 2007: 19130
- Skupno število izpadov v letu 2007 daljših od dveh ur: 208
- Skupno trajanje izpadov v letu 2007 daljših od dveh ur: 689,9 dni

je predstavljeno skupno trajanje izpadov, v katere je bilo vključenih več potresnih opazovalnic hkrati. Vsak stolpec na sliki predstavlja skupno trajanje istočasnih izpadov določenega števila potresnih opazovalnic. Stolpci se med seboj izključujejo, kar pomeni, da vrednost posameznega stolpca predstavlja le vsoto istočasnih izpadov pripadajočega števila potresnih opazovalnic (primer: vrednost 20. stolpca predstavlja vsoto skupnih izpadov točno 20 potresnih opazovalnic in ne zajema izpadov v katere je vključenih tudi več potresnih opazovalnic). Zavedati se je treba, da je skupno trajanje izpadov v posameznem stolpcu sestavljeno iz vrste izpadov in zato ne prikazuje kritičnih izpadov (več kot polovica opazovalnic ne deluje več kot eno ali dve uri). Kritični



Slika 1. Skupno trajanje izpadov glede na časovni interval (trajanje izpada) za vse potresne opazovalnice skupaj.
Figure 1. An overview of analysis of operation for seismic network of Slovenia (the sum of out-of-operation periods for particular length of period for all stations).



Slika 2. Skupno trajanje izpadov vseh potresnih opazovalnic v posameznem mesecu v letu 2007.

Figure 2. An overview of analysis of operation for seismic network of Slovenia (the sum of out-of-operation periods in each month for all stations) in 2007.

oznaka opazovalnice	nastop izpada	ura (UTC)	trajanje izpada	razlog izpada
BOJS	/	/	2d 7h 53m	daljši izpad na komunikacijah
CADS	27. julij	08:22	169d 23h 19m	menjava tipa komunikacije (GSM-ADSL)
CEY	3. april	09:47	2d 5h 26m	izpad napajanja – izklopljeno FID stikalo
CRES	24. jan.	07:26	5d 1h 29m	izklop komunikacije zaradi varnostnih razlogov
CRNS	15. junij	10:02	3d 0h 9m	izpad napajanja – izklopljeno FID stikalo
DOBS	3. junij	07:44	3d 17h 52m	izpad napajanja – okvara usmernika
GCIS	28. maj	03:48	4d 23h 15m	Okvara enote Q730
GOLS	7. mar.	11:04	1d 21h 9m	daljši izpad na komunikacijah
GORS	23. nov.	15:51	16h 23m	daljši izpad na komunikacijah
GROS	13. avg.	15:02	10d 21h 8m	okvara modema
JAVS	13. avg.	11:23	5d 2h 22m	izpad komunikacije – napaka na modemu in routerju
KNDS	5. april	06:07	21d 13h 10m	izpad napajanja – okvara na energetskih vodih
KOGS	14. feb.	00:41	6d 18h 21m	izpad napajanja – izklopljeno FID stikalo
LEGS	27. avg.	17:54	3h 8m	daljši izpad na komunikacijah
LJU	25. sep.	00:29	11h 15m	daljši izpad na komunikacijah
MOZS	15. feb.	19:02	78d 17h 55m	udar strele – napaka na enoti Q730 in modemu
PKDS	4. julij	13:54	7d 19h 4m	izpad napajanja – izklopljeno FID stikalo
PERS	29. avg.	13:13	4d 10h 20m	daljši izpad na komunikacijah
ROBS	17. nov.	14:17	6d 12h 40m	daljši izpad na komunikacijah – problemi s komunikacijsko opremo v Tolminu
SKDS	21. junij	17:57	22h 45m	izpad napajanja – izklopljeno FID stikalo
VISS	19. sep.	12:54	26d 1h 57m	nenapovedan izklop GSM kom. – začetni problemi z namestitvijo ADSL komunikacije
VNDS	30. mar.	09:00	6h 41m	daljši izpad na komunikacijah
VOJS	2. sep.	06:00	140d 15h 17m	nenapovedan izklop GSM kom. – začetni problemi z namestitvijo ADSL komunikacije.
ZAVS	10. april	15:38	13d 18h 14m	napaka na modemu

Preglednica 2. Pregled najdaljših izpadov posamezne potresne opazovalnice in razlogi zanje v letu 2007.

Table 2. An overview of the longest out-of-operation periods in 2007 for particular seismic station and their causes.

izpadi bodo prikazani in obdelani v nadaljevanju.

Pregled in analiza kritičnih izpadov je pomembna, saj je natančnost lociranja žarišča in magnitude potresa neposredno odvisna od števila v analizo zajetih potresnih opazovalnic. Teoretično so za določitev nadžarišča (epicenter) potresa potrebne najmanj tri opazovalnice, če želimo določiti še žariščno globino, so potrebne najmanj štiri opazovalnice. V resnici pa imamo pri postopku lociranja potresa mnogo neznank, ki jih pri oceni parametrov potresa zmanjšamo z večjim številom potresnih opazovalnic, ki sodelujejo pri analizi. Kritični izpad (izguba toka podatkov v realnem času z več kot 70 % potresnimi opazovalnicami za več kot eno uro), do katerega pride v trenutku potresa; zato lahko predstavljajo velik problem, saj je določitev potresnih parametrov v takem primeru otežena oziroma manj natančna. Pregled sočasnih izpadov je podan v preglednici 3.

V letu 2007 smo imeli 97 izpadov, kjer 17 (70 % od vseh opazovalnic) ali več potresnih opazovalnic hkrati ni pošiljalo podatkov. Od tega je bilo 87 izpadov krajših od 3 minut, sedem izpadov je trajalo med tremi in osmimi minutami. Štirje izpadi so bili daljših od 8 minut. Od tega sta bila dva izpada kritična v primeru avtomatske lokacije, nista pa vplivala na izgubo podatkov.

	dolžina izpada [min]						
	<5	5<x<15	15<x<30	30<x<60	60<x<90	90<x<120	x>120
2	3008	822	225	122	49	68	58
3	4070	1216	297	138	27	54	106
4	3126	1368	263	112	30	43	92
5	2137	665	85	36	13	24	57
6	963	288	29	19	5	12	14
7	319	33	2	1	0	0	2
8	142	7	2	0	1	1	0
9	78	1	0	0	0	0	0
10	64	1	0	0	0	0	0
11	50	0	0	0	0	0	0
12	35	0	0	0	0	0	0
13	32	0	0	0	0	0	0
14	31	0	0	0	0	0	0
15	35	0	0	0	0	0	0
16	32	0	0	0	0	0	0
17	24	1	0	0	0	0	0
18	15	0	0	0	0	0	0
19	18	0	0	0	0	0	0
20	15	2	0	0	0	0	0
21	34	3	0	0	0	0	0
22	38	2	0	0	0	0	0
23	63	7	1	0	0	1	1
24	44	0	0	0	0	0	0

Preglednica 3. Pregled sočasnih izpadov mreže potresnih opazovalnic v letu 2007.

Table 3. An overview of simultaneous out-of-operation periods in 2007 for seismic network of Slovenia.

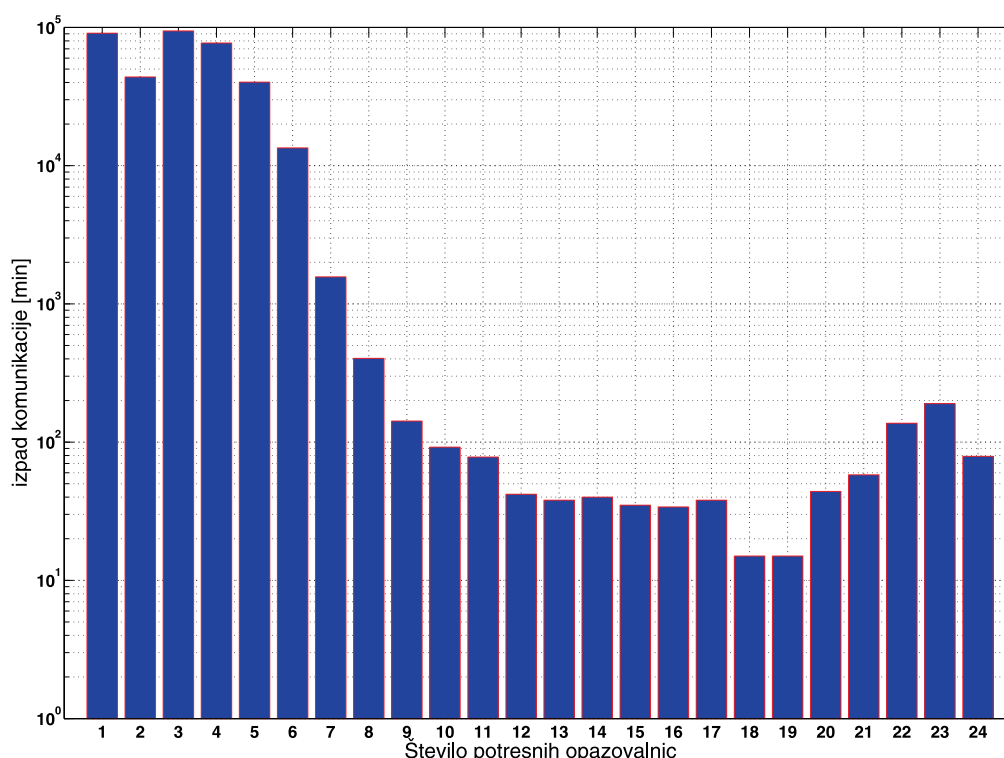
Prvi je trajal 11 drugi pa 17 minut. Omenjeni izpadi so bili večinoma posledica IR (optične) komunikacije, ki ob megli ni delovala (preklop na rezervno žično komunikacijsko pot je večinoma trajal okoli treh minut).

Dva izpada pa sta bila kritična in sta povzročila tudi izgubo podatkov. Najdaljši izpad je trajal 178 minut, začel pa se je 25. septembra 2007 ob 00:31 UTC. Krajši izpad je trajal 91 minut in se je začel 15. oktobra 2007 ob 09:15 UTC. V obeh primerih smo reagirali po internih navodilih in v nekaj minutah po izpadu obvestili dežurno službo na HKOMu.

Zaključek

V prispevku smo na kratko predstavili rezultate analize delovanja potresnih opazovalnic državne mreže v letu 2007. Ugotovili smo, da se izpadi (prekinitve v komunikaciji s posamezno potresno opazovalnico) pojavljajo kontinuirano, pri čemer pa je treba poudariti, da je izpadov daljših od dveh ur, kjer že lahko pride do izgube podatkov, sorazmerno malo. Analiza je pokazala, da je predvsem za opazovalnice, ki komunicirajo preko GSM terminala, značilno zelo veliko

krajših izpadov, kar v določenih primerih lahko povzroči izgubo podatkov. 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 ter motnjami v varovalnem sistemu na potresni opazovalnici (predvsem so to izpadi varovalk). Za rešitev tega problema smo v najbolj kritične opazovalnice vgradili tako imenovane avtomatske varovalke (avtomatska FIT stikala), ki se ob iznihanju motnje ponovno vklopijo. V drugo skupino spadajo problemi v zvezi s komunikacijo (napake na modemih in usmernikih), ki so značilni za opazovalnice, ki komunicirajo preko GSM terminala. Z ukinitvijo GSM komunikacije (zamenjali smo jo s satelitsko komunikacijo) smo probleme te vrste močno zmanjšali ter tako izboljšali delovanje potresnih opazovalnic GBRS, GCIS, KNDS, JAVS in ZAVS. V tretjo skupino pa uvrščamo okvare na seizmološki opremi (okvare na UPS enotah ter okvare na seizmometrih in zajemalnih enotah). V letu 2007 smo začeli z izboljšavo UPS enot, kar bo pripomoglo k daljši avtonomnosti sistema in posledično k stabilnejšemu delovanju mreže potresnih opazovalnic (več na to temo je opisano v prispevku z naslovom »Vpliv napajanja na delovanje potresne opazovalnice«). Na hitrost odprave napak pogostokrat vpliva tudi vrsta dejavnikov na katere na moremo



Slika 3. Skupno trajanje izpadov v letu 2007 več potresnih opazovalnic hkrati.

Figure 3. The sum of out-of-operation periods in 2007 several seismic stations simultaneously.

vplivati (slabe vremenske razmere, fizične napake na komunikacijskih poteh, ...). V letu 2007 smo prvič naredili tudi analizo tako imenovanih kritičnih izpadov. To so izpadi, ko sočasno izpade več kot 70 % potresnih opazovalnic oziroma več kot 17 potresnih opazovalnic za več kot eno uro. Ugotovili smo, da sta bila taka izpada dva, krivec pa je bil v obeh primerih eden od upravljavcev komunikacij. Na osnovi rezultatov analize delovanja potresnih opazovalnic v letu 2007 smo izluščili najpogostejše napake, ki povzročijo posamezen izpad. S pomočjo teh spoznanj neprestano izboljšujemo opremo na mreži potresnih opazovalnic in tako izboljšujemo njeno delovanje.

Literatura

<http://www.arso.gov.si/podrocja/potresi/podatki/>

Interni arhiv sektorja za potresna opazovanja Urada za seizmologijo in geologijo, ARSO.

Mali, M., 2006. Poročilo o delovanju oziroma izpadih za leto 2006.

UČINKOVITOST PRIDOBIVANJA PODATKOV V LETU 2007

SEISMIC DATA ACQUISITION EFFICIENCY IN 2007

Jurij Pahor, Mladen Živčić

Povzetek

Izguba podatkov v letu 2007 iz štiriindvajsetih opazovalnic državne mreže potresnih opazovalnic znaša 8,5 % za podatkovne nize s frekvenco vzorčenja 200 vzorcev v sekundi (HH) ter 7,9 % za podatkovne nize s frekvenco vzorčenja 20 vzorcev v sekundi (BH).

Abstract

The seismic network of the Republic of Slovenia was operating twenty four seismic stations in 2007 with one of them (GBRS) being put in operation on 13 April. The data loss was evaluated from tape drive backup log (wftar table in Antelope database) and was found to be 8.5 % for 200 sps datastreams (HH) and 7.9 % for 20 sps data streams (BH). The greatest data loss is accounted for seismic stations CADS and VOJS, due to changing the communication type from wireless HSCSD to ADSL and station MOZS, which was hit by lightning.

Uvod

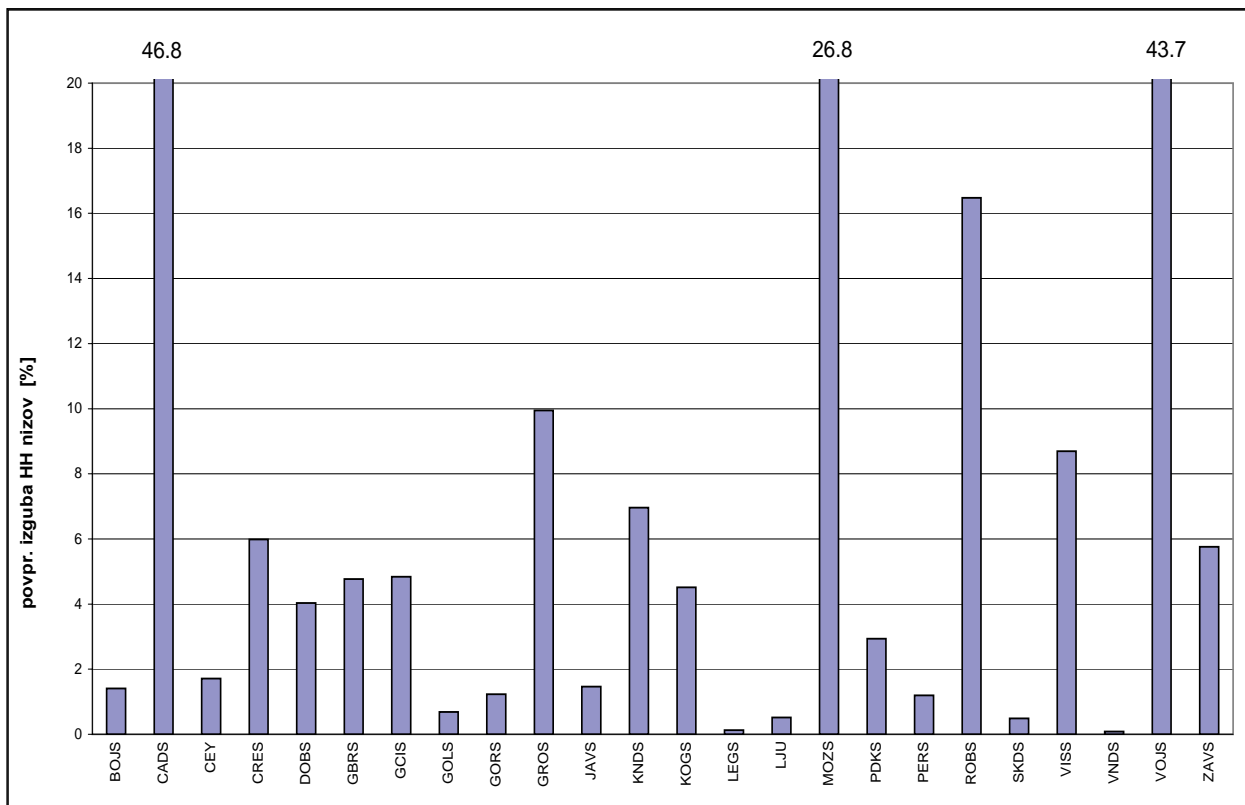
V analizi o učinkovitosti pridobivanja podatkov so obravnavane opazovalnice Državne mreže potresnih opazovalnic (Sinčič in sod., 2008). Povzetek količine zbranih podatkov je narejen iz zapisov o arhiviranih seizmičnih podatkih na magnetne trakove v wftar tabeli podatkovne baze sistema Antelope (Boulder Real Time Technologies, 2005).

Izguba podatkov v letu 2007

V analizi je zajetih štiriindvajset stalnih potresnih opazovalnic. Opazovalnica na Gornji Brigi (GBRS) je bila priklopljena 13. aprila 2007. Opazovalnica na Črnem vrhu (CRNS) ni delovala celo leto in ni vključena v obravnavo. Spremljali smo podatkovne nize s frekvenco vzorčenja 200 izmerkov v sekundi (HH) in 20 izmerkov v sekundi (BH). Odstotki izgube podatkov za posamezne opazovalnice in za celotno mrežo skupaj so izračunani iz razlike med pridobljenimi podatki ter pričakovano količino podatkov (Pahor in Živčić, 2007a).

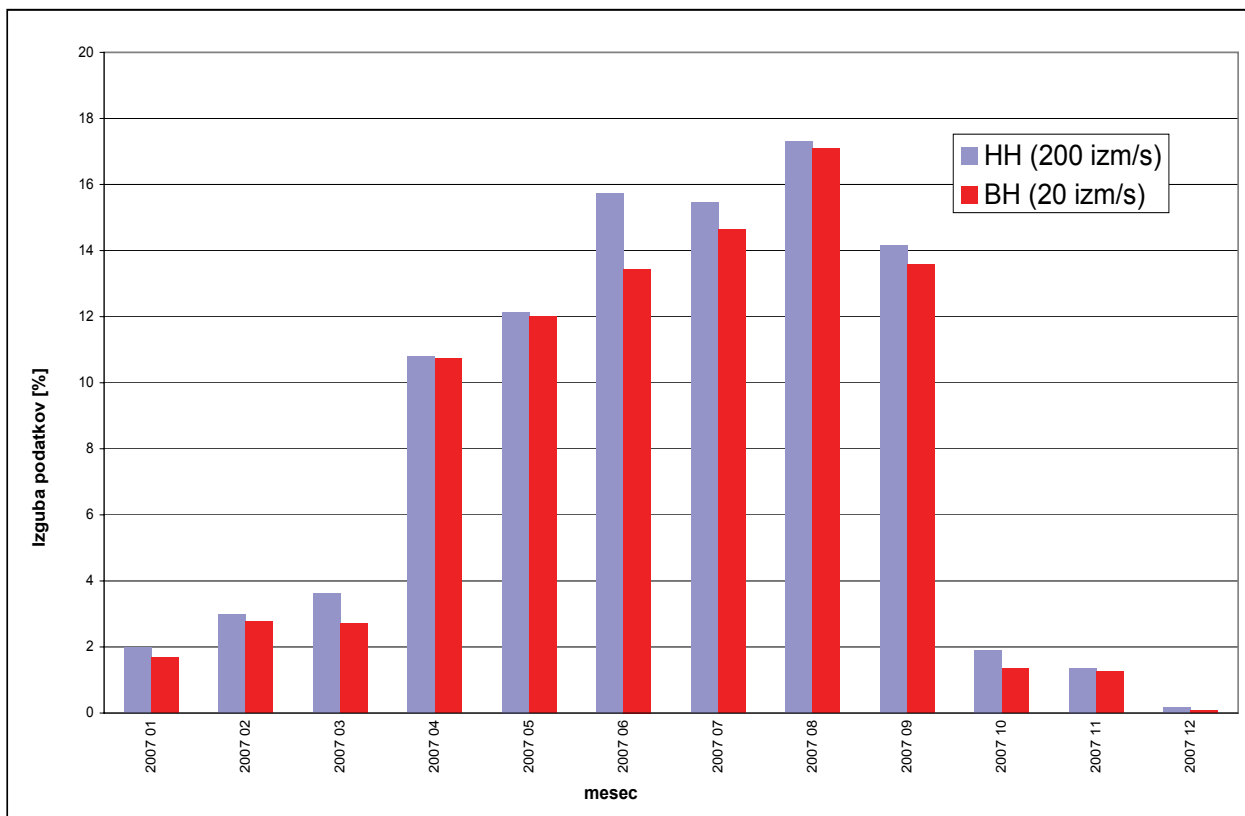
Znatno izgubo seizmičnih podatkov smo zabeležili pri opazovalnicah na Čadrgu, Vojskem, Možjanci, ter Robiču. Na Čadrgu, Vojskem (in tudi Višnjah) je bilo nekaj težav pri prehodu na nov tip povezave (iz brezžične HSCSD na ADSL), na Možjanci je bila v okvari zajemalna enota zaradi udara strele. V teh primerih je bila izguba podatkov popolna v daljšem obdobju (Slika 3), medtem, ko je bilo pri opazovalnici na Robiču več nekajdnevnih prekinitev komunikacije, kot posledica okvar stare komunikacijske opreme v Telekomovi centrali v Tolminu. Kasneje je bila tudi ta opazovalnica povezana v ADSL omrežje. Več o delovanju in prekinitvah komunikacije s seizmičnimi opazovalnicami je zapisano v letnem poročilu o delovanju potresnih opazovalnic (2007) ter v prispevku (Tasič in sod., 2008).

Pri senzorjih v vrtinah se smeri vodoravnih komponent ne ujemajo s smermi sever-jug in vzhod-zahod, zato so ustrezni podatkovni nizi označeni s HH1 in HH2. V preglednici 1 so HH1 vključeni med HHE, HH2 pa med HHN podatkovne nize.



Slika 1. Izguba HH podatkovnih nizov (vse tri komponente) po opazovalnicah v letu 2007.

Figure 1. Data loss of HH data streams (all three components) for each seismic station in 2007.



Slika 2. Skupna izguba seizmičnih podatkov po mesecih v letu 2007.

Figure 2. Network overall monthly data loss in 2007.

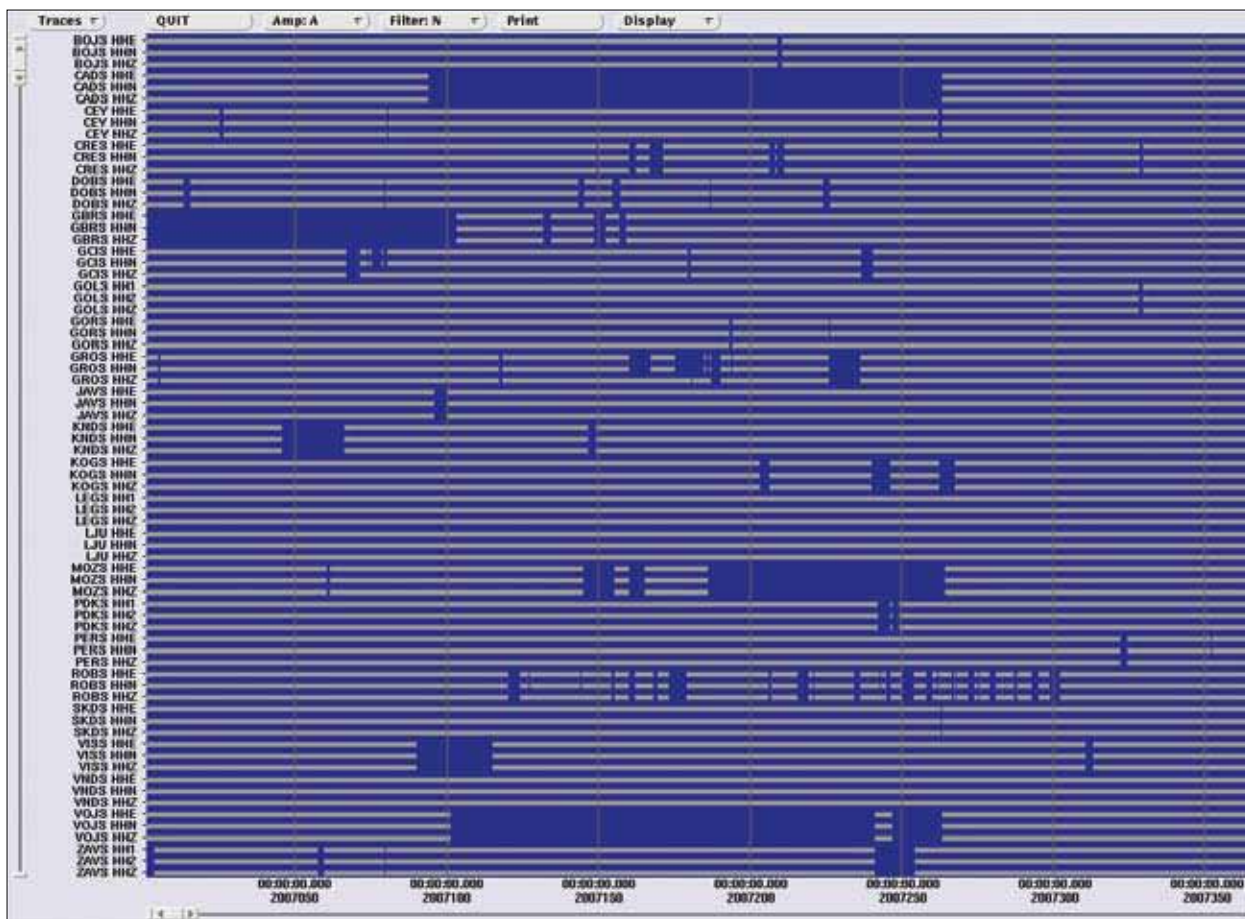
%	HHE	HHN	HHZ	BHE	BHN	BHZ
BOJS	1.4	1.4	1.3	0.9	0.9	0.7
CADS	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8
CEY	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.6
CRES	6.0	6.0	5.9	5.8	5.8	5.7
DOBS	4.1	4.1	3.9	3.9	3.9	3.9
GBRS	4.5	4.7	5.2	4.5	4.5	4.5
GCIS	5.1	5.4	4.0	3.2	3.1	3.3
GOLS	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
GORS	1.3	1.3	1.1	0.6	0.8	0.6
GROS	10.9	10.9	8.0	4.5	4.5	4.5
JAVS	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.7
KNDS	6.8	7.1	7.0	6.8	6.8	6.8
KOGS	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
LEGS	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
LJU	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
MOZS	26.8	26.7	26.8	26.8	26.8	26.7
PDKS	3.0	3.0	2.9	2.8	2.8	2.6
PERS	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0.9
ROBS	16.7	16.7	16.0	14.3	14.3	13.0
SKDS	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5
VISS	8.8	8.8	8.5	8.4	8.6	8.4
VNDS	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
VOJS	43.6	43.8	43.6	43.5	43.5	43.5
ZAVS	5.5	5.8	6.0	5.4	5.4	5.3
mreža / network	8.5	8.5	8.3	7.9	7.9	7.8

Preglednica 1. Izguba podatkov za tri komponente HH in BH podatkovnih nizov po opazovalnicah za leto 2007, izražena v odstotku pričakovanega časa delovanja.

Table 1. Data loss given as percentage of expected operation time for three-channel HH and BH data streams for each seismic station in 2007.

Zaključek

V letu 2007 smo zabeležili izpad 8,5 % podatkov z vzorčenjem 200 izm./sek iz stalnih potresnih opazovalnic. Največjo izgubo smo zabeležili pri opazovalnicah na Čadrgu, Vojskem in Možjanci, zaradi prehoda na drug tip komunikacije pri prvih dveh ter zaradi udara strele pri slednji. Izguba podatkov v letu 2007 je bila predvsem zaradi težav pri vključevanju nekaterih opazovalnic v ADSL omrežje večja kot v letu 2006, ko je za HH podatkovne nize znašala 3,9 % (Pahor in Živčić, 2007a,b).



Slika 3. Razpoložljivost podatkov iz HH podatkovnih nizov za leto 2007. Časovna skala prikazuje dan v letu.

Figure 3. Data availability for HH data streams for permanent seismic stations in 2007. Time scale shows day of the year.

Literatura

- ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Sektor za potresna opazovanja. Poročilo o delovanju oziroma izpadih potresnih opazovalnic za leto 2007, interno poročilo, 2007.
- Boulder Real Time Technologies, inc.(online). 2005. (citirano 20.8.2008). Antelope Real Time System. Dostopno na naslovu: <http://www.brtt.com/>
- Pahor J., Živčič M., 2007a. Učinkovitost zbiranja podatkov iz potresnih opazovalnic v letu 2005. Potresi v letu 2005 (ur. R. Vidrih), Publikacije ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 25-29, Ljubljana.
- Pahor J., Živčič M., 2007b. Učinkovitost zbiranja podatkov iz potresnih opazovalnic v letu 2006. Potresi v letu 2006 (ur. R. Vidrih), Publikacije ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 24-27, Ljubljana.
- Sinčič P., Vidrih R., Tasič I., Živčič M., Prosen T., 2008. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2007. Potresi v letu 2007 (ur. R. Vidrih), Publikacije ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 1-11, Ljubljana..
- Tasič I., Mali M., Pančur L., Sinčič P., Pfundner I., Uran B., Prosen J., 2008. Delovanje potresnih opazovalnic v letu 2007. Potresi v letu 2007 (ur. R. Vidrih), Publikacije ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 12-20, Ljubljana.

POTRESI V SLOVENIJI LETA 2007

EARTHQUAKES IN SLOVENIA IN 2007

Ina Cecić, Milka Ložar Stopar, Tamara Jesenko, Mladen Živčić

Povzetek

Potresna aktivnost v letu 2007 je bila zmerna. Prebivalci so čutili več kot 44 potresnih sunkov, od tega sedem z intenziteto V. stopnje po EMS-98 lestvici ali več. Najmočnejši so bili potresi 26. maja ob 6. uri 3 minute po univerzalnem koordiniranem času (UTC) oziroma ob 8. uri 3 minute po srednjeevropskem času pri Ziljah, 29. septembra ob 1. uri in 24 minut (UTC) oziroma ob 3. uri 24 minut po srednjeevropskem času pri Cirju in 18. decembra ob 3. uri 26 minut po UTC oziroma ob 5. uri 26 minut po srednjeevropskem času pri Rakovcu. Vse tri so prebivalci čutili z največjo intenziteto V. stopnje po EMS-98 lestvici. Največje učinke (intenziteto) sta dosegla potresa 26. septembra ob 19. uri 47 minut in 20. uri 39 minut po UTC oziroma ob 21. uri 47 minut in 22. uri 39 minut po srednjeevropskem času z žariščem v bližini Brežic. Prvi je bil lokalne magnitude 2,8, drugi 2,9 (ARSO, 2007-2008), največja intenziteta pri obeh pa V-VI. stopnje EMS-98.

Abstract

Earthquake activity in Slovenia was moderate in 2007. The inhabitants felt more than 44 earthquakes. The strongest earthquakes were on 26 May at 06.03 UTC near Zilje, on 29 September at 01.24 UTC near Cirje and 18 December at 03.26 UTC near Rakovec, with local magnitudes 3.0. The earthquakes on 26 September at 19.47 and 21.39 UTC or 21.47 and 22.39 Central European time, with hypocentres in the vicinity of Brežice and magnitudes of 2.8 and 2.9, respectively, had the strongest effects and reached the intensity V-VI EMS-98.

Uvod

Potresna aktivnost v letu 2007 v Sloveniji je bila zmerna (ARSO, 2007-2008). Zatrelo se je že na novega leta dan na avstrijskem Koroškem pri Bistrici (Feistritz), čutili so ga tudi prebivalci z naše strani meje. Februarja sta bila potresa v Beli Krajini in v Zgornjem Posočju. Marca prebivalci Slovenije niso čutili nobenega potresa, zato pa aprila kar šest. Najprej se je zatrelo pri Žerjavu, potem pri Logu pri Brezovici in dan kasneje pri Ratežu, 19. aprila so pri Slivnici čutili tri potrese. Maja so prebivalci Slovenije čutili osem potresov, najprej enega z žariščem v Avstriji, potem na Vrhu nad Želimljami, sledili so trije potresi v bližini Ribnice ter potresa pri Orli vasi in Ziljah. Junija sta bila potresa pri Mlaki in pri Plužni. Po julijskem premoru je avgusta sledil šibek potres pri Podkorenu ter potresa pri Kamencah in Mali Štangi. September je bil nekoliko bolj dejaven, po potresih pri Vodica in Zalokah se zatrelo pri Šmarjeti pri Celju. Konec septembra so se zvrstili trije potresi pri Brežicah. Oktobra so čutili le en šibek potres pri Globčicah in novembra pri Cesti. Decembra se je, po dveh potresih pri Blatniku pri Črmošnjicah, pri Rakovcu zgodil po magnitudi najmočnejši potres v letu 2007. Leto so zaključili trije šibki potresi pri Lepeni.

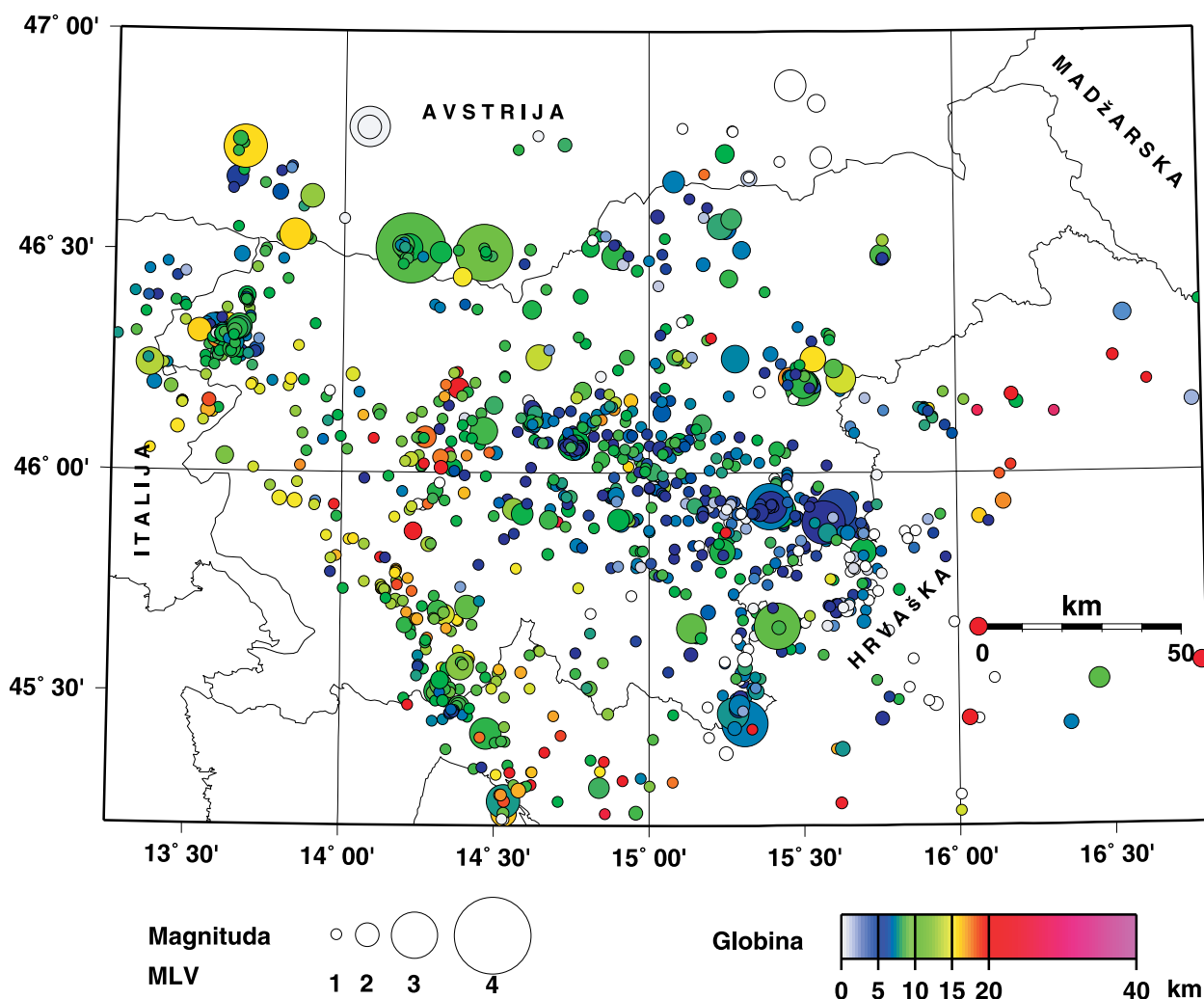
Seizmografi državne mreže potresnih opazovalnic so leta 2007 zapisali skoraj 1400 lokalnih potresov. Nadžarišča (epicentri) potresov, katerim smo lahko določili lokalno magnitudo in katerih lokacije so v Sloveniji, so prikazana na sliki 1. Velikost lokalne magnitude je ponazorjena z velikostjo kroga, medtem ko barva označuje globino potresnega izvora.

Prebivalci različnih območij Slovenije so v letu 2007 čutili več kot 44 potresnih sunkov. Nadžarišča (epicentri) teh potresov so prikazana na sliki 2. Velikost kroga označuje velikost lokalne magnitude, barva pa največjo intenziteto potresa, ki jo je potres dosegel. Sedem potresov je doseglo največjo intenziteto V EMS-98 ali več.

Poleg potresov z žarišči v Sloveniji so prebivalci čutili tudi učinke dogodkov (preglednica 2), ki so se zgodili zunaj naših meja. Nekateri so omenjeni v besedilu.

V preglednici 1 smo podali osnovne podatke 119 lokalnih potresov z opredeljeno lokalno magnitudo večjo ali enako 1,5 ter pet šibkejših potresov, ki so jih prebivalci Slovenije čutili. Za vsak potres posebej smo navedli datum (DAT.), žariščni čas (h:m:s UTC), koordinati nadžarišča (z. šir. °N, z. dolž. °E), žariščno globino (h km), povprečno vrednost lokalne magnitude (MLV), povprečno vrednost magnitude MD, največjo intenziteto (I_{max} EMS 98), ki jo je potres dosegel, število opazovalnic (nst), ki so prispevale podatke, in koren srednje vrednosti kvadratov pogreškov (RMS s) pri izračunu žariščnega časa. V stolpcu "Potresno območje" smo za epicentre v Sloveniji v večini primerov podali ime naselja, ki je najbližje določenemu nadžarišču in je navedeno v seznamu naselij Geodetske uprave RS (RGU, 1995).

Za opredelitev osnovnih parametrov potresov podanih v preglednici 1 smo uporabili vse razpoložljive analize potresov na potresnih opazovalnicah državne mreže v Sloveniji (ARSO, 2007-2008) ter v Avstriji (ZAMG, 2007-2008), na Hrvaškem (GZAM, 2007-2008) in v Italiji (OGS,



Slika 1. Nadžarišča potresov v letu 2007, ki smo jim določili žariščni čas, instrumentalni koordinati epicentra in globino žarišča. Barva simbola ponazarja žariščno globino, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude MLV. Slika je bila narejena s programom GMT (Wessel in Smith, 1991, 1998).

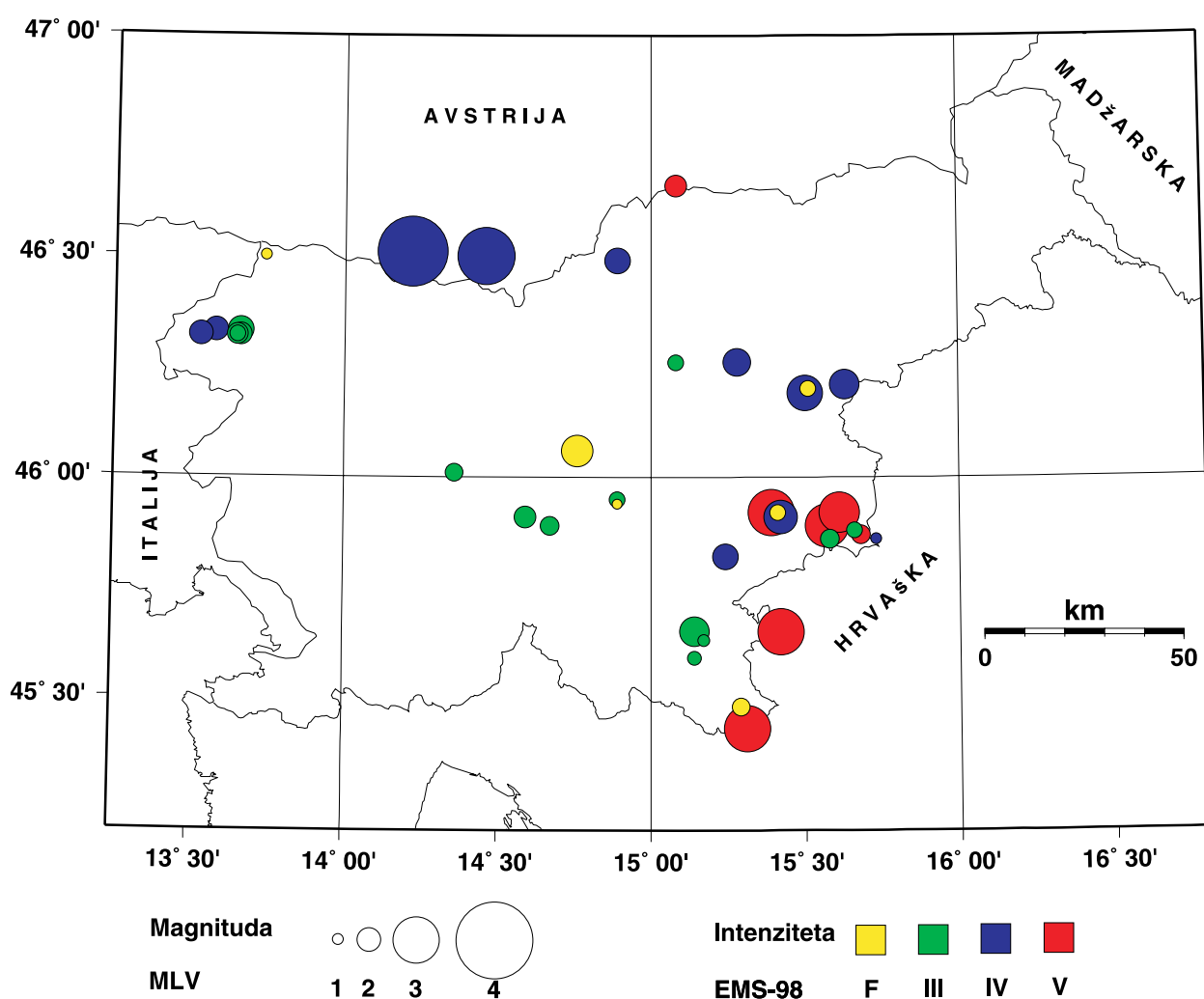
Figure 1. Distribution of epicentres in 2007, whose focal times, epicentral coordinates and focal depths were calculated; coloured symbols of varying sizes give information on focal depth and local magnitude MLV. Figure was produced with GMT software (Wessel and Smith, 1991, 1998).

2008). Žariščni čas, to je čas, ko je potres nastal, koordinati nadžarišča in žariščno globino smo opredelili iz časov prihodov vzdolžnega (P) in prečnega (S) valovanja na potresno opazovalnico. Potrese smo locirali s programom HYPOCENTER (Lienert in sod., 1988; Lienert, 1994). Uporabili smo povprečni hitrostni model za ozemlje Slovenije, opredeljen iz tridimenzionalnega modela za prostorsko valovanje (Michelini in sod., 1997), in model za površinsko valovanje (Živčić in sod., 2000). Pri potresih, za katere smo lahko določili le koordinati nadžarišča, smo za žariščno globino privzeli 7 km.

Lokalno magnitudo, M_{LV} , potresov smo opredelili iz največje hitrosti navpične komponente nihanja tal (A/T v nm/s) na slovenskih opazovalnicah po enačbi:

$$M_{LV} = \log(A/T) + 1,52 * \log D - 3,2$$

kjer je D oddaljenost nadžarišča v kilometrih. V preglednici 1 je podana povprečna vrednost M_{LV} za opazovalnice v Sloveniji.



Slika 2. Nadžarišča potresov, ki so jih v letu 2007 čutili prebivalci Slovenije. Barva simbola ponazarja največjo doseženo intenziteto v Sloveniji, njegova velikost pa vrednost lokalne magnitude MLV. Slika je bila narejena s programom GMT (Wessel in Smith, 1991, 1998).

Figure 2. Epicentres of earthquakes felt in Slovenia in 2007. Size of symbols represents local magnitude and colour represents maximal intensity. Figure was produced with GMT software (Wessel and Smith, 1991, 1998).

Magnitudo M_D smo opredelili iz trajanja zapisov potresov na opazovalnicah v Sloveniji in v Furlaniji. Pri tem smo uporabili enačbo:

$$M_D = 2,22 \log(t) - 1,465$$

kjer je t trajanje zapisa potresa v sekundah (Rebez in Renner, 1991).

Največja intenziteta (I_{\max}), ki jo je potres dosegel na ozemlju Slovenije, je opredeljena po evropski potresni lestvici (EMS-98). Kadar podatki niso zadoščali za nedvoumno določitev intenzitete, smo dali razpon možnih vrednosti (npr. IV-V).

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M_{LV}	M_D	I_{\max}	potresno območje
	hh:mm:ss					°N			°E	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M_{LV}	M_D	I_{\max}	epicentral area
	hh:mm:ss					°N			°E	
1. 1. 2007	13:33:51,6	46,51	14,20	7	4	0,1	1,1			Feistritz, Avstrija
1. 1. 2007	14:59:44,5	46,51	14,22	12	80	0,5	3,8	3,9	IV-V	Feistritz, Avstrija
1. 1. 2007	15:4:41,7	46,51	14,21	9	10	0,5	2,2	2,4		Feistritz, Avstrija
1. 1. 2007	15:21:3,1	46,50	14,21	13	6	0,2	1,1			Feistritz, Avstrija
1. 1. 2007	18:11:19,4	46,51	14,21	12	7	0,2	1,1			Feistritz, Avstrija
1. 1. 2007	19:32:40,7	46,51	14,19	12	16	0,2	1,9	2,3		Feistritz, Avstrija
2. 1. 2007	5:55:17,8	45,95	14,40	16	10	0,2	1,2			Prevalje pod Krimom
3. 1. 2007	2:42:40,9	45,83	15,21	7	9	0,1	1,1			Žihovo selo
3. 1. 2007	5:29:57,9	46,51	14,21	10	5	0	1,1			Feistritz, Avstrija
3. 1. 2007	11:52:50,2	46,29	13,62	9	7	0,1	1,3	2,0		Drežniške Ravne
4. 1. 2007	2:23:44,2	46,04	14,25	13	14	0,3	1,1	2,5		Butajnova
4. 1. 2007	7:18:40,1	46,23	15,38	6	7	0,2	1,1			Repno
6. 1. 2007	10:9:16,5	45,86	15,25	11	24	0,3	1,6			Dolenje Kronovo
12. 1. 2007	16:16:1,6	46,04	14,95	7	5	0,1	1,1			Zglavnica
12. 1. 2007	19:31:1,6	46,30	13,64	7	18	0,3	1,8	2,2		Lepena
13. 1. 2007	15:48:35,2	45,82	15,70	10	34	0,5	2,1	2,6		Luka Pokupska, Hrvaška
16. 1. 2007	4:59:47,7	45,52	15,30	6	5	0,1	1,1			Adlešiči
19. 1. 2007	10:51:51,9	46,32	13,62	5	6	0,3	1,1			Lepena
19. 1. 2007	18:10:50,9	46,07	15,10	10	30	0,3	1,7	1,8		Svibno
20. 1. 2007	14:52:25,5	46,72	15,25	10	6	0,5	1,7			Eibiswald, Avstrija
21. 1. 2007	10:20:55,2	45,50	14,32	11	17	0,4	2,2	2,4		Nova vas pri Jelšanah
23. 1. 2007	0:22:3,1	46,63	13,79	6	24	0,4	1,5	1,9		Villach, Avstrija
23. 1. 2007	15:19:31,4	46,23	14,37	20	10	0,2	1,1	0,8		Hrastje
24. 1. 2007	6:40:36,8	46,31	13,63	7	22	0,4	1,9	2,0		Lepena
26. 1. 2007	13:14:32,9	46,47	15,18	7	4	0	1,3			Razborca
26. 1. 2007	22:49:57,8	46,40	13,76	10	6	0,1	1,1	1,7		Trenta
27. 1. 2007	21:46:46,2	46,32	13,61	8	19	0,2	1,7	2,2		Kal-Koritnica
29. 1. 2007	21:3:1,4	45,82	14,67	11	24	0,4	1,2	1,6		Finkovo
4. 2. 2007	2:41:16,0	46,06	14,78	10	19	0,2	1,3	1,8		Golišče
4. 2. 2007	9:14:11,9	46,67	13,65	6	16	0,3	1,9	2,2		Bleiberk, Avstrija

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M _{Lv}	M _D	I _{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S			EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M _{Lv}	M _D	I _{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S			EMS 98	
5. 2. 2007	12:37:19,2	45,78	14,88	3	6	0,1	1,1			Ratje
6. 2. 2007	7:12:4,9	45,79	14,90	2	6	0,2	1,1			Lopata
9. 2. 2007	10:22:8,1	45,71	14,18	13	6	0,2	1,3	1,6		Slavina
9. 2. 2007	11:35:58,3	45,55	14,52	13	8	0,2	1,3			Belica, Hrvaška
9. 2. 2007	14:25:41,5	45,89	14,91	7	19	0,3	1,6	2,2		Dolenji Podšumberk
9. 2. 2007	16:10:22,9	45,95	15,21	9	13	0,2	1,3			Tržišče
9. 2. 2007	17:25:50,5	46,40	13,68	10	14	0,3	1,6	2,1		Bovški Grintavec
11. 2. 2007	2:37:53,3	46,04	15,29	7	17	0,2	1,2			Ledina
11. 2. 2007	19:17:18,6	45,59	15,14	5	14	0,2	1,3		III-IV	Rožič Vrh
12. 2. 2007	18:38:58,0	46,22	14,03	14	8	0,1	1,3	1,7		Zgornja Sorica
15. 2. 2007	0:10:32,5	45,95	14,88	12	26	0,3	1,5	2,3		Grm
19. 2. 2007	20:37:48,3	46,21	15,46	17	28	0,5	1,9	2,6		Grobelno-del
22. 2. 2007	16:37:27,2	46,33	13,58	7	35	0,4	2,0	2,6	IV	Kal-Koritnica
24. 2. 2007	14:21:38,8	45,97	15,05	14	8	0,1	1,4			Sajenice
27. 2. 2007	7:30:53,7	46,16	14,94	16	9	0,4	1,3			Zgornji Prhovec
28. 2. 2007	10:58:42,9	46,12	14,66	7	10	0,2	1,5			Dobovlje
1. 3. 2007	12:12:1,8	46,08	14,63	11	8	0,3	1,1			Podgrad
1. 3. 2007	16:6:16,4	46,32	13,60	8	5	0,1	1,2	1,5		Kal-Koritnica
2. 3. 2007	15:2:6,3	45,51	14,81	13	9	0,3	1,4			Bosljiva Loka
2. 3. 2007	16:13:24,6	46,31	13,61	8	16	0,3	1,7	2,2		Kal-Koritnica
3. 3. 2007	0:46:5,6	45,55	14,59	17	8	0,3	1,2			Tršče, Hrvaška
8. 3. 2007	21:14:15,5	46,29	13,61	7	10	0,3	1,2	1,8		Drežniške Ravne
9. 3. 2007	0:24:8,4	46,50	15,30	7	16	0,4	1,6			Josipdol
12. 3. 2007	22:21:8,3	45,70	14,41	12	35	0,3	2,0	2,7		Laze pri Gornjem Jezeru
13. 3. 2007	17:33:24,4	45,50	14,30	13	11	0,3	1,3			Nova vas pri Jelšanah
14. 3. 2007	5:24:57,2	46,14	14,89	17	19	0,4	1,2			Zabava
17. 3. 2007	21:7:15,4	46,16	14,89	14	12	0,4	1,2			Briše
19. 3. 2007	12:25:27,0	46,08	14,94	7	8	0,1	1,3			Tepe
24. 3. 2007	14:9:27,4	46,14	14,12	12	24	0,3	1,3	2,1		Čabrače
25. 3. 2007	7:49:8,5	46,22	15,46	6	6	0,1	1,3			Grobelno-del
25. 3. 2007	9:13:30,7	45,96	14,30	11	7	0,2	1,5			Mirke
28. 3. 2007	0:58:58,9	45,78	15,45	0	8	0,4	1,2			Gorjanci
28. 3. 2007	9:52:32,2	45,80	15,67	0	4	0,1	1,6			Žumberak, Hrvaška
28. 3. 2007	21:48:6,0	45,81	15,66	1	3	0,1	1,2			Žumberak, Hrvaška
30. 3. 2007	13:3:43,4	46,54	13,84	16	43	0,4	2,4	2,8		Grišca, Slovensko-Avstrijska meja
30. 3. 2007	22:5:21,6	46,32	13,61	7	6	0,2	1,2			Kal-Koritnica
1. 4. 2007	11:0:6,4	45,58	14,41	16	27	0,4	1,4			Snežnik
5. 4. 2007	3:1:47,7	45,79	14,96	7	7	0,4	1,2			Lašče

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M _{LV}	M _D	I _{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S			EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M _{LV}	M _D	I _{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S			EMS 98	
5. 4. 2007	19:11:13,6	46,19	14,38	20	19	0,3	1,8	2,1		Meja
6. 4. 2007	3:0:32,6	45,41	14,47	11	16	0,3	2,4	2,4		Fratar, Hrvaška
7. 4. 2007	5:29:34,9	46,49	14,89	11	23	0,5	2,1	2,4	IV	Žerjav
7. 4. 2007	8:15:34,0	46,24	13,40	14	9	0,2	1,4	1,7		Logje
7. 4. 2007	15:14:30,8	46,11	14,62	8	3	0	1,1			Mala Loka
8. 4. 2007	4:58:8,9	45,68	14,34	14	25	0,3	1,8	2,4		Jurišče
8. 4. 2007	5:3:31,0	45,69	14,32	12	9	0,3	1,8	2,2		Jurišče
8. 4. 2007	11:58:40,0	46,19	14,78	12	17	0,3	1,6			Vošče
8. 4. 2007	14:34:32,6	45,92	14,56	13	25	0,3	1,9	2,4		Klada
9. 4. 2007	12:22:57,4	45,68	14,33	13	11	0,4	1,2	1,2		Jurišče
10. 4. 2007	10:53:28,2	46,06	14,88	5	6	0,2	1,1			Gradišče pri Litiji
10. 4. 2007	13:42:39,0	45,76	14,22	16	17	0,5	1,1	1,3		Stara vas
10. 4. 2007	15:37:43,9	45,51	14,35	12	7	0,2	1,1			Zabiče
11. 4. 2007	9:57:1,4	46,26	14,64	14	26	0,4	2,1	2,4		Potok v Črni
12. 4. 2007	4:10:45,8	46,24	13,41	14	9	0,1	1,1	1,6		Logje
12. 4. 2007	14:50:22,3	45,51	14,35	12	7	0,2	1,1			Zabiče
12. 4. 2007	22:38:39,4	45,94	13,80	15	29	0,4	1,4	2,5		Vitovlje
15. 4. 2007	19:58:19,8	45,52	14,34	11	6	0,2	1,3			Zabiče
16. 4. 2007	19:57:42,7	46,01	14,36	11	17	0,3	1,6	2,0	III-IV	Log pri Brezovici
17. 4. 2007	8:5:32,9	45,82	15,24	9	33	0,4	2,1	2,5	IV-V	Ratež
19. 4. 2007	1:15:0,3	46,46	14,96	10	6	0,3	1,2			Zgornji Razbor
19. 4. 2007	11:18:35,4	46,19	15,50	9	41	0,5	2,6		IV-V	Vinski Vrh pri Slivnici
19. 4. 2007	11:36:43,8	46,20	15,51	6	19	0,4	1,5		čutili	Kamenik
19. 4. 2007	16:43:23,4	46,20	15,51	10	30	0,5	1,9	2,5	zvok	Lekmarje
20. 4. 2007	12:32:4,3	45,55	15,30	7	17	0,6	1,5	2,1		Fuškovci
21. 4. 2007	5:44:4,1	46,11	14,61	10	9	0,3	1,4	1,5		Mala Loka
21. 4. 2007	5:52:54,2	46,28	13,65	5	9	0,3	1,2	1,7		Drežniške Ravne
21. 4. 2007	15:59:10,0	46,29	13,65	5	10	0,2	1,2	1,8		Lepena
22. 4. 2007	5:51:52,9	45,81	15,24	4	9	0,3	1,1			Ratež
24. 4. 2007	2:42:19,4	46,04	14,50	7	24	0,3	1,3	1,7		Ljubljana
24. 4. 2007	12:28:16,6	45,56	15,31	8	4	0,1	1,4			Dragoši
25. 4. 2007	18:29:22,7	46,11	14,62	9	9	0,2	1,3	1,8		Mala Loka
25. 4. 2007	18:33:52,3	46,12	14,62	8	7	0,1	1,3			Ihan
26. 4. 2007	7:38:2,5	45,84	14,28	14	19	0,3	1,4	1,7		Ivanje selo
28. 4. 2007	7:29:36,7	45,47	14,39	9	16	0,4	1,8	2,7		Sušak
28. 4. 2007	8:24:19,1	45,47	14,38	8	11	0,3	1,5			Sušak
29. 4. 2007	22:46:58,2	46,53	15,05	9	6	0,3	1,1			Gmajna
1. 5. 2007	2:29:39,3	46,09	14,46	9	7	0,2	2,2			Šentvid pri Ljubljani

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M _{LV}	M _D	I _{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S			EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M _{LV}	M _D	I _{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S			EMS 98	
2. 5. 2007	12:49:12,4	46,50	14,46	13	94	0,5	3,4	3,6	IV-V	Hochobir, Avstrija
4. 5. 2007	0:30:26,3	46,08	14,27	18	30	0,4	1,9	2,4		Črni Vrh
4. 5. 2007	0:33:36,8	46,08	14,25	15	9	0,1	1,2	1,0		Srednji Vrh
4. 5. 2007	3:21:1,6	45,91	14,59	11	34	0,3	1,9	2,5	III-IV	Vrh nad Želimljami
7. 5. 2007	14:38:14,7	45,92	14,74	11	13	0,3	1,3			Luče
8. 5. 2007	21:15:40,0	45,95	14,88	7	9	0,2	1,3			Grm
9. 5. 2007	8:46:33,4	45,72	15,66	4	5	0,4	1,1			Plešivica, Hrvaška
10. 5. 2007	18:48:35,3	45,87	14,23	21	24	0,3	1,6	2,2		Grčarevec
11. 5. 2007	15:6:18,8	45,87	15,68	5	24	0,5	1,7		V	Ribnica
11. 5. 2007	21:19:43,7	45,88	15,66	3	23	0,4	1,5		III-IV	Loče
12. 5. 2007	2:8:16,5	46,00	15,01	8	28	0,3	1,6	2,4		Tihaboj
12. 5. 2007	17:5:57,1	46,11	14,62	10	21	0,3	1,2	0,9		Mala Loka
14. 5. 2007	5:39:4,4	45,86	15,73	0	5	0,2	1,1		IV	Obrežje
16. 5. 2007	0:24:45,0	46,16	15,07	6	25	0,4	1,1			Ostenk
19. 5. 2007	15:14:42,1	45,95	14,74	8	9	0,2	1,3			Kriška vas
20. 5. 2007	11:34:11,8	46,71	15,57	0	29	0,5	1,9			Gamlitz, Avstrija
22. 5. 2007	3:41:16,2	46,26	15,08	8	9	0,1	1,5		III-IV	Orla vas
22. 5. 2007	3:44:50,3	46,12	14,63	8	6	0,2	1,4			Gorčica pri Ihanu
26. 5. 2007	6:3:27,1	45,43	15,31	7	81	0,5	3,0	3,0	V	Zilje
26. 5. 2007	9:54:28,4	45,48	15,29	7	16	0,3	1,6	1,9	čutili	Podklanec
28. 5. 2007	11:14:12,7	46,10	13,46	15	13	0,3	1,3	2,0		Prepotto, Italija
29. 5. 2007	5:9:52,0	45,45	15,27	8	30	0,3	2,4	2,7		Vinica
29. 5. 2007	6:37:48,2	45,47	15,29	6	4	0,1	1,7			Zilje
30. 5. 2007	11:40:11,4	46,14	15,04	6	9	0,2	1,6			Ravenska vas
31. 5. 2007	10:4:12,5	45,55	14,35	10	5	0,3	1,3			Kuteževo
1. 6. 2007	3:57:32,9	45,96	15,02	7	14	0,2	1,1			Selska Gora
1. 6. 2007	9:4:30,8	46,15	14,50	8	24	0,4	1,6	2,2		Skaručna
1. 6. 2007	11:3:46,9	46,30	13,59	17	20	0,3	1,9	2,2		Čezsoča
2. 6. 2007	9:56:15,5	46,49	15,76	12	19	0,4	1,8			Dvorjane
2. 6. 2007	11:21:55,2	46,53	15,77	14	8	0,2	1,2			Zimica
3. 6. 2007	8:24:28,5	45,42	15,28	7	4	0,4	1,3			Zdihovo Bosiljevsko, Hrvaška
3. 6. 2007	23:37:48,1	46,14	15,90	13	18	0,4	1,2			Polje Krapinsko, Hrvaška
3. 6. 2007	23:53:35,6	46,14	15,90	7	20	0,5	1,3			Polje Krapinsko, Hrvaška
4. 6. 2007	18:13:4,7	46,66	15,08	7	27	0,5	1,9	1,9	V	Blake
5. 6. 2007	4:34:15,6	45,60	15,46	10	6	0,2	1,1			Vel, Erjavec, Hrvaška
5. 6. 2007	14:47:41,8	45,52	14,33	12	12	0,3	1,9	2,4		Trpčane
5. 6. 2007	17:47:24,3	45,48	15,30	1	7	0,3	1,1			Zilje
7. 6. 2007	1:59:47,3	46,37	14,62	11	29	0,3	1,7	2,3		Logarska Dolina

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M _{LV}	M _D	I _{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S			EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M _{LV}	M _D	I _{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S			EMS 98	
10. 6. 2007	19:47:5,5	46,48	15,76	6	6	0,1	1,2			Rošnja
10. 6. 2007	23:35:16,2	45,56	14,39	13	19	0,3	2,2	2,7		Snežnik
11. 6. 2007	17:31:10,1	46,32	13,53	16	47	0,3	2,0	2,7	IV	Plužna
17. 6. 2007	4:56:30,0	45,70	15,65	7	8	0,2	1,1			Gorica Svetojanska, Hrvaška
17. 6. 2007	10:31:54,7	46,26	14,93	9	13	0,2	1,4			Vologja
21. 6. 2007	12:35:48,3	46,67	15,33	1	6	0,1	1,5			Brezni Vrh
21. 6. 2007	13:4:45,6	46,33	15,49	7	9	0,2	1,1			Dražja vas
22. 6. 2007	6:14:55,2	45,84	14,77	7	19	0,3	1,3			Veliki Korinj
23. 6. 2007	6:57:6,2	46,58	15,18	1	4	0	1,1			Vuzenica
23. 6. 2007	22:31:43,7	46,09	15,04	7	22	0,3	1,1			Gorenja vas
24. 6. 2007	1:38:26,7	46,48	15,77	4	5	0,2	1,2			Rošnja
25. 6. 2007	1:24:2,4	46,39	13,68	9	8	0,2	1,1	2,1		Bavštica
25. 6. 2007	22:0:55,1	46,07	14,74	9	20	0,2	1,2	1,1		Zgornja Jevnica
25. 6. 2007	22:16:45,6	46,07	14,73	10	28	0,2	1,5	1,6		Zgornja Jevnica
26. 6. 2007	3:56:43,9	45,45	14,87	13	4	0,3	1,2			Petrina
1. 7. 2007	6:12:27,8	45,73	14,14	13	10	0,2	1,2	1,4		Rakulik
1. 7. 2007	8:35:12,1	46,27	13,66	5	8	0,2	1,3	1,7		Koseč
3. 7. 2007	12:34:2,4	46,27	15,40	7	11	0,3	1,4			Laze pri Dramljah
4. 7. 2007	2:49:19,6	45,49	15,30	5	8	0,2	1,4			Mala sela
4. 7. 2007	3:2:47,9	45,47	15,29	7	16	0,3	1,8	2,2		Zilje
9. 7. 2007	15:58:19,1	46,67	15,33	0	4	0,1	1,1			Brezni Vrh
10. 7. 2007	15:1:16,3	46,21	15,46	11	13	0,2	1,3			Platinovec
18. 7. 2007	12:12:35,1	45,53	15,36	8	5	0,2	1,1			Pobrežje
19. 7. 2007	14:28:25,8	46,20	15,51	10	26	0,4	2,1	2,4		Kamenik
23. 7. 2007	12:18:15,0	46,06	14,77	9	33	0,4	1,9	2,3		Mala Štanga
24. 7. 2007	9:4:20,9	46,06	14,77	9	24	0,3	1,5	2,0		Mala Štanga
25. 7. 2007	9:18:34,0	46,05	15,04	6	20	0,3	1,5			Zagozd
27. 7. 2007	2:39:23,2	46,31	13,59	7	10	0,2	1,3	1,8		Čezsoča
27. 7. 2007	21:0:58,5	46,11	15,17	8	20	0,3	1,7			Širje
29. 7. 2007	9:54:59,9	46,03	14,85	9	16	0,2	1,5			Črni Potok
29. 7. 2007	10:16:20,7	46,20	15,50	9	29	0,5	2,2	2,4		Lekmarje
31. 7. 2007	0:10:47,4	45,50	15,35	8	7	0,4	1,5			Marindol
31. 7. 2007	2:13:22,7	45,93	13,85	15	17	0,4	1,4	2,2		Predmeja
6. 8. 2007	13:25:57,2	46,50	13,74	8	10	0,1	1,1	1,8	II-III	Podkoren
7. 8. 2007	9:58:3,6	46,12	14,62	8	6	0,1	1,2	0,7		Ihan
7. 8. 2007	10:27:36,9	46,14	14,62	7	18	0,5	1,6	1,5		Podrečje
7. 8. 2007	10:29:47,7	46,16	14,61	0	4	0,3	1,2	0,3		Preserje pri Radomljah
7. 8. 2007	10:30:17,3	46,15	14,62	5	8	0,3	1,5	1,0		Podrečje

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M_{LV}	M_D	I_{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S			EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M_{LV}	M_D	I_{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S			EMS 98	
12. 8. 2007	8:29:26,2	46,19	13,44	13	5	0,1	1,3	1,3		Robidišče
13. 8. 2007	18:13:47,3	46,26	15,54	15	24	0,4	2,1	2,9		Nova vas pri Šmarju
13. 8. 2007	23:43:25,3	46,21	15,63	14	42	0,4	2,3	2,8	IV	Kamence
16. 8. 2007	22:53:30,0	46,14	14,63	8	11	0,4	1,4			Zaboršt
17. 8. 2007	0:5:6,9	46,62	13,89	13	25	0,3	2,0	2,5		Landskron, Avstrija
18. 8. 2007	9:19:55,4	46,31	13,59	9	7	0,3	1,6	1,6		Čezsoča
18. 8. 2007	10:44:46,6	46,06	14,76	10	46	0,3	2,4	2,8	II-III	Mala Štanga
18. 8. 2007	10:46:59,0	46,06	14,77	9	7	0,2	1,4	1,4		Mala Štanga
19. 8. 2007	13:32:5,8	46,07	14,76	11	16	0,4	1,7	2,2		Mala Štanga
19. 8. 2007	14:44:20,6	45,58	15,31	0	5	0,2	1,4			Griblje
21. 8. 2007	11:42:20,1	45,68	15,19	7	12	0,4	1,4			Pribiše
21. 8. 2007	15:0:54,9	46,12	14,62	10	11	0,2	1,4	0,8		Mala Loka
22. 8. 2007	13:49:47,4	45,65	14,21	12	12	0,3	1,5	2,0		Tabor nad Knežakom
26. 8. 2007	19:21:36,4	45,45	14,36	7	14	0,4	1,2	1,6		Sušak
28. 8. 2007	12:43:45,2	46,20	13,38	7	18	0,3	1,4	1,9		Robidišče
31. 8. 2007	1:50:8,9	46,47	14,91	1	5	0,1	1,2			Jazbina
1. 9. 2007	3:58:38,5	45,42	14,53	13	9	0,2	1,1			Platak, Hrvaška
2. 9. 2007	1:51:16,4	46,24	13,37	14	58	0,5	2,2	2,8		Robidišče
9. 9. 2007	19:45:34,4	45,89	14,67	12	29	0,3	1,7	2,0	III	Vodice
12. 9. 2007	0:41:43,7	46,32	13,61	7	6	0,3	1,1	1,6		Kal-Koritnica
12. 9. 2007	16:25:56,8	45,91	15,42	11	37	0,3	2,5	2,8	IV	Zaloke
12. 9. 2007	17:4:35,5	45,92	15,41	5	20	0,3	1,5		čutili	Zaloke
12. 9. 2007	17:15:43,6	45,90	15,42	10	10	0,2	1,2			Zaloke
13. 9. 2007	3:18:37,8	46,44	15,26	9	5	0,1	1,6			Paka-del
13. 9. 2007	5:58:36,2	45,50	14,32	7	5	0,2	1,1			Novokračine
13. 9. 2007	15:44:37,5	45,87	15,55	4	9	0,1	1,4			Brvi
15. 9. 2007	14:11:21,3	46,05	15,42	11	14	0,2	1,5			Mrzla Planina
16. 9. 2007	15:24:40,6	46,31	13,61	9	5	0,2	1,1	2,2		Lepena
19. 9. 2007	7:11:33,4	46,51	14,81	10	9	0,2	1,6			Podpeca
22. 9. 2007	10:48:40,3	46,04	14,32	17	19	0,2	1,5	1,9		Zaklanec
24. 9. 2007	10:23:50,7	46,26	15,28	7	20	0,3	2,2	2,6	IV-V	Šmarjeta pri Celju
25. 9. 2007	11:4:19,2	46,32	13,60	8	6	0,1	1,2	1,8		Kal-Koritnica
26. 9. 2007	5:19:36,6	46,19	15,52	5	15	0,3	1,1			Brezje pri Lekmarju
26. 9. 2007	17:8:24,5	46,05	13,37	15	9	0,1	1,1			Premariacco, Italija
26. 9. 2007	19:47:7,1	45,92	15,61	3	58	0,5	2,8	2,4	V-VI	Cundrovec
26. 9. 2007	20:38:59,5	45,89	15,57	5	66	0,5	2,9	2,5	V-VI	Velike Malence
29. 9. 2007	1:24:54,1	45,92	15,39	7	90	1,1	3,0	3,3	V	Cirje
29. 9. 2007	1:25:30,4	45,92	15,40	6	9	0,2	2,4			Cirje

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M _{LV}	M _D	I _{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S			EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M _{LV}	M _D	I _{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		S			EMS 98	
6. 10. 2007	3:4:50,7	45,46	15,30	1	6	0,1	1,1			Zilje
11. 10. 2007	11:3:10,3	45,91	15,29	3	10	0,2	1,2			Škocjan
13. 10. 2007	6:25:53,7	45,69	15,65	2	9	0,2	1,2			Gorica Svetojanska, Hrvaška
13. 10. 2007	7:51:43,8	45,93	15,15	8	24	0,3	1,5	2,3		Gorenji Mokronog
13. 10. 2007	8:29:50,6	45,69	15,64	0	11	0,2	1,3			Gorica Svetojanska, Hrvaška
14. 10. 2007	19:27:44,9	46,29	13,64	6	8	0,3	1,3	1,3		Drežniške Ravne
18. 10. 2007	18:34:48,6	45,86	15,58	8	27	0,3	1,7		III	Globčice
21. 10. 2007	21:31:27,5	46,28	13,72	3	7	0,2	1,4	1,9		Krn
24. 10. 2007	2:55:22,8	46,06	14,76	10	25	0,3	1,1	1,5		Mala Štanga
24. 10. 2007	11:13:59,7	45,90	15,17	7	17	0,2	1,2			Bogneča vas
28. 10. 2007	1:22:52,1	46,01	14,32	19	16	0,3	1,3	1,2		Lesno Brdo-del
29. 10. 2007	9:40:16,9	46,30	13,60	7	9	0,2	1,1	1,8		Čezsoča
29. 10. 2007	21:36:20,6	45,86	15,65	7	4	0,1	1,4			Cirnik
31. 10. 2007	14:29:24,1	45,89	14,94	13	22	0,5	1,1			Gorenje Kamenje pri Dobrniču
1. 11. 2007	12:25:3,3	45,53	14,32	10	9	0,3	1,6			Trpčane
1. 11. 2007	13:24:28,1	46,29	13,64	7	19	0,3	1,9	2,1		Lepena
2. 11. 2007	6:10:40,6	46,27	13,71	4	11	0,3	1,2	1,7		Krn
2. 11. 2007	13:55:2,9	46,44	14,39	15	29	0,4	1,7	2,2		Košuta, meja Slovenija-Avstrija
5. 11. 2007	9:53:42,4	46,24	15,60	12	16	0,2	1,7			Male Rodne
5. 11. 2007	14:33:20,7	46,18	15,36	0	4	0,1	1,2			Breze
5. 11. 2007	20:28:50,6	45,48	14,33	11	11	0,3	1,2			Sušak
7. 11. 2007	1:13:10,6	45,91	15,36	5	12	0,3	1,6			Dolenja vas pri Raki
7. 11. 2007	8:49:59,8	46,55	15,25	7	6	0,3	1,9			Spodnja Orlica
8. 11. 2007	6:58:29,3	46,50	14,32	11	16	0,2	1,9	2,1		Grlovec, Avstrija
8. 11. 2007	21:13:20,0	45,47	14,22	21	3	0,1	1,1			Pasjak, hrvaška
11. 11. 2007	1:3:30,8	45,67	14,25	16	15	0,4	1,2			Palčje
18. 11. 2007	10:44:1,6	46,40	14,78	11	25	0,4	1,4	2,7		Strmec
18. 11. 2007	14:11:13,9	46,56	15,23	8	8	0,3	2,1			Spodnja Orlica
22. 11. 2007	8:53:40,4	46,21	13,83	15	6	0,1	1,2	1,4		Kneške Ravne
24. 11. 2007	2:29:18,4	45,95	14,89	7	28	0,3	1,5	2,3	III	Cesta
24. 11. 2007	6:22:40,1	46,06	14,77	8	18	0,3	1,2			Mala Štanga
24. 11. 2007	10:35:26,0	46,58	15,27	8	12	0,2	1,8			Spodnja Orlica
1. 12. 2007	0:2:51,1	46,05	14,88	10	8	0,2	1,1			Gradišče pri Litiji
1. 12. 2007	13:12:25,4	45,36	15,25	0	4	0,4	1,3			Ponikve, Hrvaška
6. 12. 2007	9:18:54,8	46,16	13,56	18	11	0,1	1,3	1,2		Jevšček
8. 12. 2007	0:59:22,7	45,90	14,92	9	16	0,3	1,4	1,5		Babna Gora
8. 12. 2007	5:59:46,5	45,89	14,90	10	28	0,3	1,9	2,0		Gorenji Podšumberk
8. 12. 2007	20:11:43,3	46,03	14,23	14	23	0,3	1,4	2,2		Šentjošt nad Horjulom

datum	čas (UTC)	z. šir.	z. dolž.	h	nst	RMS	M_{LV}	M_D	I_{max}	potresno območje
	hh:mm:ss	°N	°E	km		s			EMS 98	
date	time (UTC)	lat	lon	h	nst	RMS	M_{LV}	M_D	I_{max}	epicentral area
	hh:mm:ss	°N	°E	km		s			EMS 98	
12. 12. 2007	4:50:40,1	46,28	13,64	9	19	0,2	1,6	2,3		Drežniške Ravne
13. 12. 2007	3:4:6,6	46,17	14,76	14	12	0,2	1,2			Spodnje Loke
13. 12. 2007	4:38:25,7	46,31	13,61	11	16	0,3	1,6	2,0		Čezsoča
13. 12. 2007	4:58:6,2	45,65	15,14	12	38	0,5	2,3	2,7	III	Blatnik pri Črmošnjicah
13. 12. 2007	8:52:30,9	45,63	15,17	11	7	0,3	1,2		III	Ručetna vas
14. 12. 2007	12:37:30,3	45,54	15,34	7	5	0,3	1,1			Pobrežje
14. 12. 2007	18:19:44,8	46,16	16,03	13	6	0,1	1,1			Gregurovec, Hrvaška
16. 12. 2007	0:30:17,7	46,22	15,51	12	6	0,2	1,1			Globoko pri Šmarju
17. 12. 2007	19:50:51,4	46,51	14,61	9	13	0,3	1,2			Eisenkappel, Avstrija
18. 12. 2007	2:20:2,8	46,32	13,65	10	11	0,3	1,7	1,7		Lepena
18. 12. 2007	3:26:36,2	45,65	15,42	12	92	0,4	3,0	3,1	V	Rakovec
18. 12. 2007	15:53:47,3	46,32	13,65	8	9	0,1	1,5	1,7	III	Lepena
21. 12. 2007	4:47:58,3	45,94	14,89	2	11	0,1	0,9		čutili	Temenica
22. 12. 2007	13:3:36,1	46,31	13,61	8	6	0,1	1,1	1,8		Kal-Koritnica
23. 12. 2007	17:55:21,9	45,95	15,05	7	20	0,2	1,1			Trbinc
26. 12. 2007	10:10:15,5	46,49	13,67	7	16	0,3	1,5	1,9		Ratče
28. 12. 2007	9:50:52,4	45,65	15,42	9	9	0,2	1,3			Rakovec
29. 12. 2007	3:9:51,8	46,58	15,03	5	5	0	1,3			Podklanc
30. 12. 2007	22:56:34,6	46,33	13,66	9	39	0,4	2,1	2,4	III	Lepena
31. 12. 2007	0:50:55,8	46,32	13,66	8	36	0,3	1,9	2,2	III	Lepena
31. 12. 2007	16:52:42,0	46,32	13,65	9	29	0,3	1,8	2,1	III	Lepena
31. 12. 2007	17:32:18,5	46,32	13,65	8	13	0,3	1,3	1,6		Lepena

Preglednica 1. Seznam potresov leta 2007, ki imajo lokalno magnitudo večjo ali enako 1,5 in smo jim lahko izračunali žariščni čas, instrumentalni koordinati nadžarišča (epicentra) in globino žarišča. Pri nekaterih potresih je navedena še največja intenziteta. V preglednici je tudi pet potresov manjše lokalne magnitude, ki so jih čutili prebivalci Slovenije.

Table 1. List of earthquakes in 2007 with $M_{LV} \geq 1,5$ for which the hypocentral time, co-ordinates of epicentre and focal depth were calculated; the maximum intensity of some earthquakes is also provided. Information about 5 earthquakes with weaker magnitude, that were felt by inhabitants of Slovenia, is also included.

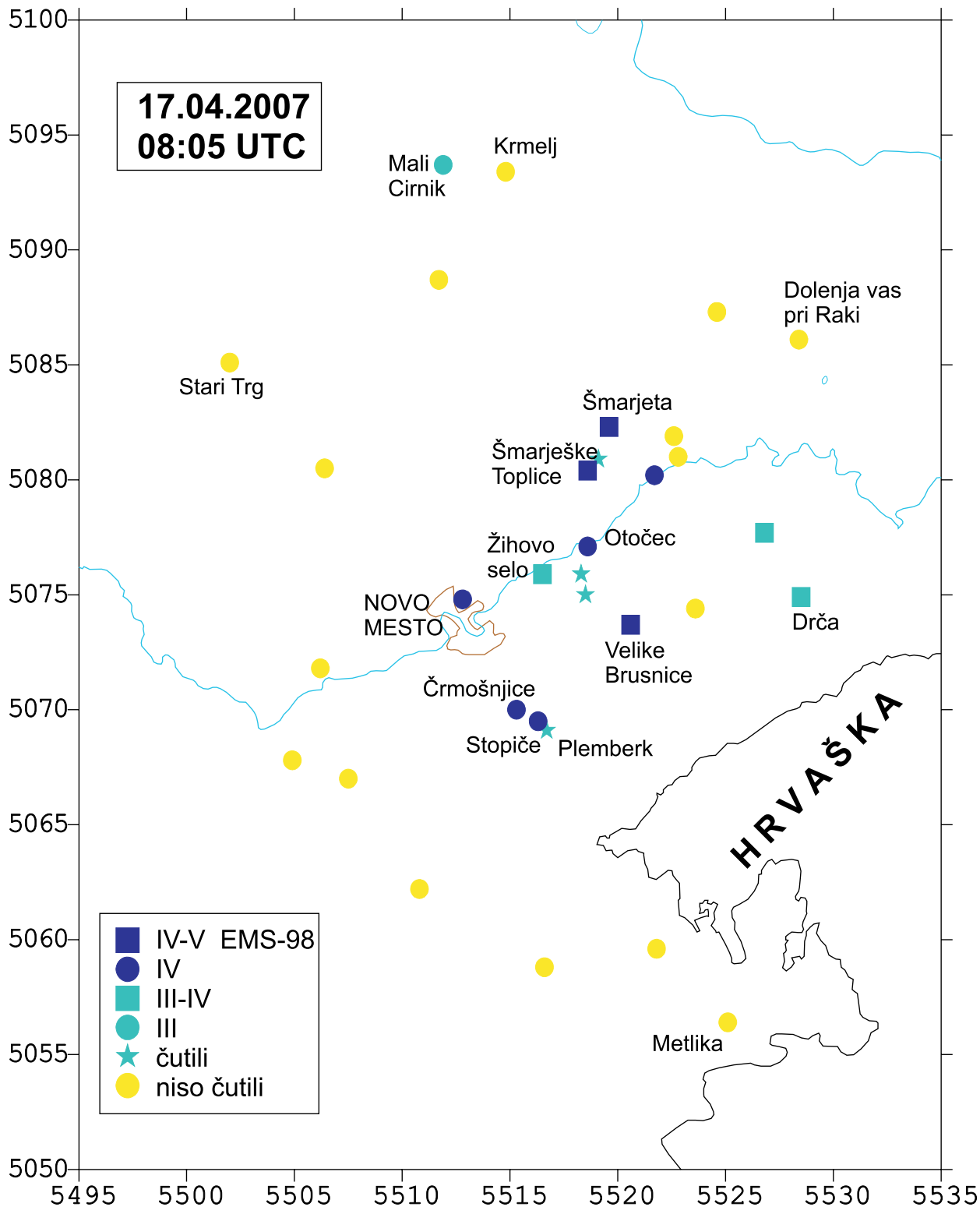
Podatki o nekaterih močnejših potresih, ki so jih prebivalci Slovenije čutili

V tem poglavju in na slikah od 3 do 13 so natančneje opisani in prikazani le nekateri izmed potresov, ki so jih v zadnjem letu čutili prebivalci Slovenije. Zaradi velikega števila dogodkov ni bilo mogoče predstaviti učinkov vseh. Na sliki 14 so prikazane največje intenzitete za vse potrese, ki so jih v letu 2007 v posameznih krajih čutili prebivalci Slovenije.

17. aprila 2007 ob 8. uri 5 minut po UTC. Potres magnitude 2,1 z žariščem vzhodno od Novega mesta je največje učinke (IV-V EMS-98) dosegel v Šmarjeških Toplicah, Šmarjeti in Velikih Brusnicah (slika 3). Iz Šmarjete so, razen o močnem tresenju hiš, poročali tudi o finih razpokah v ometu.

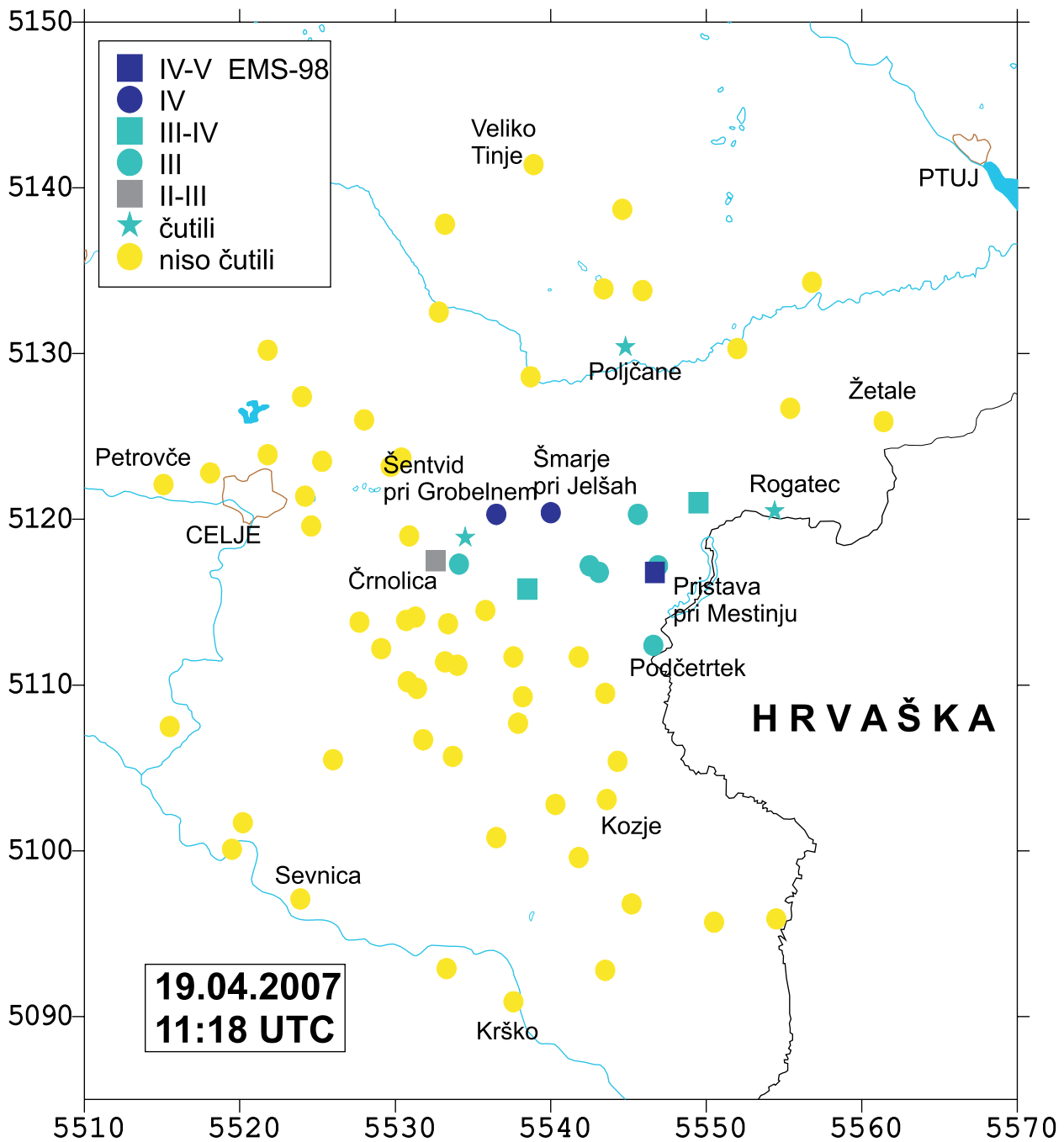
Slika 3 - 13. Prikazani so učinki nekaterih potresov, ki so jih v letu 2007 čutili prebivalci Slovenije. Na kartah je uporabljena Gauss-Krügerjeva mreža oz. kilometrsko merilo, ki olajša ocenjevanje medsebojne oddaljenosti prikazanih krajev.

Figures 3 - 13. There are shown the effects of some earthquakes felt by inhabitants of Slovenia in 2007. The Gauss-Krüger coordinate system is used, which facilitates evaluation of the distance between the places shown.



Slika 3. Intenziteta potresa 17. aprila 2007 ob 8. uri in 5 minut po UTC v posameznih naseljih.

Figure 3. Intensity of earthquake on 17 April 2007 at 8.05 UTC in individual settlements.



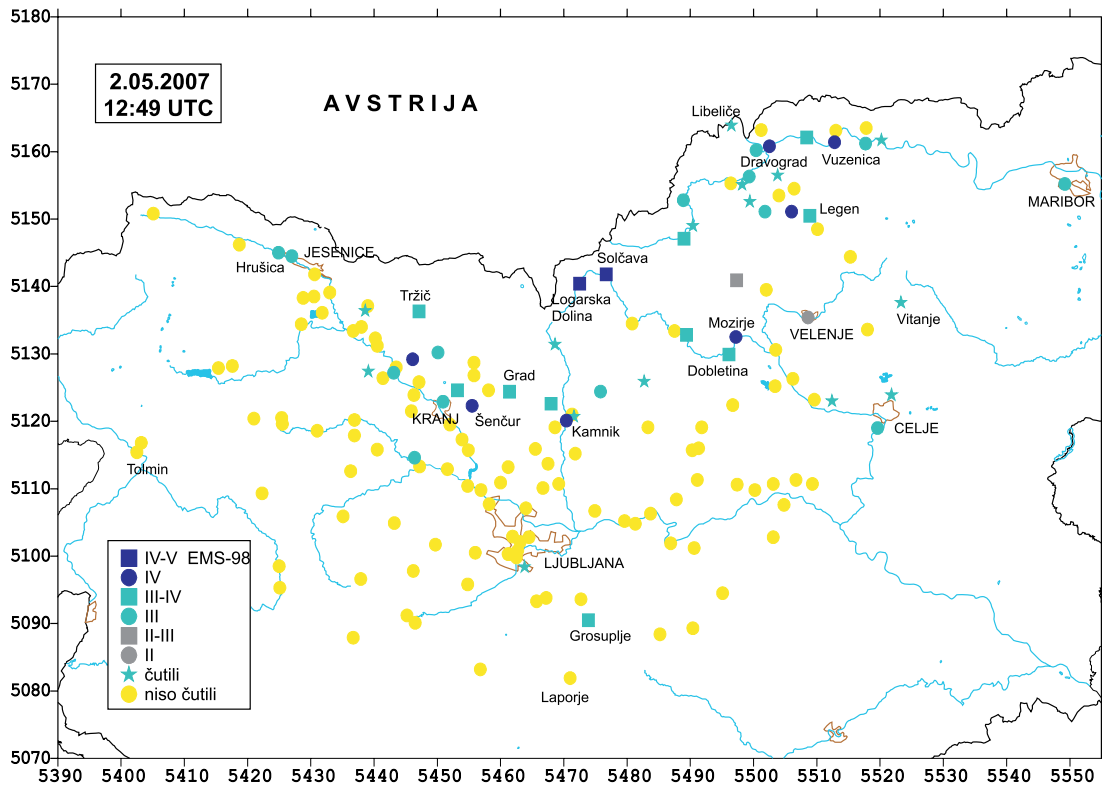
Slika 4. Intenziteta potresa 19. aprila 2007 ob 11. uri in 18 minut po UTC v posameznih naseljih.

Figure 4. Intensity of earthquake on 19 April 2007 at 11.18 UTC in individual settlements.

19. aprila 2007 ob 11. uri 18 minut po UTC. Zmerno tresenje tal so z intenziteto IV-V EMS-98 najmočneje čutili v Pristavi pri Mestinju (slika 4). Iz več krajev so poročali tudi o bobnenju, ki je spremljalo potres magnitude 2,6.

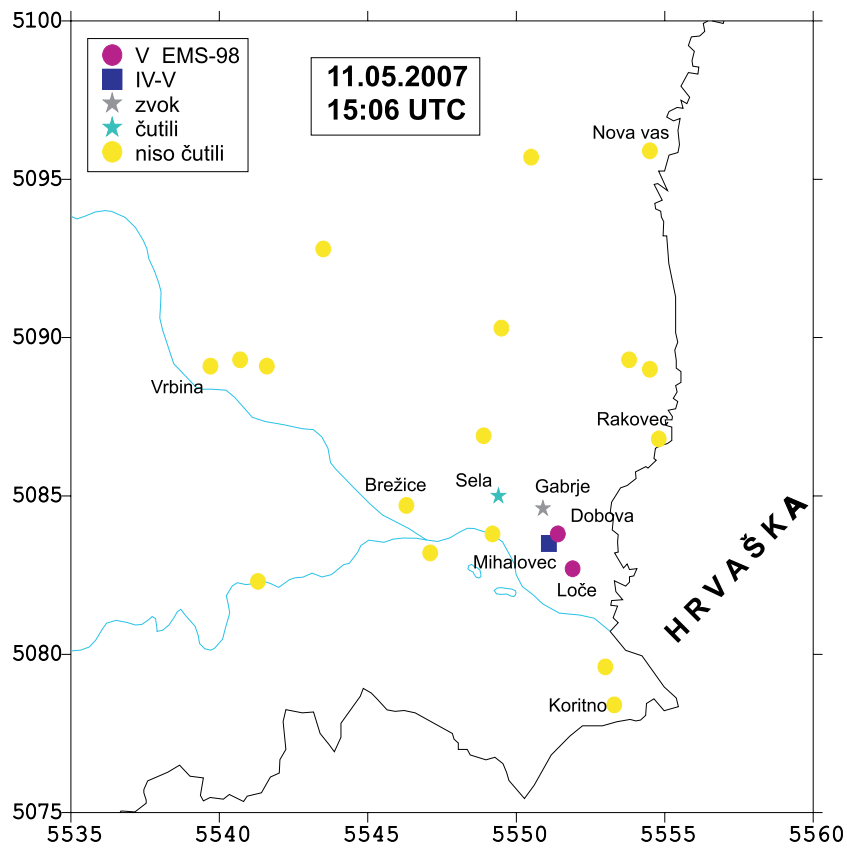
2. maja 2007 ob 12. uri 49 minut po UTC. Žarišče tega potresa magnitude 3,4 je bilo na področju Karavank v okolici Železne Kaple na avstrijskem Koroškem. Pri nas so ga najbolj čutili v Logarski Dolini in Solčavi (slika 5), kjer je imel intenziteto IV-V EMS-98.

11. maj 2007 ob 15. uri 6 minut po UTC. Zanimiv potres z magnitudo 1,7 in žariščno globino 5 km, je učinke imel na zelo majhnem območju, najmočneje pa v krajih Dobova in Loče (slika 6). Tresenje, ki je spremljalo močno grmenje, je prestrašilo prebivalce. Največja dosežena intenziteta je



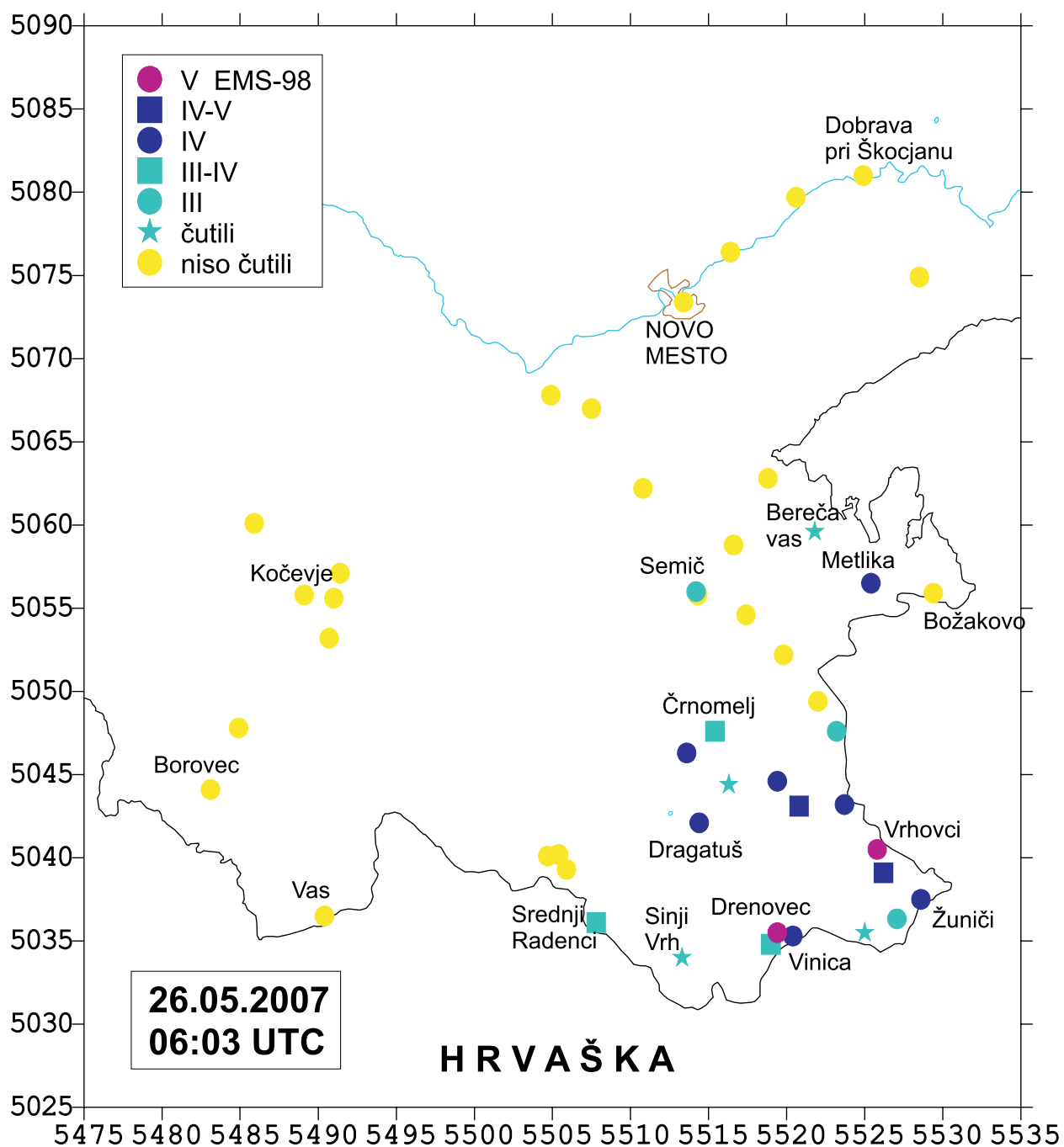
Slika 5. Intenziteta potresa 2. maja 2007 ob 12. uri in 49 minut po UTC v posameznih naseljih.

Figure 5. Intensity of earthquake on 2 May 2007 at 12.49 UTC in individual settlements.



Slika 6. Intenziteta potresa 11. maja 2007 ob 15. uri in 6 minut po UTC v posameznih naseljih.

Figure 6. Intensity of earthquake on 11 May 2007 at 15.06 UTC in individual settlements.



Slika 7. Intenziteta potresa 26. maja 2007 ob 6. uri in 3 minute po UTC v posameznih naseljih.

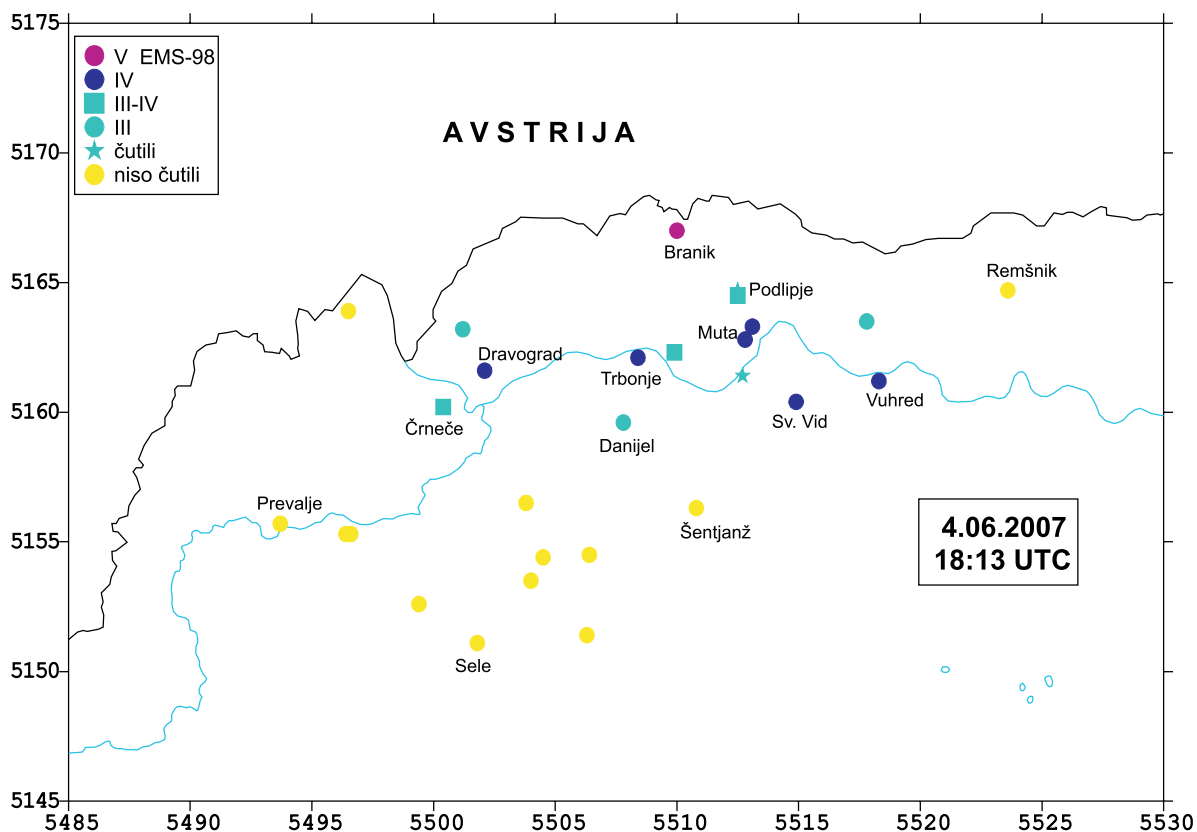
Figure 7. Intensity of earthquake on 26 May 2007 at 6.03 UTC in individual settlements.

bila V EMS-98.

26. maj 2007 ob 6. uri 3 minute po UTC. Ta potres z žariščem v Beli Krajini in z magnitudo 3,0 so najbolj čutili v Vrhovcih in Drenovcu, in sicer z intenziteto V EMS-98 (slika 7). Iz Vrhovcev so poročali tudi o rahlih razpokah v ometu.

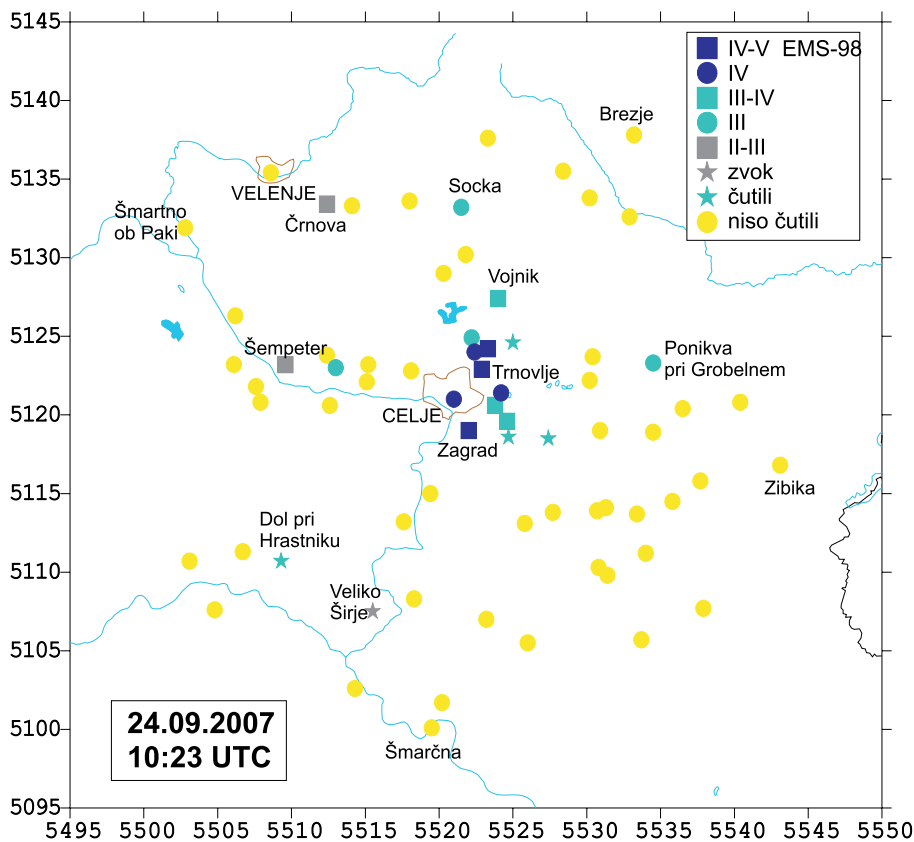
4. junij 2007 ob 18. uri 13 minut po UTC. Potres z magnitudo 1,9 je imel žarišče v okolici Dravograda (slika 8). Največje učinke (intenziteta V EMS-98) je dosegel v kraju Branik. Tam so občutno tresenje tal čutili tudi tisti, ki so bili na prostem.

18. julija 2007 ob 10. uri 54 minut po UTC. Žarišče tega potresa magnitude 4,7 je bilo na hrvaški obali, v morju blizu Kornatov. Gre za najmočnejši potres v letu 2007 (glede na magni-



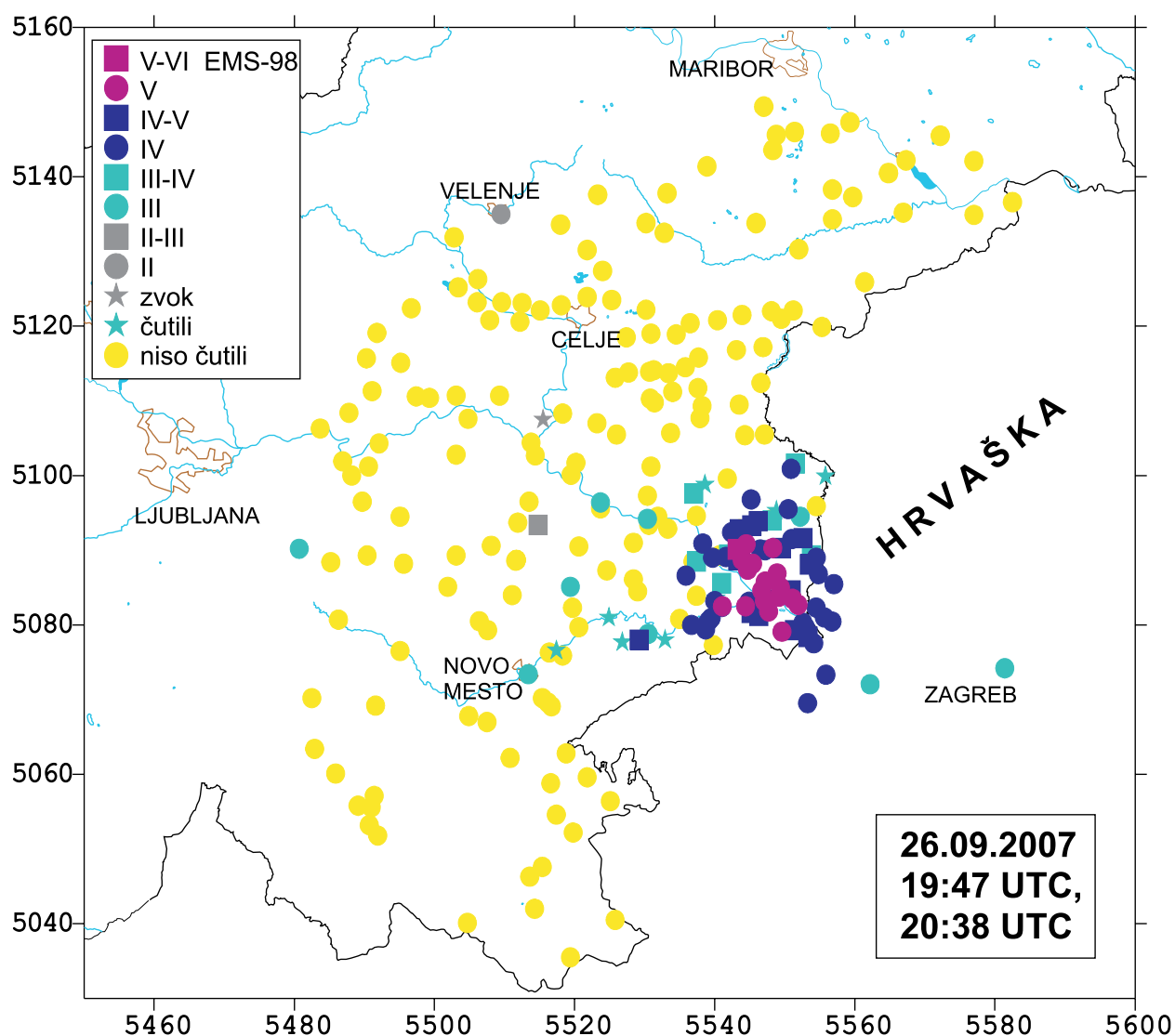
Slika 8. Intenziteta potresa 4. junija 2007 ob 18. uri in 13 minut po UTC v posameznih naseljih.

Figure 8. Intensity of earthquake on 4 June 2007 at 18.13 UTC in individual settlements.



Slika 9. Intenziteta potresa 24. septembra 2007 ob 10. uri in 23 minut po UTC v posameznih naseljih.

Figure 9. Intensity of earthquake on 24 September 2007 at 10.23 UTC in individual settlements.



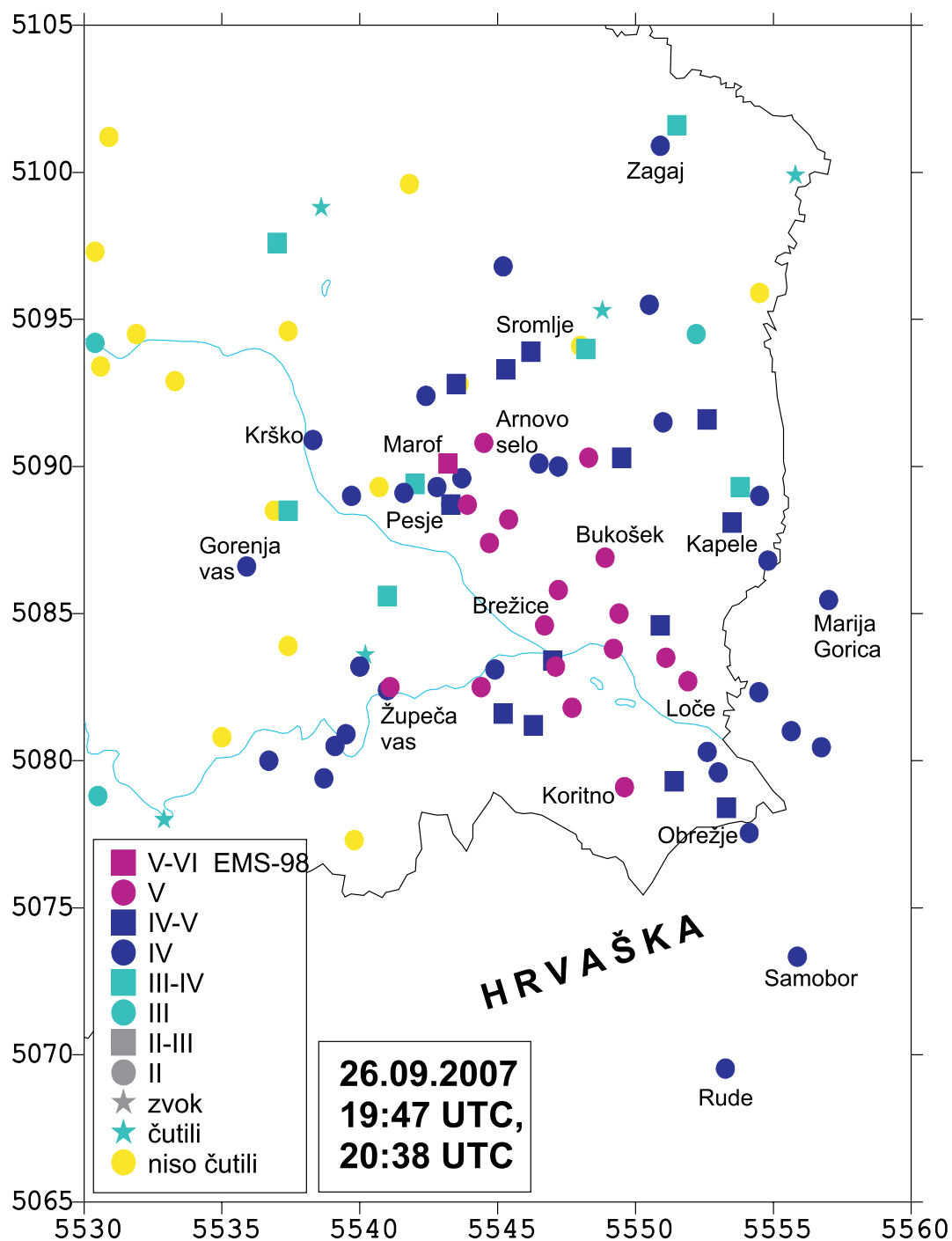
Slika 10. Intenziteta potresov 26. septembra 2007 ob 19. uri in 47 minut ter 20. uri in 38 minut po UTC v posameznih naseljih.

Figure 10. Intensity of earthquakes on 26 September 2007 at 19.47 and 20.38 UTC in individual settlements.

zap. št.	mesec	dan	ura (UTC)	min.	največja intenziteta v Sloveniji (EMS-98)	nadžarišče
no.	month	day	hour (UTC)	min.	maximum intensity in Slovenia (EMS-98)	epicentre
1	2	5	08	30	III-IV	Senj, Hrvaška
2	2	26	05	50	IV	Andreis, SV Italija
3	7	18	10	54	čutili	Kornati, Hrvaška
4	8	13	15	58	IV	Rovinj, Hrvaška
5	11	25	20	33	III	Paternion, Avstrija

Preglednica 2. Seznam potresov z žarišči v drugih državah, ki so jih čutili prebivalci Slovenije v letu 2007. Potresi so na kratko opisani v besedilu.

Table 2. List of earthquakes with origins in other countries that were felt by the inhabitants of Slovenia in 2007. Short descriptions of the events are given in the text.



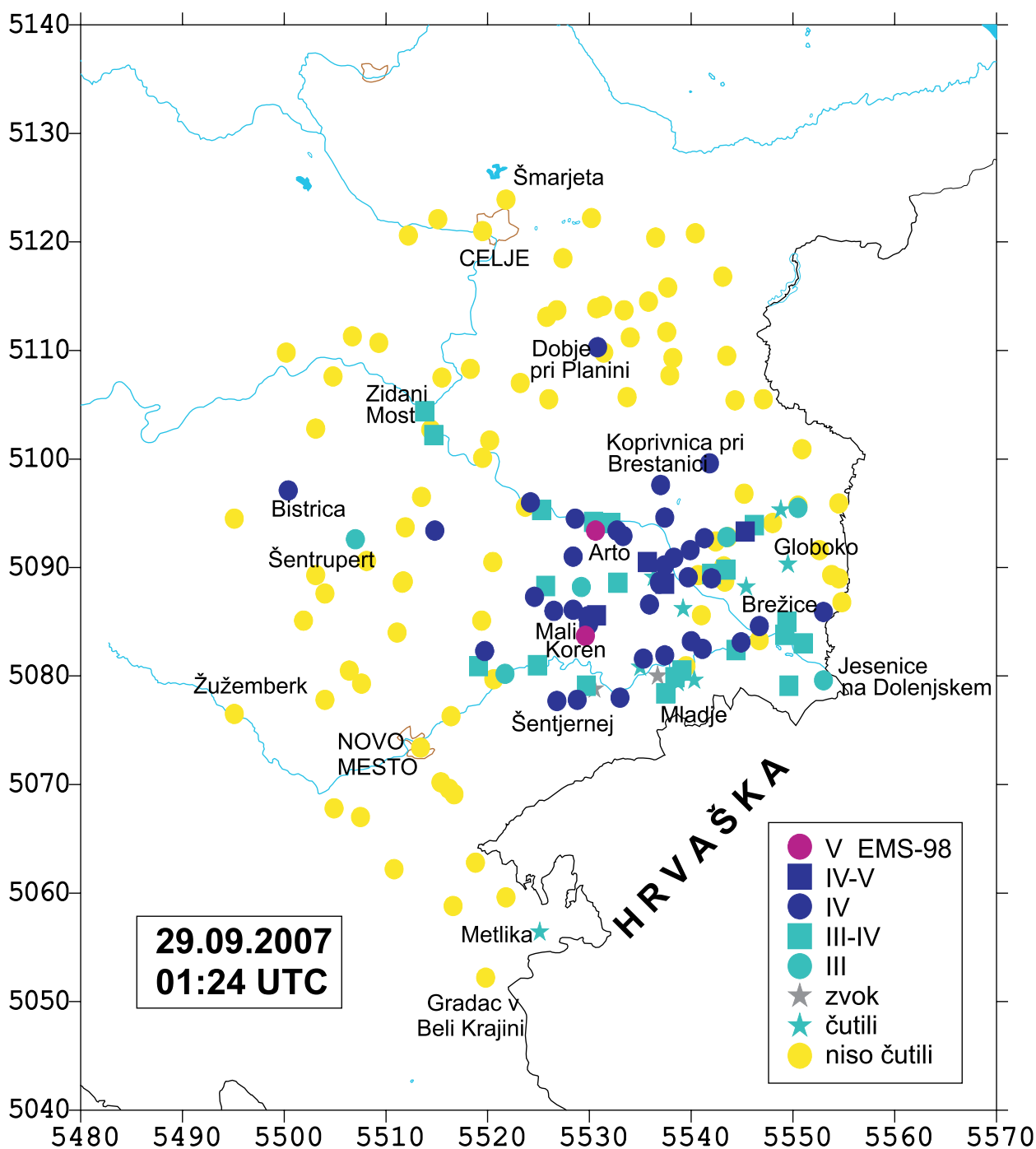
Slika 11. Intenziteta potresov 26. septembra 2007 ob 19. uri in 47 minut ter 20. uri in 38 minut po UTC v posameznih naseljih.

Figure 11. Intensity of earthquakes on 26 September at 19.47 and 20.38 UTC in individual settlements.

tudo), ki so ga čutili prebivalci Slovenije. Pri nas so ga čutili redki posamezniki v visokih stavbah v Ljubljani. Na hrvaškem otoku Pašmanu je potres povzročil manjšo gmotno škodo.

13. avgust 2007 ob 13. uri 58 minut po UTC. Zmerno tresenje tal z intenziteto IV EMS-98 je najbolj prestrašilo prebivalce Kopra. Tudi ta potres, magnitude 3,7, je bil na hrvaški obali, v morju blizu Rovinja. V Istri so potresi dokaj redek pojav, tako da je ta povzročil kar nekaj preplaha med turisti in domačini. Po poročilih tamkajšnjih medijev poškodb ni bilo.

24. september 2007 ob 10. uri 23 minut po UTC. Tokrat se je zatresla okolica Celja. Magnituda tega dogodka je bila 2,2. V krajih Trnovlje, Zagrad in Zadobrova je bila intenziteta IV-V EMS-98



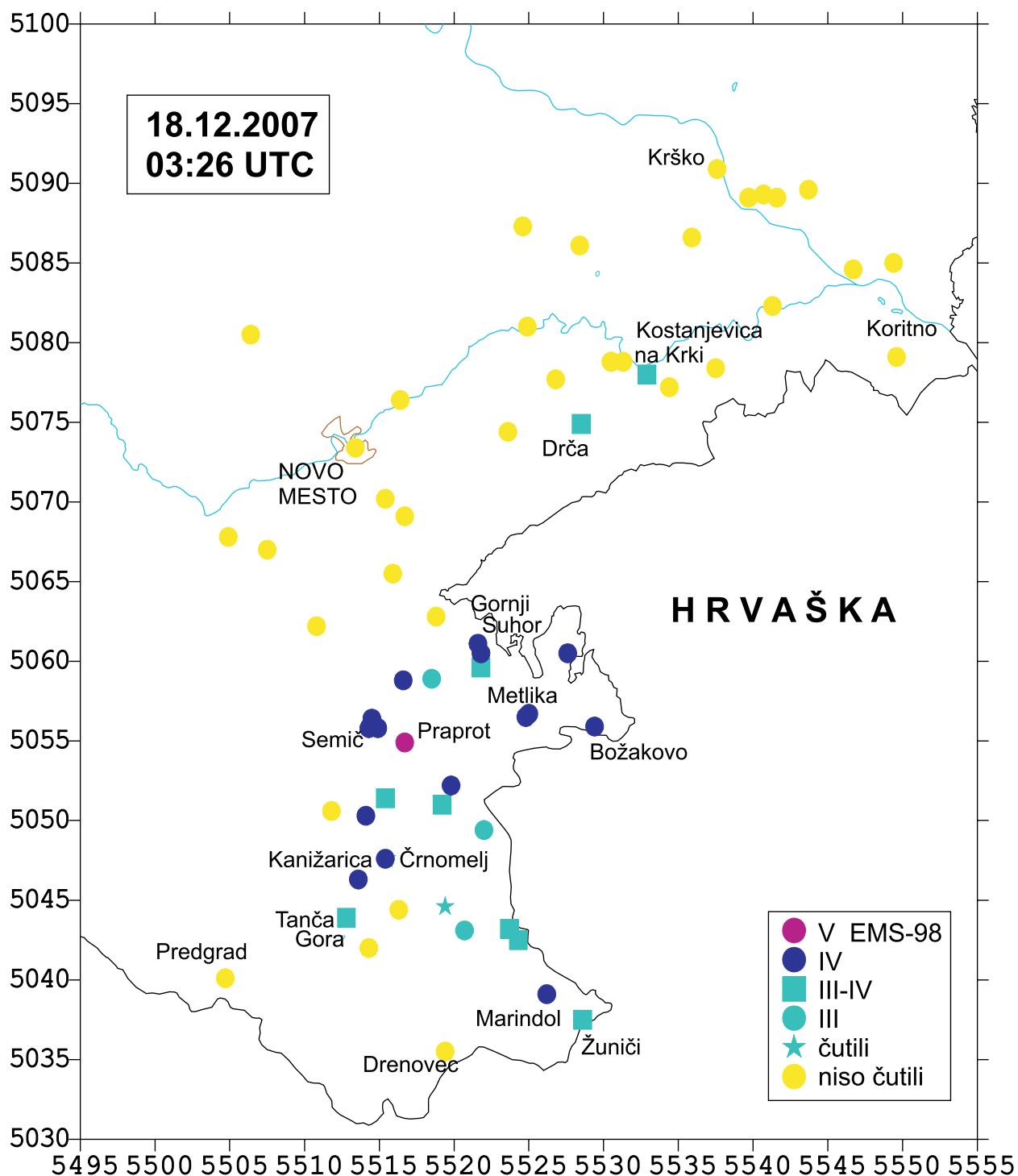
Slika 12. Intenziteta potresa 29. septembra 2007 ob 1. uri in 24 minut po UTC v posameznih naseljih.

Figure 12. Intensity of earthquake on 29 September 2007 at 1.24 UTC in individual settlements.

(slika 9). Prebivalci so poročali tudi o bobnenju, ki je spremljalo potres.

26. september 2007. Prvi potres se je zgodil ob 19. uri in 47 minut (oziroma ob 21:47 po lokalnem času) in je imel magnitudo 2,8. Slabo uro pozneje, ob 20. uri in 38 minut (oziroma ob 22:38 po lokalnem času) je bil drugi sunek, z magnitudo 2,9. Potresa sta povzročila zelo veliko preplaha, številni prebivalci Brežic so noč prebedeli v avtomobilih, kljub slabemu vremenu. Kljub preplahu večjih posledic ni bilo, razen nekaj manjših razpok v ometu na posameznih hišah. Nekaj poškodb je utrpel tudi Brežiški grad. Poročila o tem, kako so prebivalci potres čutili, smo prejeli iz celotne vzhodne Slovenije. Čutili so ga tudi v obmejnih krajih na Hrvaškem (slika 10 in slika 11).

29. september 2007 ob 1. uri in 24 minut po UTC. Močno tresenje tal z inteziteto V EMS-98 se

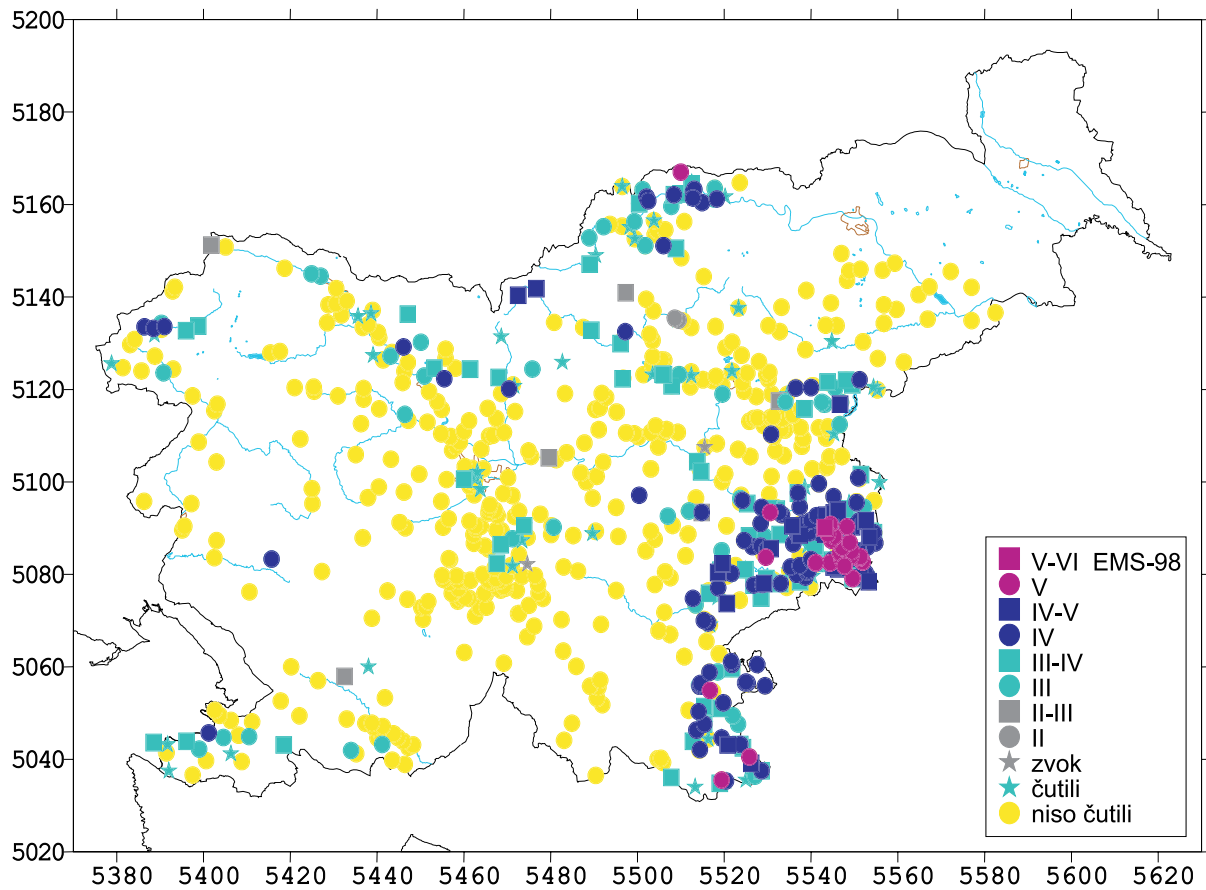


Slika 13. Intenzitete potresa 18. decembra 2007 ob 3. uri in 26 minut po UTC v posameznih naseljih.

Figure 13. Intensity of earthquake on 18 December 2007 at 3.26 UTC in individual settlements.

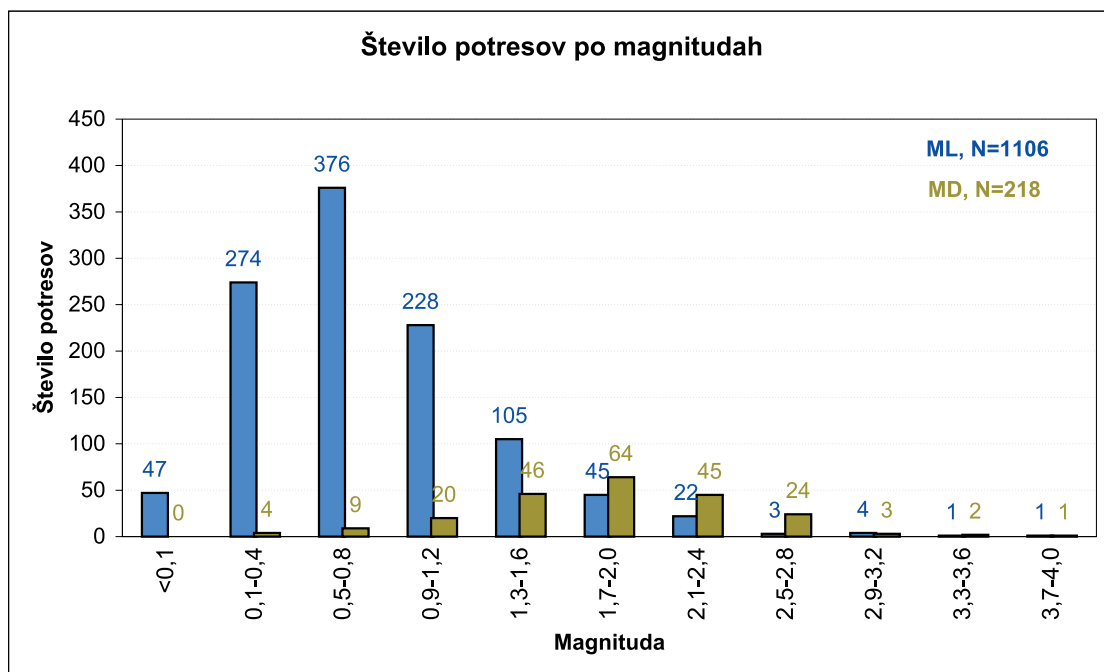
je zgodilo v bližini Krškega (slika 12). Magnituda tega dogodka je bila 3,0. Največjo intenziteto je potres dosegel v krajih Mali Koren in Arto.

18. december 2007 ob 3. uri 26 minut po UTC. Potres z magnitudo 3,0 je imel žarišče v Beli Krajini v bližini kraja Rakovec (slika 13). Najmočnejše (V EMS-98) so ga čutili v Praproti, kjer naj bi na posameznih hišah nastale fine razpoke v ometu.



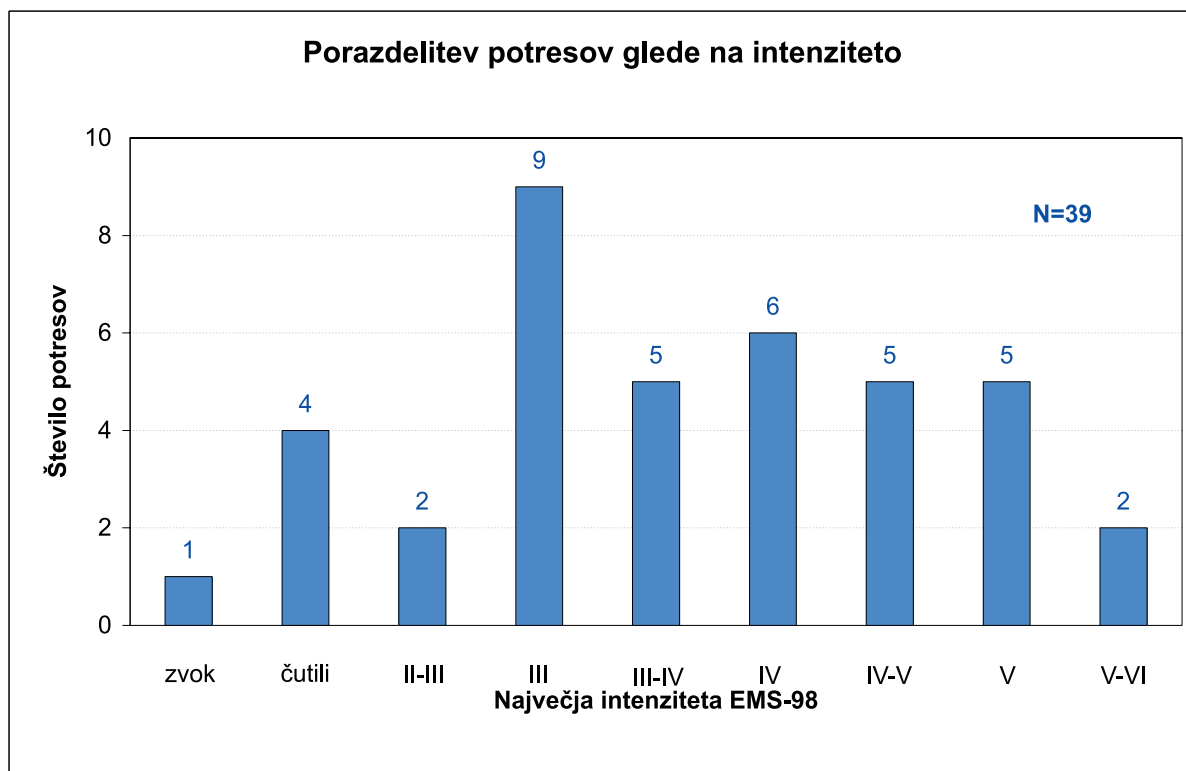
Slika 14. Karta intenzitet močnejših potresov v letu 2007 za posamezen kraj. V primeru, da so v posameznem kraju čutili več potresov, je označena največja intenziteta, ki je bila dosežena kadarkoli v tem letu.

Figure 14. Overall map of the largest intensities of all earthquakes in 2007 felt by the inhabitants of Slovenia in individual places.



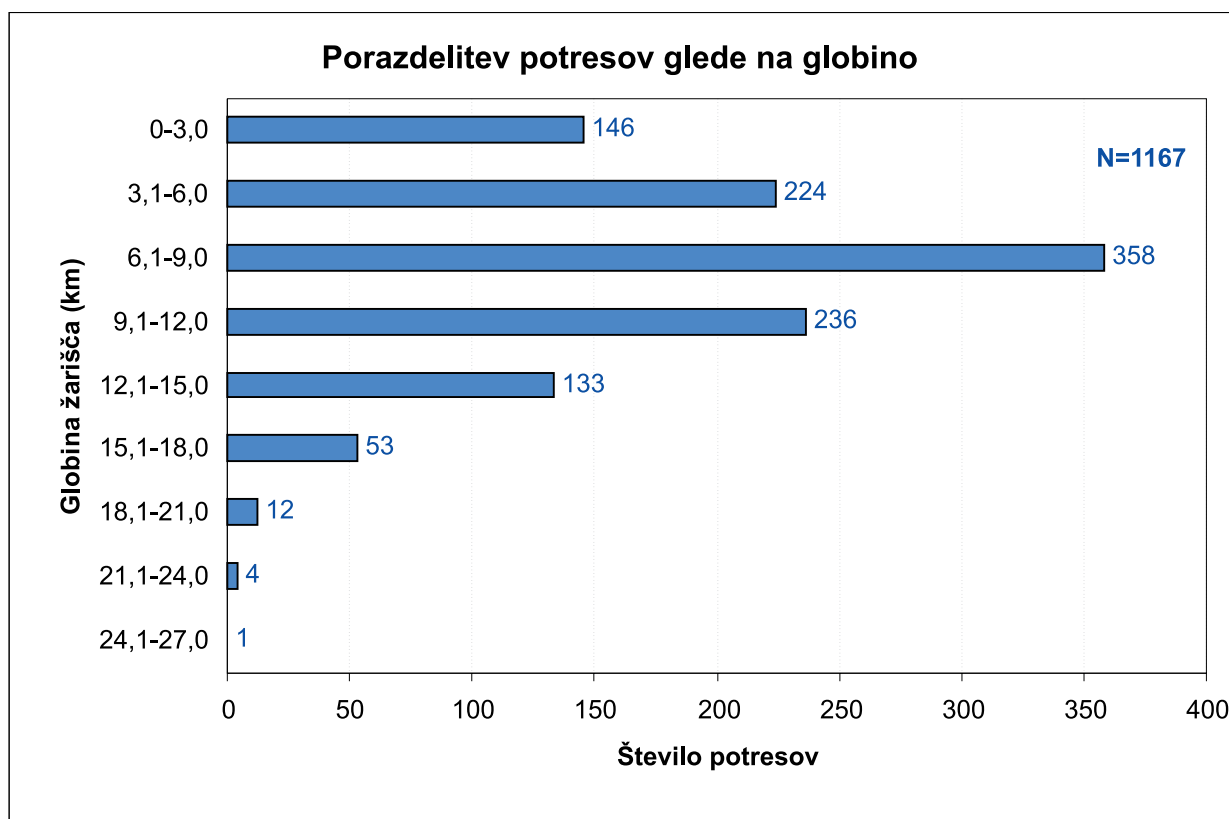
Slika 15. Porazdelitev potresov v Sloveniji v letu 2007 glede na lokalno magnitudo.

Figure 15. Distribution of earthquakes in Slovenia in 2007 with respect to local magnitude.



Slika 16. Porazdelitev potresov v Sloveniji v letu 2007 glede na največjo intenziteto EMS-98.

Figure 16. Distribution of earthquakes in Slovenia in 2007 with respect to maximum intensity EMS-98.



Slika 17. Porazdelitev potresov v letu 2007 glede na globino žarišča (v kilometrih).

Figure 17. Distribution of earthquakes in Slovenia in 2007 with respect to focal depth (in kilometres).

Zaključek

Potresna aktivnost v Sloveniji v letu 2007 je bila šibka. Kljub temu je bilo število zabeleženih potresov precejšnje, predvsem zaradi ugodne porazdelitve in gostote potresnih opazovalnic. Histogram na sliki 15 kaže porazdelitev lokalnih magnitud (MLV), ki smo jih opredelili za 1106 potresov. Največ potresov je imelo magnitudo med 0,5 in 0,8.

Med potresi, za katere smo razposlali makroseizmične vprašalnike ali opravili terenske raziskave, jih je 6 doseglo največjo intenziteto IV EMS-98, 5 jih je bilo z intenziteto IV-V EMS-98, še 5 potresov je imelo intenziteto V EMS-98, dva potresa sta dosegla intenziteto V- VI EMS-98. Ostali potresi (16) so imeli največjo intenziteto nižjo od IV EMS-98 ali pa so jih ljudje le čutili in stopnje ni bilo mogoče opredeliti. Prebivalci so skupno čutili vsaj 39 potresov (sliki 2 in 16), ki so imeli žarišče na območju Slovenije in pet izven nje.

Porazdelitev potresov glede na globino žarišč (slika 17) kaže, da je imela večina od skupno 1167 potresov na območju Slovenije in bližnje okolice žarišča do globine 18 km. Največ (358) potresov je bilo v globini med 6,1 in 9 km. Za 17 potresov smo opredelili žariščno globino nad 18 km.

Kot doslej bi bili makroseizmični podatki za potrese zelo pomanjkljivi ali celo popolnoma nedostopni, če nam pri tem delu ne bi pomagali številni prostovoljni opazovalci. Leta 2007 je z ARSO aktivno sodelovalo več kot 5000 ljudi, za kar se jim najlepše zahvaljujemo. V zvezi s potresi smo v letu 2007 poslali 5157 vprašalnikov. Vrnjenih je bilo okoli 70%.

Tudi v letu 2007 smo pri zbiranju in izmenjavi podatkov uspešno sodelovali s seizmologi iz sosednjih držav. Za poslane makroseizmične podatke se posebej zahvaljujemo Christiani Freudenthaler in Edmundu Fiegweilu iz Centralnega inštituta za meteorologijo in geodinamiko (ZAMG) na Dunaju in Ivici Soviću iz Seizmološke službe Republike Hrvaške (SSRH) v Zagrebu.

Literatura

- Agencija RS za okolje, 2007-2008. Preliminarni tedenski seizmološki bilteni za 2007. Arhiv ARSO, Ljubljana.
- Grünthal, G. (ur.), 1998a. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 15, Luxembourg, 99 pp.
- Grünthal, G. (ur.), 1998b. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). (citirano 14. 6. 2007). Dostopno na naslovu: http://www.gfz-potsdam.de/pb1/pg2/ems_new/INDEX.HTM
- GZAM, 2007-2008, Mesečni bilteni za 2007 (online). Geofizički Odsjek Prirodoslovno-Matematičnog Fakulteta, Zagreb, Hrvaška. (citirano 15. 9. 2008). Dostopno na naslovu: <http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/collect?Days=&yyyy=Year&mm=Mon&Reporter=ZAG>
- Lienert, B.R., Berg, E. in 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 pp.
- Michelini, A., Živčić, M. in Suhadolc, P., 1997. Simultaneous inversion for velocity structure and hypocenters in Slovenia, *Journal of Seismology*, 2(3), 257-265.
- OGS (Osservatorio Geofisico Sperimentale), 2008, Bolletino della Rete Sismometrica del Friuli Venezia Giulia, OGS, Centro ricerche sismologiche, Udine, computer file
- Rebez, A. in Renner, G., 1991, Duration magnitude for the northeastern Italy seismometric network, *Boll. Geof. Teor. Appl.*, Vol. XXXIII, N. 130-131, 177-186.
- RGU (Republiška geodetska uprava), 1995, Centroidi naselij (geografske koordinate), računalniški seznam.
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1991. Free software helps map and display data, *Eos, Trans. Amer. Un.*, Vol. 72(441), pp. 445-446.

-
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1998. New, improved version of the Generic Mapping Tools released, EOS Trans. AGU, Vol. 79, p. 579
- ZAMG, 2006-2007, Seizmološki bilteni za 2006. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien
- Živčić, M., Bondár, I. and Panza, G.F., 2000. Upper Crustal Velocity Structure in Slovenia from Rayleigh Wave Dispersion. Pure Appl. Geophys., Vol. 157, 131-146.

ŽARIŠČNI MEHANIZMI NEKATERIH MOČNEJŠIH POTRESOV V SLOVENIJI V LETIH 2006 IN 2007

FAULT PLANE SOLUTIONS OF SOME STRONGER EARTHQUAKES IN SLOVENIA IN 2006 AND 2007

Milka Ložar Stopar, Mladen Živčić

Povzetek

Za močnejše potrese, ki so nastali v Sloveniji v letih 2006 in 2007, smo iz seizmogramov odčitali smeri prvih premikov ob vstopu vzdolžnega (longitudinalnega) valovanja. Enajst potresov leta 2006 in dvanajst leta 2007 je bilo takšnih, da smo lahko zbrali zadostno število podatkov za zanesljivo opredelitev rešitve prelomne ploskve. Večina potresov je narivnega značaja s prelomno ploskvijo v smeri približno vzhod - zahod. Pri ostalih potresih je bil premik približno vodoraven ob skoraj navpičnem prelomu.

Abstract

From the seismograms of stronger earthquakes in Slovenia in 2006 and 2007 we read the first onsets of the arrivals of the longitudinal waves. For 23 of them there was enough data to determine the fault plane solutions. The mechanism is mostly of the thrust type with the fault plane striking approximately East – West. The remaining earthquakes were of the strike-slip type with the almost horizontal movement along the fault.

Uvod

Potres nastane ob prelomu v Zemljini notranjosti, ko pod vplivom tektonskih napetosti ena stran ob prelomu zdrsne relativno na drugo stran. Ozemlje Slovenije je prepleteno s številnimi prelomi (Poljak, 2007).

Povezavo med geološkimi strukturami, prelomi in potresi nam omogočajo žariščni mehanizmi. Ob potresu se potresno valovanje iz potresnega žarišča razširja v vseh smereh. Lastnosti tega valovanja v različnih smereh so drugačne in odvisne od usmerjenosti preloma in smeri premika ob njem. Mreže potresnih opazovalnic beležijo valovanje, ki se razširja iz potresnega žarišča. Iz teh podatkov seizmologi rutinsko določamo lokacijo nadžarišča, globino žarišča in magnitudo potresa (Cecić in sod., 2008). S skrbno analizo oblik vstopnega dela vzdolžnega in prečnega valovanja na posameznih potresnih opazovalnicah je ob zadostnem številu podatkov in njihovi ugodni legi glede na žarišče potresa možno ugotoviti smer prelomne ploskve in premika ob njej.

V tem prispevku je zajetih nekaj močnejših potresov v letu 2006 in 2007 z žariščem na ozemlju Slovenije in v neposredni okolici, za katere smo iz seizmogramov zbrali zadostno število podatkov za zanesljivo opredelitev rešitve prelomne ploskve in določitev žariščnih mehanizmov (preglednica 1).

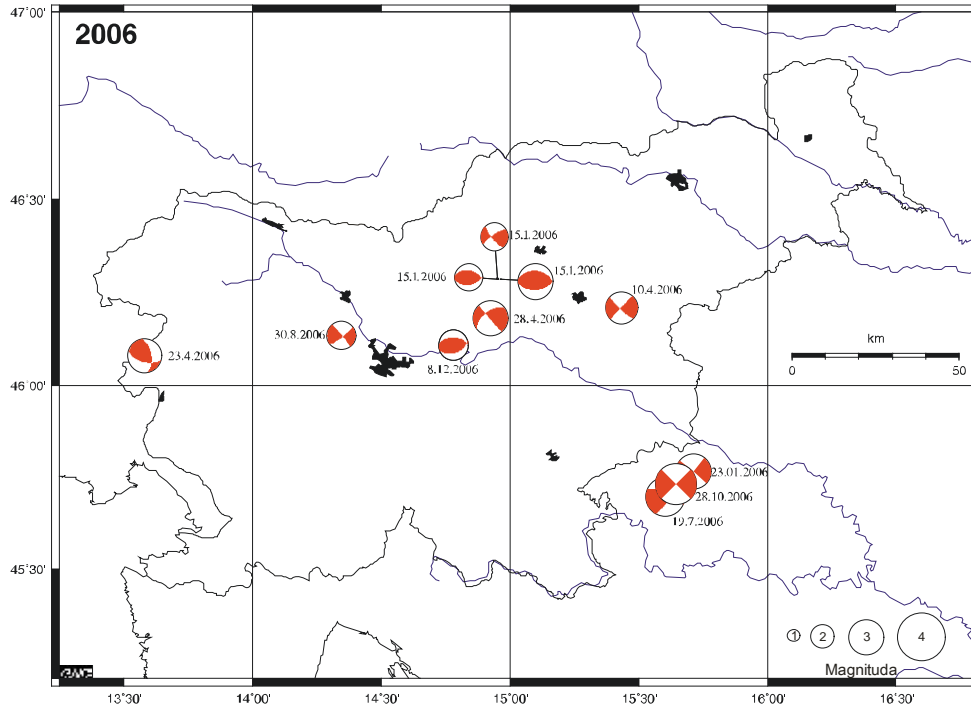
Postopek in podatki

Za rešitev prelomne ploskve smo uporabili smer nihanja tal ob prihodu longitudinalnega valovanja na potresno opazovalnico. To odčitamo na navpični komponenti kot kompresijo (zgotitev) ali dilatacijo (razredčitev) tal pod potresno opazovalnico. Ob poznavanju strukture Zemljine skorje in hitrosti potresnega valovanja v posameznih plasteh lahko izračunamo smer, v kateri je potresno valovanje zapustilo žariščno območje in opredelimo koordinate ter globino žarišča (Lienert in sod., 1988, 1994). V ta namen smo uporabili povprečni hitrostni model za ozemlje Slovenije, opredeljen iz tridimenzionalnega modela za prostorsko valovanje (Michellini in sod.,

datum	čas (UTC)	širina °N	dolžina °E	globina		MLV	ravnina 1			ravnina 2			P		T		Np	Nnp
				km	depth		smer	naklon	premik	smer	naklon	premik	smer	naklon	smer	naklon		
date	time (UTC)	lat.	long.	°E	°E	°E	strike	dip	rake	strike	dip	rake	strike	dip	strike	dip	strike	dip
15. 1. 2006	2:34	46,29	14,95	4	2,3	2,3	81	46	76	281	46	104	181	0	272	80	16	1
15.1. 2006	2:41	46,29	14,96	16	3,0	3,0	86	50	84	275	40	97	180	5	316	83	20	0
15. 1. 2006	5:20	46,29	14,95	13	2,3	2,3	235	77	16	141	74	166	8	2	99	20	12	1
23. 1. 2006	21:29	45,773	15,711	12,4	3,0	3,0	40	90	0	310	90	180	354	0	85	0	16	0
10. 4. 2006	8:35	46,21	15,43	19	2,7	2,7	224	87	9	133	81	177	358	4	89	8	23	0
23. 4. 2006	16:21	46,08	13,58	19	2,8	2,8	105	57	40	350	57	140	48	0	318	50	18	0
28. 4. 2006	10:47	46,18	14,93	16	2,9	2,9	232	55	4	140	87	145	191	21	90	26	27	0
19. 7. 2006	2:34	45,70	15,61	13	3,3	3,3	30	73	18	295	73	162	162	0	252	25	27	0
30. 8. 2006	22:38	46,13	14,35	22	2,4	2,4	52	80	3	321	87	170	7	5	276	9	17	0
28. 10. 2006	13:55	45,73	15,65	16	3,5	3,5	45	90	0	315	90	180	360	0	90	0	28	1
8. 12. 2006	17:34	46,11	14,78	13	2,5	2,5	71	46	76	271	46	104	170	0	262	80	14	0
1. 1. 2007	14:59	46,50	14,22	16	3,8	3,8	26	28	43	257	71	111	330	23	196	58	20	0
13. 1. 2007	15:48	45,827	15,693	7,4	2,1	2,1	79	73	25	341	66	161	209	5	302	30	13	0
19. 2. 2007	20:37	46,21	15,45	17	1,9	1,9	230	71	36	127	56	157	355	9	93	39	12	0
11. 4. 2007	9:57	46,26	14,64	14	2,1	2,1	62	48	48	295	56	127	0	5	262	60	11	0
17. 4. 2007	8:05	45,814	15,246	6,3	2,1	2,1	120	35	90	300	55	90	30	10	210	80	10	0
19. 4. 2007	11:18	46,19	15,51	10	2,6	2,6	85	44	60	304	53	116	16	5	273	69	15	0
2. 5. 2007	12:49	46,50	14,45	16	3,4	3,4	90	45	83	280	45	97	5	0	272	85	29	0
4. 5. 2007	3:21	45,91	14,58	11	1,9	1,9	55	50	57	280	50	123	348	0	258	65	14	0
26. 9. 2007	19:47	45,889	15,596	3 fix	2,8	2,8	248	29	58	104	66	106	181	19	42	65	18	0
26. 9. 2007	20:38	45,877	15,597	7 fix	2,9	2,9	279	25	78	112	66	96	198	20	33	69	16	0
29. 9. 2007	1:24	45,922	15,389	9,6	3,1	3,1	233	33	62	85	61	107	163	15	30	69	28	0
18. 12. 2007	3:26	45,65	15,42	10	3,0	3,0	71	79	33	334	58	167	199	14	297	31	34	0

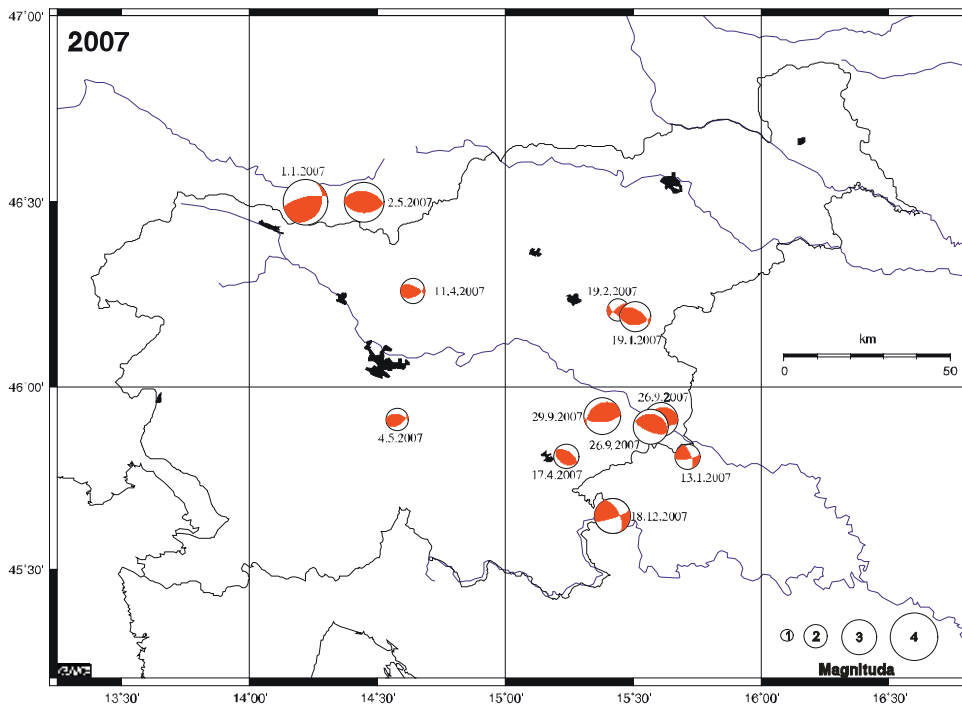
Preglednica 1. Močnejši potresi leta 2006 in 2007 z žariščem na ozemlju Slovenije in v neposredni okolici in njihovi parametri žariščnih mehanizmov. Smer je merjena od severa preko vzhoda, tako da je prelomna ploskev nagnjena v desno, naklon je merjen od horizontale in premik v prelomni ploskvi od smeri (Aki. in Richards, 2002). P je os največje in T os najmanjše napetosti. Np je število uporabljenih podatkov o smeri prvih premikov in Nnp število podatkov, ki niso v soglasju z rešitvijo.

Table 1. Stronger earthquakes in 2006 and 2007 with epicentres in Slovenia and the surroundings and fault plane parameters. Strike is measured from the North through East so that fault dips to the right of strike (Aki's convention), dip of the fault is measured from the horizontal and rake is measured in the fault plane from the strike. P is maximum and T minimum pressure axis. Np is number of stations used and Nnp is number of data inconsistent with the given solution.



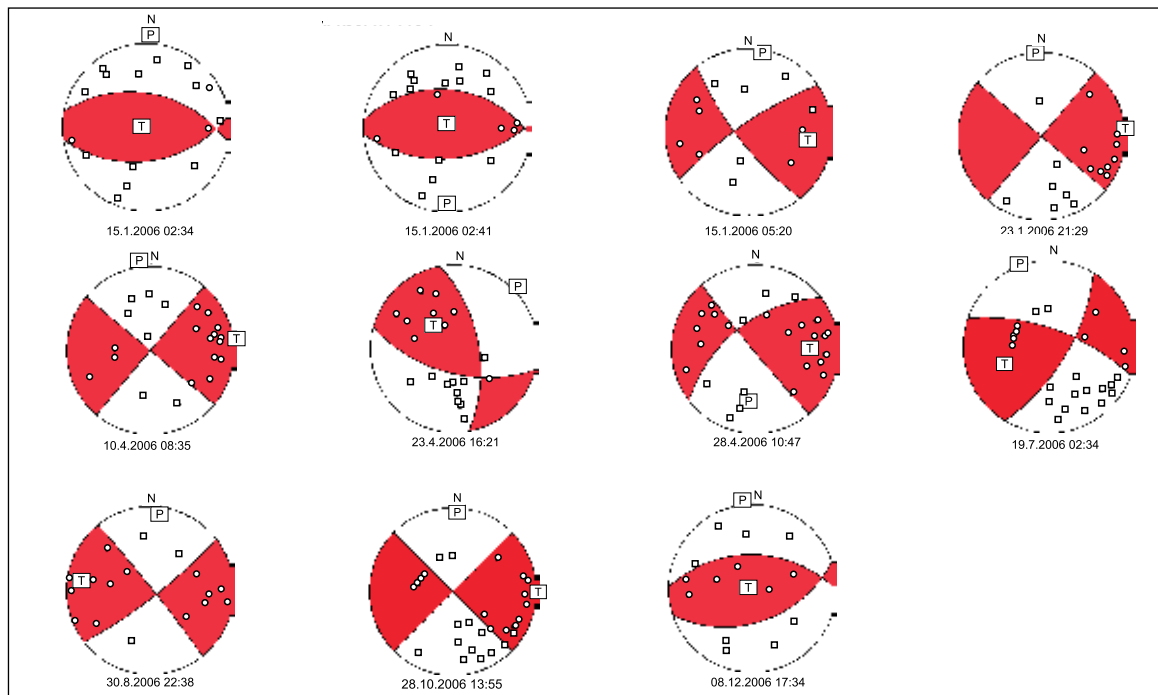
Slika 1. Lokacije močnejših potresov z njihovimi žariščnimi mehanizmi na ozemlju Slovenije in bližnje okolice v letu 2006. Rdeče obarvani kvadranti so kompresijski. Podan je tudi datum potresa.

Figure 1. Locations of the selected earthquakes with epicentres in Slovenia and the surroundings in 2006 and their fault plane solutions. Red quadrants are compressional. The date of the earthquake occurrence is also given.



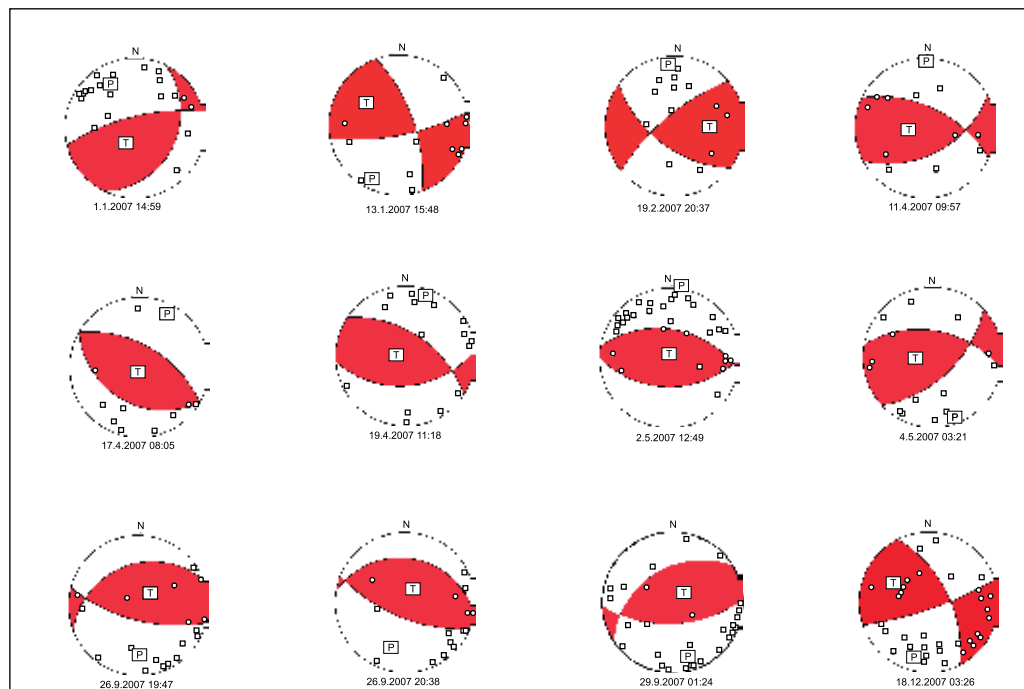
Slika 2. Lokacije močnejših potresov z njihovimi žariščnimi mehanizmi na ozemlju Slovenije in bližnje okolice v letu 2007. Rdeče obarvani kvadranti so kompresijski. Podan je tudi datum potresa.

Figure 2. Locations of the selected earthquakes with epicentres in Slovenia and the surroundings in 2007 and their fault plane solutions. Red quadrants are compressional. The date of the earthquake occurrence is also given.



Slika 3. Žariščni mehanizmi za enajst močnejših potresov na ozemlju Slovenije in bližnje okolice v letu 2006. Krogci predstavljajo opazovalnice, ki so kot prvi prihod zabeležile kompresijo, kvadratki pa opazovalnice, ki so zabeležile dilatacijo. Označeni sta smeri največje (P) in najmanjše (T) napetosti. Projekcija na spodnjo poloblo.

Figure 3. Fault plane solutions of the selected earthquakes in Slovenia and the surroundings in 2006. Circles denote stations with dilatations as the first onset and squares stations with compression, P and T are maximum and minimum stress axes. Lower hemisphere projection.



Slika 4. Žariščni mehanizmi za dvanajst močnejših potresov na ozemlju Slovenije in bližnje okolice v letu 2007. Krogci predstavljajo opazovalnice, ki so kot prvi prihod zabeležile kompresijo, s kvadratki so označene opazovalnice, ki so zabeležile dilatacijo. Osi napetosti sta označeni s črkama P in T. Projekcija na spodnjo poloblo.

Figure 4. Fault plane solutions of the selected earthquakes in Slovenia and the surroundings in 2007. Circles denote stations with dilatations as the first onset and squares stations with compression, P and T are maximum and minimum stress axes. Lower hemisphere projection.

1997) in modela za površinsko valovanje (Živčič in sod., 2000).

Dilatacije in kompresije izrišemo z različnimi simboli. V našem primeru dilatacijo predstavlja kvadrater in kompresijo krogec. Potem se določi dve medsebojno pravokotni ploskvi, ki ločita področja dilatacij in kompresij. Redkokdaj se zgodi, da so področja idealno ločena. Razlogi za to so lahko v nenatančnosti lokacije nadžarišča, žariščne globine ali nezadostnem poznavanju hitrostne strukture med žariščem in opazovalnico. Praviloma uporabljamo lateralno izotropen enodimenzionalen hitrostni model, čeprav se v naravi hitrosti spreminjajo tudi v vodoravni smeri in ni nujno, da žarek potuje po najkrajši poti, ker je ta lahko različna od najhitrejše poti. Prav tako ni nujno povsem pravilna predpostavka, da je proces v žarišču potresa bil čisti zmik. Nenazadnje obstaja tudi možnost, da je instrument na potresni opazovalnici postavljen z napačno polariteto. Zaradi tega je precej tvegana uporaba podatkov objavljenih v biltenih, ker jih ni mogoče preveriti. Za zanesljivo rešitev je nujno, da so na voljo celotni seizmogrami. Vse zapise potresov smo še enkrat skrbno pregledali in odčitali smeri prvih premikov P valovanja. K podatkom državne mreže potresnih opazovalnic Republike Slovenije smo dodali še dostopne podatke iz sosednjih držav, ki smo jih ravno tako odčitali sami.

Pri izračunu in določitvi prelomnih ploskev (Ložar in Živčič, 2007) smo si pomagali s programom Focmec (Snoke in sod., 1984), ki poda množico položajev vrzelnih ravnin, ki ustrezajo odčitanim prvim premikom. Kot končno rešitev smo se odločili za tisto, ki je imela najbolj vodoravno položeno os največje napetosti. Za to smo se odločili, ker je bilo v prejšnjih raziskavah ugotovljeno, da je os največje napetosti v področju Slovenije usmerjena približno vodoravno (Poljak in sod., 2000). Nekoliko bolj nagnjena je le v skrajnjem vzhodnem delu.

Rešitve možnih prelomnih ploskev za enajst močnejših potresov v letu 2006 in dvanajst močnejših potresov iz leta 2007 so na sliki 3 in sliki 4. Podana je projekcija na spodnjo poloblo. Posamezne opazovalnice so predstavljene s simboli glede na smer prvega premika ob prihodu vzdolžnega valovanja. Kompresijski kvadranti so označeni z rdečo barvo, medtem ko so dilatacijski kvadranti brezbarvni. Označeni sta tudi smeri največje (P) in najmanjše (T) napetosti kot sta določeni iz rešitve prelomne ploskve. Geografska porazdelitev potresov za leto 2006 je razvidna iz slike 1 in za leto 2007 iz slike 2.

Zaključek

Poznavanje procesa v žarišču potresa poda neposredno informacijo o načinu in smeri deformacij v zemeljski skorji v žariščnem območju. Večina potresov nastane zaradi nenadnega strižnega zmika ob prelomu v zemeljski skorji. Povezava potresa s posameznim prelomom je nedvomen dokaz, da je ta prelom aktiven in to ima lahko velike posledice za izračun potresne nevarnosti določenega območja. Natančnost lokacij žarišča le redko zadošča, da bi lahko potres nedvomno pripisali nekemu prelomu. Opredelitev prelomne ploskve nam pomaga, ker v žariščnem območju lahko upoštevamo samo prelome določenega značaja in usmerjenosti. Večina potresov leta 2006 in 2007 z žarišči v Sloveniji, za katere smo opredelili rešitev prelomne ploskve je bilo narivnega značaja s prelomno ploskvijo v smeri približno vzhod - zahod. Pri ostalih potresih je bil premik približno vodoraven ob skoraj navpičnem prelomu.

Iz preglednice 1 je razvidno, da je bil najšibkejši potres, za katerega smo še lahko zbrali zadostno število zapisov, magnitude $MLV=1,9$. Najmanjše število uporabljenih podatkov o smeri prvih premikov je bilo dvanajst, medtem ko smo pri enem od potresov lahko uporabili kar 34 prvih premikov na posameznih opazovalnicah. To je bilo mogoče le zaradi nove mreže potresnih opazovalnic, ki je postopoma začela delovati med letoma 2002 in 2007 in uspešnega sodelovanja s seizmološkimi službami drugih držav.

Zahvala

Zapise potresov na opazovalnicah v Avstriji in v pokrajini Furlanija-Julijska krajina v Italiji smo pridobili v okviru Mednarodnega sporazuma o izmenjavi seizmoloških podatkov v »realnem času« na področju Alpe-Jadran. Pri nekaterih potresih ob meji smo uporabili tudi zapise Hrvaške seizmološke službe. Slike smo izdelali s programom GMT (Wessel in Smith, 1991, 1998).

Literatura

- Aki, K. in Richards, P. G., 2002. *Quantitative Seismology*, University Sausalito Books, Sausalito CA, 700 pp.
- Cecić, I., Čarman, M., Jesenko, T., Ložar Stopar, M. in Živčič, M., 2008. Potresi v Sloveniji leta 2007. V: Vidirh, R. Ed., *Potresi v letu 2007*, ARSO, ta številka.
- Lienert, B.R., Berg, E. in 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 pp.
- Ložar Stopar, M. in Živčič, M., 2007. Žariščni mehanizmi nekaterih močnejših potresov v Sloveniji v letu 2005, *Potresi v letu 2005*, Agencija Republike Slovenije za okolje, 57-62, Ljubljana.
- Michelini, A., Živčič, M. in Suhadolc, P., 1997. Simultaneous inversion for velocity structure and hypocenters in Slovenia, *Journal of Seismology*, 2(3), 257-265.
- Poljak M., Živčič M., Zupančič P., 2000. The Seismotectonic Characteristics of Slovenia *Pure appl. Geophys.*, vol. 157, 37-55.
- Poljak M., 2007. *Strukturno-tektonska karta Slovenije 1:250000*, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- 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.
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1991. Free software helps map and display data, *Eos, Trans. Amer. Un.*, Vol. 72(441), pp. 445-446.
- Wessel, P. in Smith, W.H.F., 1998. New, improved version of the Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. AGU*, Vol. 79, p. 579.
- Živčič, M., Bondár, I. in Panza, G.F., 2000. Upper Crustal Velocity Structure in Slovenia from Rayleigh Wave Dispersion. *Pure Appl. Geophys.*, Vol. 157, 131-146.

VPLIV BREZPREKINITVENEGA NAPAJANJA NA DELOVANJE POTRESNE OPAZOVALNICE

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY INFLUENCES ON SEISMIC STATION'S FUNCTION

Marko Mali, Izidor Tasič, Luka Pančur

Povzetek

Vsaka sodobna potresna opazovalnica je opremljena s sodobnim širokopasovnim seizmometrom, kvalitetno enoto za zajemanje in digitaliziranje seizmičnih podatkov in z vrsto komunikacijskih naprav. V primerjavi z našeto opremo se izbira napajalnega sistema oziroma UPS enote ne zdi pomembna, a v praksi ni tako. Nepravilna izbira in napačno dimenzioniranje UPS enote lahko vodi do izgube podatkov oziroma lahko UPS enota predstavlja vir nezaželenega šuma, ki močno poslabša kvaliteto seizmoloških podatkov. Glavna naloga UPS enote je neprestano oskrbovati potresno opazovalnico z električno energijo (12 V DC ter 230 V AC napetost za napajanje seizmološke in komunikacijske opreme), pri čemer mora biti njena avtonomija vsaj en dan.

Na uradu za seizmologijo in geologijo vsako leto izvedemo analizo vrste parametrov (količina izgubljenih podatkov in vzroki, kvaliteta podatkov s stališča šuma, ...), ki pričajo o kakovosti delovanja mreže potresnih opazovalnic. Na osnovi rezultatov analize smo ugotovili, da na kvaliteto in stabilnost delovanja potresnih opazovalnic močno vpliva tudi UPS enota. Na osnovi podrobnejše analize seizmoloških podatkov, zajetih z novim CMG-3ESPC seizmometrom, smo ugotovili, da se pri omenjenem seizmometru na visokofrekvenčnem področju ($f > 10$ Hz) pojavlja dodaten šum nenaravnega izvora. Po izločitvi samega seizmometra in zajemalne enote kot vira omenjenega šuma smo ugotovili, da je vir umetnega šuma UPS enota. Poleg omenjenega pa je zaradi slabega dimenzioniranja in izbire sestavnih elementov stare UPS enote prihajalo do predčasnih okvar akumulatorjev in s tem posledično do krajšanja časa avtonomnosti, ki je v povprečju znašal manj kot 8 ur. Zaradi naštetih problemov z UPS enoto smo v letu 2007 začeli z razvojem in testiranjem nove UPS enote. Testiranje je pokazalo, da nova UPS enota odpravi vse zgoraj našete probleme. V prispevku bomo podali podrobnejše informacije o umetnem šumu, ki je posledica UPS enote. Podajamo tudi posege za odpravo omenjenega šuma, kjer mislimo predvsem na razvoj nove UPS enote.

Analiza šuma potresne opazovalnice

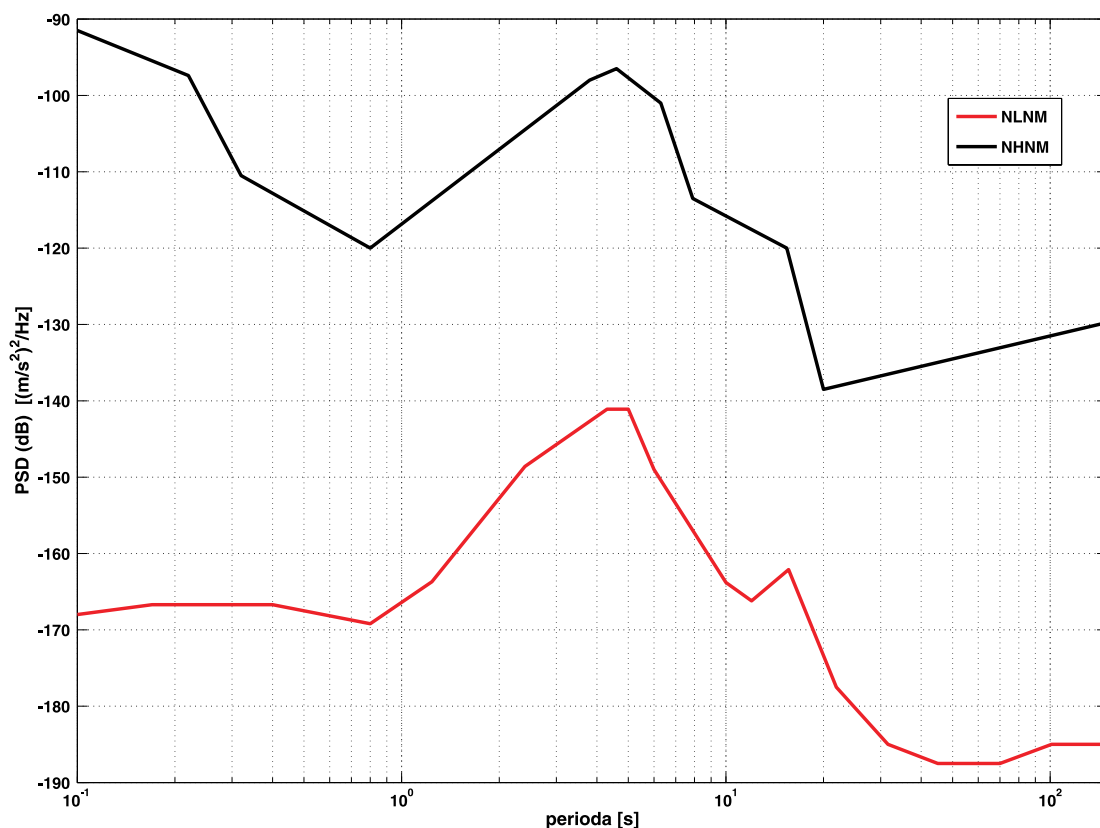
Na Uradu za seizmologijo in geologijo vsako leto izvedemo obsežno analizo parametrov, ki pričajo o kvaliteti delovanja državne mreže potresnih opazovalnic. Med vrsto analiziranih parametrov se bomo na tem mestu osredotočili na dva. Prvi parameter govori o zanesljivosti

Abstract

A modern stand-alone digital seismic station is equipped with seismometer, acquisition unit, several communication devices and an uninterruptible power supply unit (UPS). While UPS unit is usually one of the least considered elements in seismic station design, it is still very important. Incorrect design of UPS unit can produce data loss or unexpected source of artificial noise, which could decrease the quality of seismic data. In general an UPS unit has to provide 12 V DC output for seismic equipment and 230V AC output for communication equipment. The capacity of the UPS unit must be properly dimensioned, so that in case of public power supply failure operation of the seismic station is not influenced for at least a day.

Every year an extensive analysis of several parameters (percentage of lost data, noise level, temperature), which indicate quality of our seismic network, is performed. Analysing seismic data, recorded with CMG-3ESPC seismometers, we detected seismic noise in the high frequency band ($f > 10$ Hz). After eliminating seismic equipment (seismometer and data logger) as the source of artificial noise, we found out that the cause of the high frequency noise were UPS units. UPS units were also responsible for unusual glitches, detected on different seismic station at the same time. At this moment the 5th generation of UPS unit is in use. With the last generation we eliminated all mentioned problems. In this article artificial noise which originate from UPS units is presented. Moreover, all the actions to eliminate that kind of noise are presented.

delovanja posamezne potresne opazovalnice in je predstavljen s količino izgubljenih podatkov v opazovanem letu. Drugi parameter pa govori o kvaliteti seizmoloških podatkov in ga največkrat predstavimo v obliki močnostnega spektra in prikazuje nivo šuma na posamezni potresni opazovalnici. Bližje kot je omenjeni nivo šuma spodnji meji šuma (slika 1), ki jo podaja NLNM (New Low Noise Model), bolj kvalitetni in uporabni so podatki. Na sam nivo šuma posamezne potresne opazovalnice vpliva več dejavnikov, ki jih v splošnem lahko razdelimo v dve skupini. V prvo uvrščamo naravne izvore šuma kot so atmosferske spremembe, gibanje oceanov, močni vetrovi, ... V drugo skupino pa spadata predvsem promet in industrija, pri čemer ne smemo pozabiti tudi na lastni šum seizmološke opreme in šum, ki ga povzroča ostala oprema, instalirana v bližini seizmometra (Čarman in sod., 2005).



Slika 1. Slika prikazuje eksperimentalno določeno, na osnovi 75 digitalnih potresnih opazovalnic postavljenih po celem svetu, spodnjo in zgornjo mejo seizmičnega šuma, ki ju imenujemo NLNM (ang: new low noise model) in NHHM (ang: new high noise model).

Figure 1. The new low noise model (NLNM) and the new high noise model (NHHM) are presented.

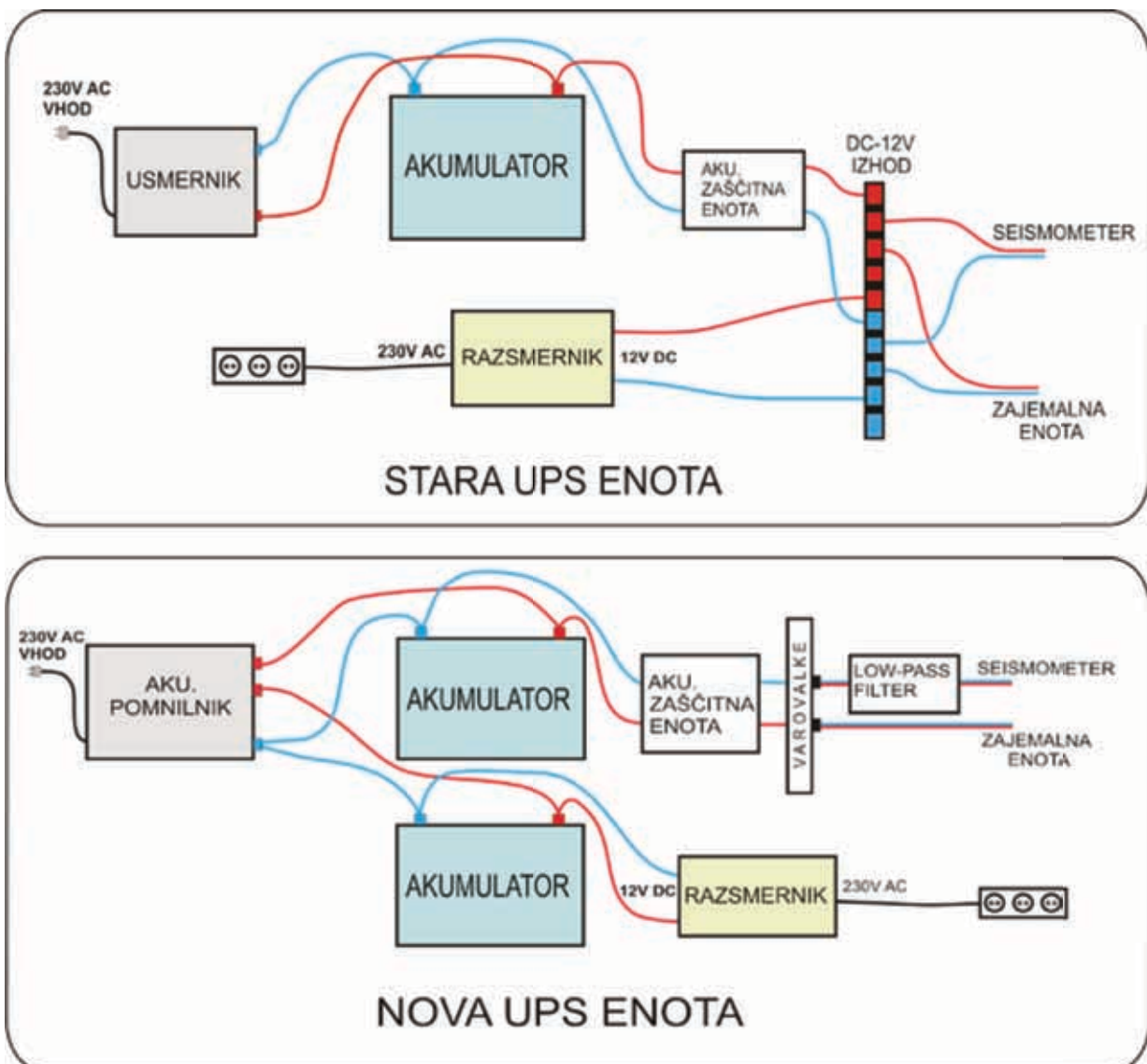
Na osnovi omenjene analize smo na visokofrekvenčnem pasu zaznali povečan šum, katerega oblika je pričala o umetnem izvoru le tega. Povečan šum smo zaznali le na opazovalnicah, ki so bile opremljene z novejšim CMG-3ESPC 120 sekundnim seizmometrom. Da bi ugotovili izvor nezaželenega šuma, smo morali najprej kot njegov vir izločiti seizmološko opremo ter samo lokacijo, kjer je bil šum zaznan. V ta namen smo najprej na isto lokacijo (izbrana je bila potresna opazovalnica Skadanščina) namestili več CMG-3ESPC seizmometrov hkrati. Na opazovalnici pa je istočasno deloval tudi seizmometer STS-2. Analiza zajetega seizmičnega signala je pokazala, da je povečan visokofrekvenčni šum prisoten le na signalih, zajetih s seizmometrom CMG-3ESPC. S tem smo kot možni vir neznanega šuma izločili samo zajemalno enoto ter šum lokacije. Sledilo je testiranje enega od seizmometrov CMG-3ESPC v za ta namen zgrajenem kompleksu, imenovanem Conrad Observatory v Avstriji. Rezultati testa so pokazali, da izvor neznanega šuma ni seizmometer CMG-3ESPC, saj na testni lokaciji neznanega šuma nismo zasledili. Sledilo je obsežno testiranje ostale opreme, s katero je opremljena vsaka potresna opazovalnica. Rezultati

so pokazali, da je izvor neznanega šuma UPS enota oziroma na kvaliteto napajanja zelo občutljiv seizmometer CMG-3ESPC.

Predstavitev in odprava neznanega šuma

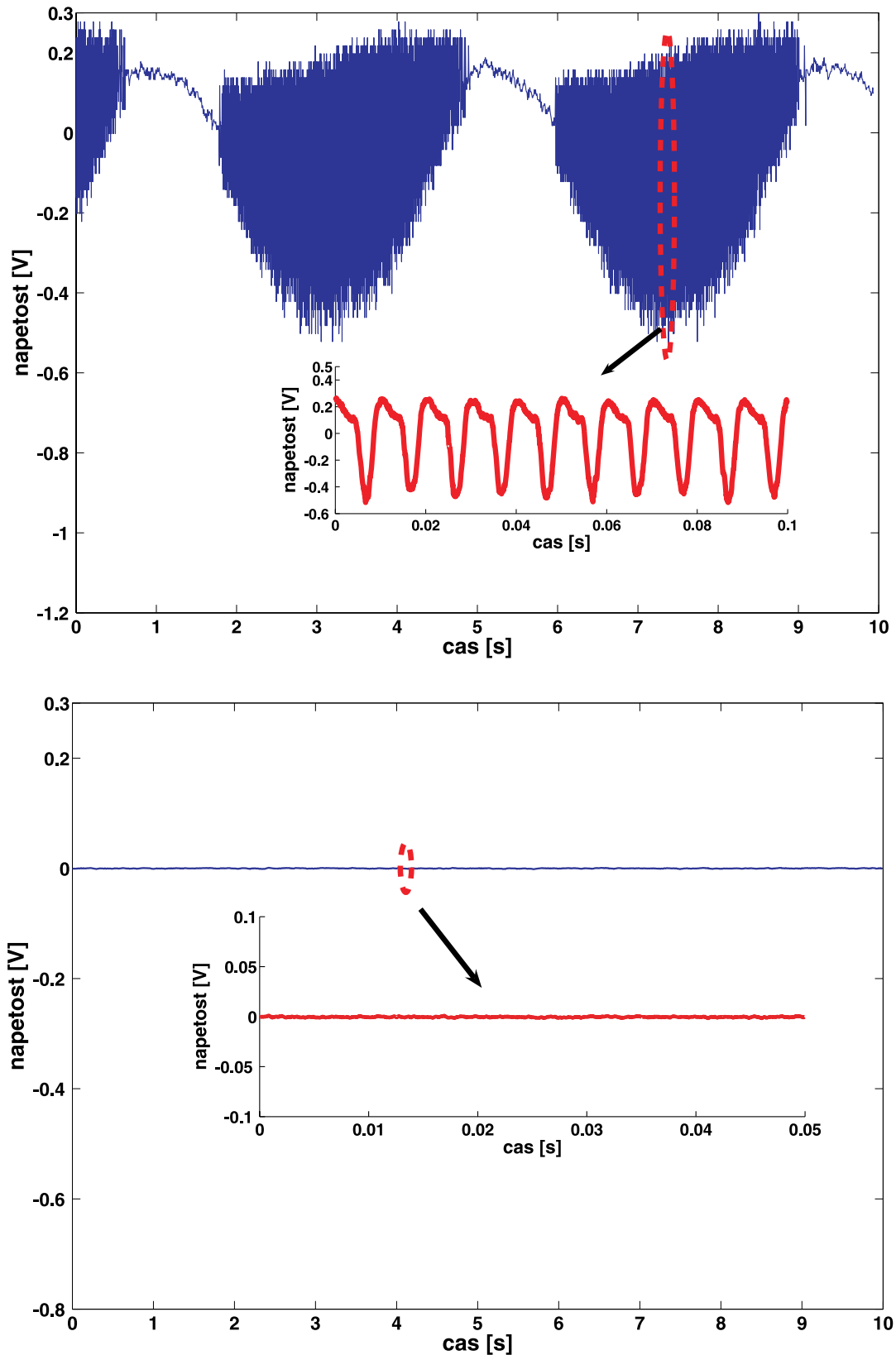
Ugotovili smo, da je izvor neznanega šuma UPS enota oziroma občutljivost seizmometra CMG-3ESPC na napajanje. Naj na tem mestu omenim, da proizvajalec nikjer ne omenja vpliva napajalne napetosti na kvaliteto delovanja seizmometra, ampak le podaja zahtevo po 12 V DC napajanju. Rezultat analize je s stališča elektrotehnike logičen, saj je splošno znano, da na delovanje instrumentacijskih ojačevalnikov, le ti so v elektroniki seizmometra močno zastopani, močno vpliva tudi napajanje, ki mora biti enosmerno, stabilno in ne sme vsebovati izmeničnih komponent (Brokaw in sod., 1989, Morrison, 1985).

Sledil je razvoj nove UPS enote, katere končna oblika se močno razlikuje od njene predhodnice. Nova UPS enota je zasnovana tako, da sta DC (enosmerni) in AC (izmenični) tokokrog ločena, kar smo izvedli z uporabo dveh akumulatorjev in usmernika, ki omogoča napajanje dveh akumula-



Slika 2. Shematska predstavitev stare in nove UPS enote.

Figure 2. Schematic presentation of the new and old UPS unit.

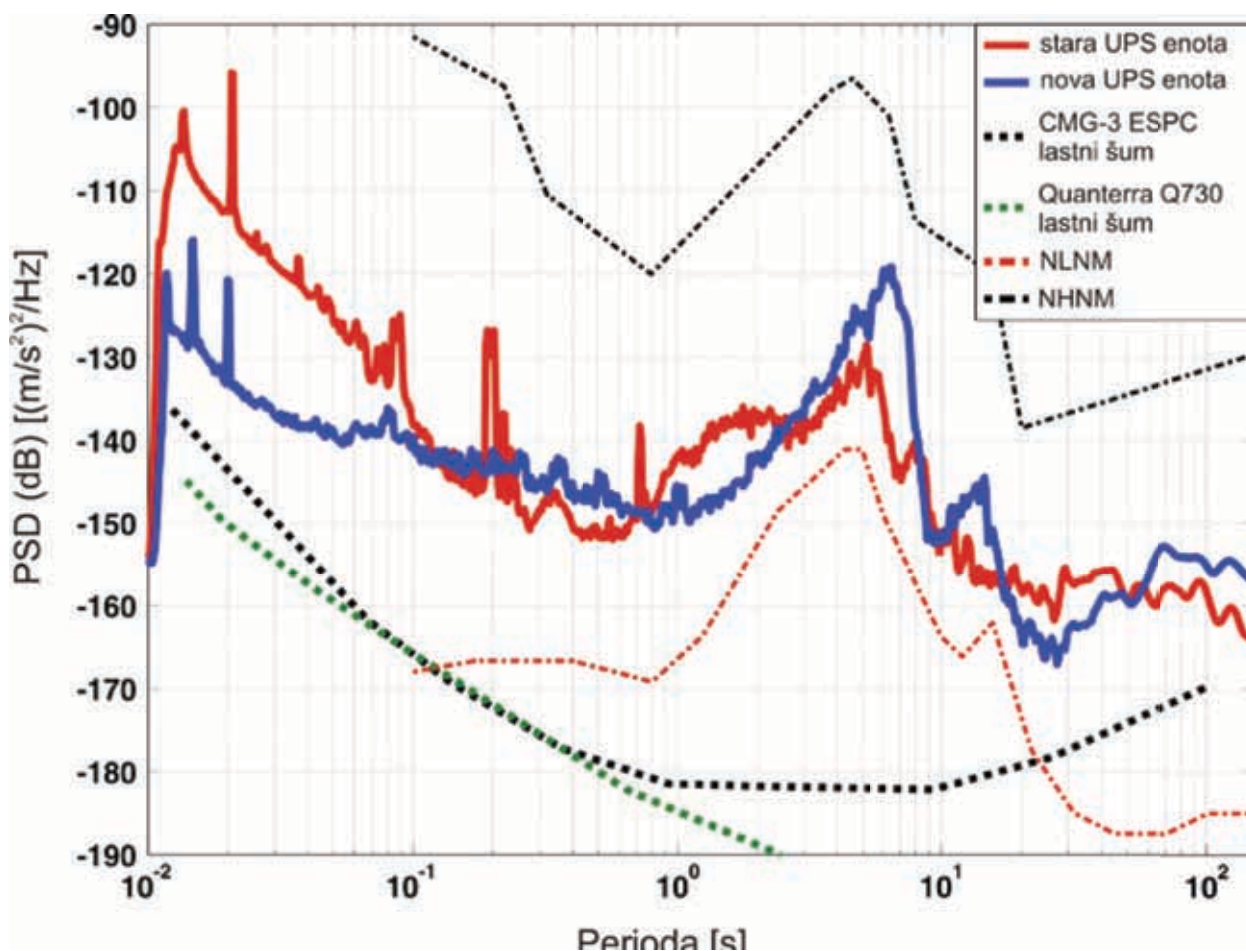


Slika 3. Prikaz napajalne napetosti v primeru stare (zgornja slika) in nove (spodnja slika) UPS enote. DC komponenta je zaradi lepšega prikaza AC motenj izločena.

Figure 3. Recordings of DC power supply output. The 12 V DC signal was removed from both graphs (the AC signals added to DC signal are in this way more visible). On the upper figure DC output of the old UPS unit is presented. On the lower figure the DC output of the new UPS system is presented.

torjev hkrati. Na DC tokokrog, ki je namenjen napajanju seizmološke opreme, pa smo dodatno namestili še pasivni filter, ki je sestavljen iz dveh low-pass filtrov. Prvi ima mejno frekvenco pri 0,1 Hz drugi pa pri 100 kHz. Omenjeni filter iz DC napajanja izloči večino AC komponent in ostalih nezaželenih motenj. Na sliki 2 sta predstavljeni shemi stare in nove UPS enote. Slika 3 prikazuje močno izboljšanje kvalitete DC napajanja. Prikazana je oblika napetosti DC napajanja v primeru stare in v primeru nove UPS enote.

Uporaba nove UPS enote je popolnoma odpravila nezaželeni šum. Močnostni spekter oziroma oblika šuma, ki ga je povzročilo neprimerno napajanje seizmometra CMG-3ESPC, je prikazana na sliki 4. Na isti sliki je prikazan tudi močnostni spekter signala, zajetega z seizmometrom CMG-3ESPC, ki je napajan z novo UPS enoto. Z zamenjavo UPS enote smo šum zmanjšali za 30 dB. S tem smo podatke, zajete z omenjenim seizmometrom na frekvenčnem področju nad 10-Hz, ponovno naredili uporabne.



Slika 4. Na sliki so prikazane štiri krivulje močnostnega spektra (PSD). Rdeča krivulja predstavlja PSD signala zajetega s seizmometrom CMG-3ESPC, napajanega s staro UPS enoto. Modra krivulja predstavlja PSD signala, zajetega s seizmometrom CMG-3ESPC, napajanega z novo UPS enoto. Črtkani krivulji pa predstavljata lastni šum seizmometra CMG-3ESPC (črna) in zajemalne enote Q730 (zeleni).

Figure 4. Four PSD curves are presented. The red curve presents the noise power spectrum recorded with Guralp CMG-3ESPC (S/N: T34238) seismometer, powered with the old UPS unit. The blue curve presents the noise power spectrum recorded with Guralp CMG-3ESPC seismometer, powered with the new UPS unit. The black curve presents the self noise power spectrum of Guralp CMG-3ESPC seismometer and the green curve presents the self noise power spectrum of Quanterra Q730 data logger.

Zaključek

Obstaja veliko parametrov, ki vplivajo na kvaliteto seizmičnih podatkov. Medtem ko večina avtorjev v svojih člankih pozornost posveča predvsem vplivom temperature, tlaka in ostalih vplivov okolja, smo mi nazorno predstavili tudi vpliv napajalne napetosti na kvaliteto seizmičnih podatkov. V našem primeru, kot je to razvidno iz rezultatov, smo z izboljšavo oziroma razvojem nove UPS enote razmerje signal/šum na visokofrekvenčnem področju ($f > 10$ Hz) izboljšali za več kot 30 dB. Poleg omenjene izboljšave pa smo z novo UPS enoto izločili tudi vrsto ostalih motenj in problemov, do katerih je prihajalo pri uporabi stare UPS enote. Naj zaključimo s trditvijo, da je za kvalitetno potresno opazovalnico nujno tudi kvalitetno napajanje.

Literatura

- Brokaw, P., Barrow, J., 1989. Grounding for Low-and High-Frequency Circuits. Analog Devices – Application note (AN-345).
- Čarman, M., Živčić, M., 2005. Analiza seizmičnega šuma na opazovalnicah (v letih 2003 in 2004). Potresi v letu 2005. Agencija RS za okolje.
- Morrison, R., 1985. Grounding and shielding techniques in instrumentation 3rd Edition
- Peterson, J., 1993. Observations and modeling of seismic background noise. U.S. Department of interior Geological survey, Open-File report 93-322.

NAPAKE IN OKVARE STROJNE OPREME INSTRUMENTA QUANTERRA Q730

QUANTERRA Q730 SEISMIC DATA LOGGER HARDWARE ERRORS

Igor Pfundner

Povzetek

Na instrumentih Q730 državne seizmološke mreže so se pojavile različne okvare. Najpogostejši sta okvara diska in spominske kartice. Enemu instrumentu je prenehala delovati serijska povezava preko TERM vrat. Nekajkrat je bilo potrebno zamenjati vezje GPS sprejemnika. Pogosta je tudi okvara napajalnega vezja zaradi uničenja nekaterih elementov (dioda, kondenzator, tranzistor). Tudi podatki na PLD enoti, ki sestavlja ROM instrumenta, so bili izbrisani. Prav tako se je pokvarilo nekaj mrežnih kartic.

Abstract

Different types of errors have been appearing on Q730s of seismic network of Slovenia, the most common being flash disk failure and memory card failure. Some other errors have also appeared, e.g. communication breakdown through com port (TERM connector). Some GPS boards stopped working and some elements on DC supply board were damaged. Data on PLD were erased and also some network cards broke down. Errors have been removed without sending any of Q730s for a repair.

Uvod

Državna mreža sestoji iz 25 digitalnih širokopasovnih potresnih opazovalnic. Vsaka opazovalnica ima digitalni instrument Q730 (slika 1), ki digitalizira, filtrira in hrani signale seizmološkega senzorja, ter jih preko računalniške mreže posreduje skupni bazi podatkov. Od nakupa instrumentov leta 2000, so se na njih pojavljale različne okvare. Okvare so posledica vlage, sprememb temperature, nestabilnega napajanja, nevihtnih pojavov, staranja elementov in celo napak pri izdelavi instrumenta.

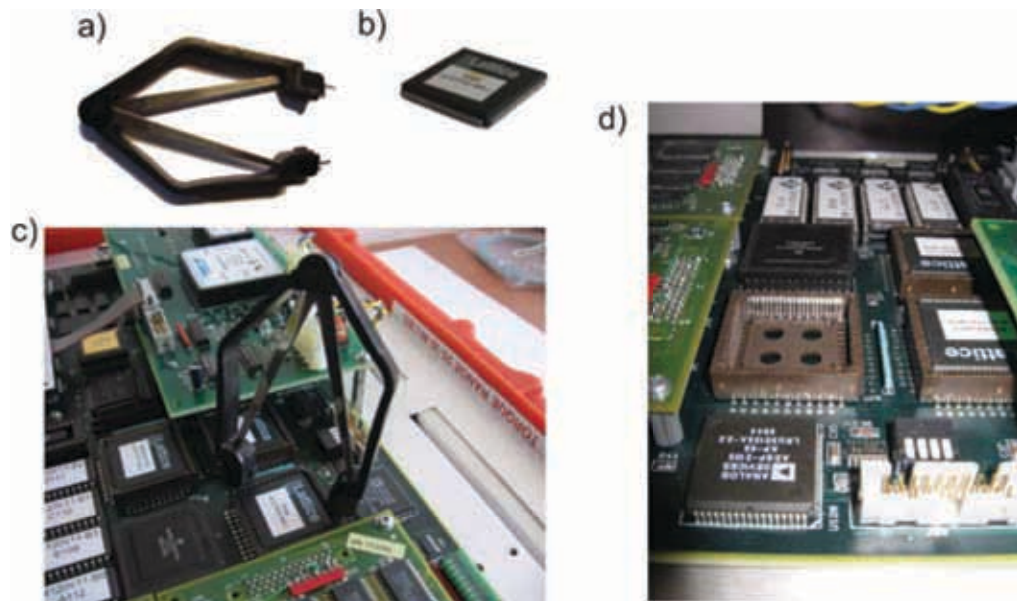


Slika 1. Quanterra Q730: Z rdečo črtkano črto so obrobjene enote, kjer so se pojavile posamezne okvare: PLD-ROM (1), mrežne kartice (2), pomnilniške kartice (3), TERM vrata (4), disk (5) in enosmerna napajalna plošča (6).

Figure 1. Quanterra Q730 data logger: Red marks indicate units, where errors appeared: PLD-ROM (1), network cards (2), memory cards (3), TERM port (4), disk (5) and DC power card (6).

PLD ROM

Zaradi atmosferske razelektritve so bili izbrisani podatki na PLD enoti, ki je del pomnilnika ROM. Zamenjal ga je nov, enako programiran PLD (slika 2).

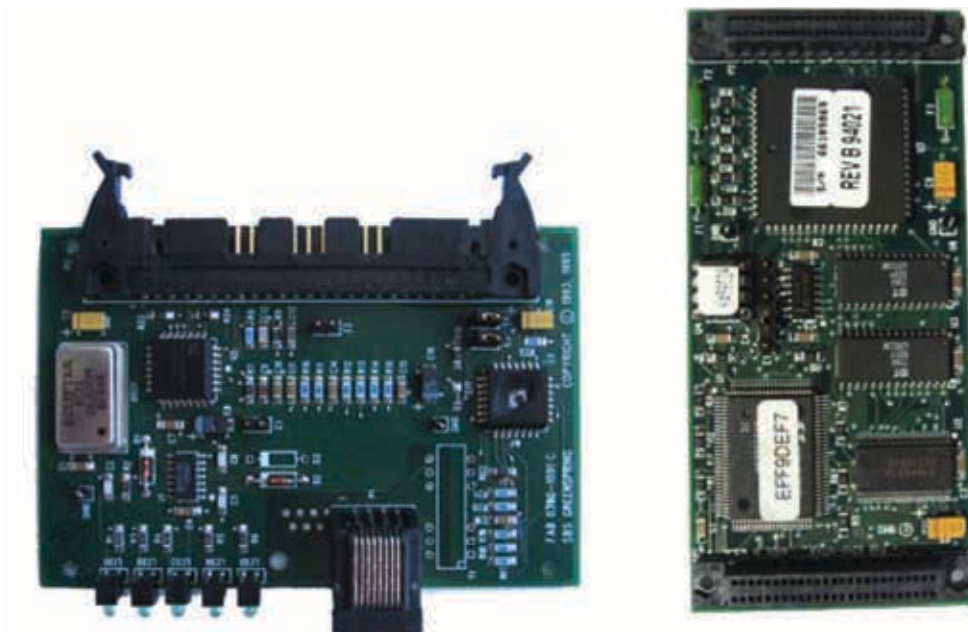


Slika 2. a) Klešče za odstranitev PLD iz podnožja, b) poškodovani PLD, c) položaj klešč pri odstranitvi PLD in d) podnožje PLD.

Figure 2. a) Pliers for removing PLD, b) damaged PLD, c) use of pliers and d) PLD slot.

Mrežne kartice

Atmosferska razelektritev je uničila tudi kartici za Ethernet protokol (slika 3), ki sta nujni za posredovanje podatkov preko računalniške mreže.



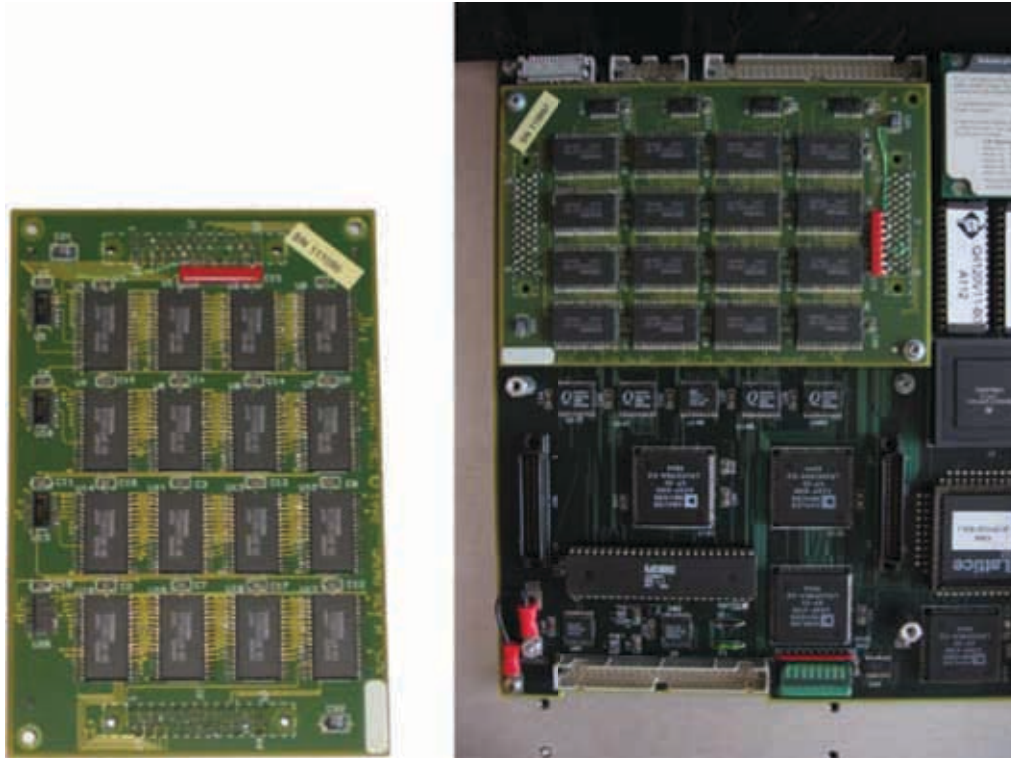
Slika 3. Ethernet kartici, poškodovani zaradi udara strele. Na kartici levo je dobro vidno poškodovano integrirano vezje.

Figure 3. Ethernet protocol cards both burnt by lightning stroke - on the left card damaged IC is well seen.

Pomnilniške kartice

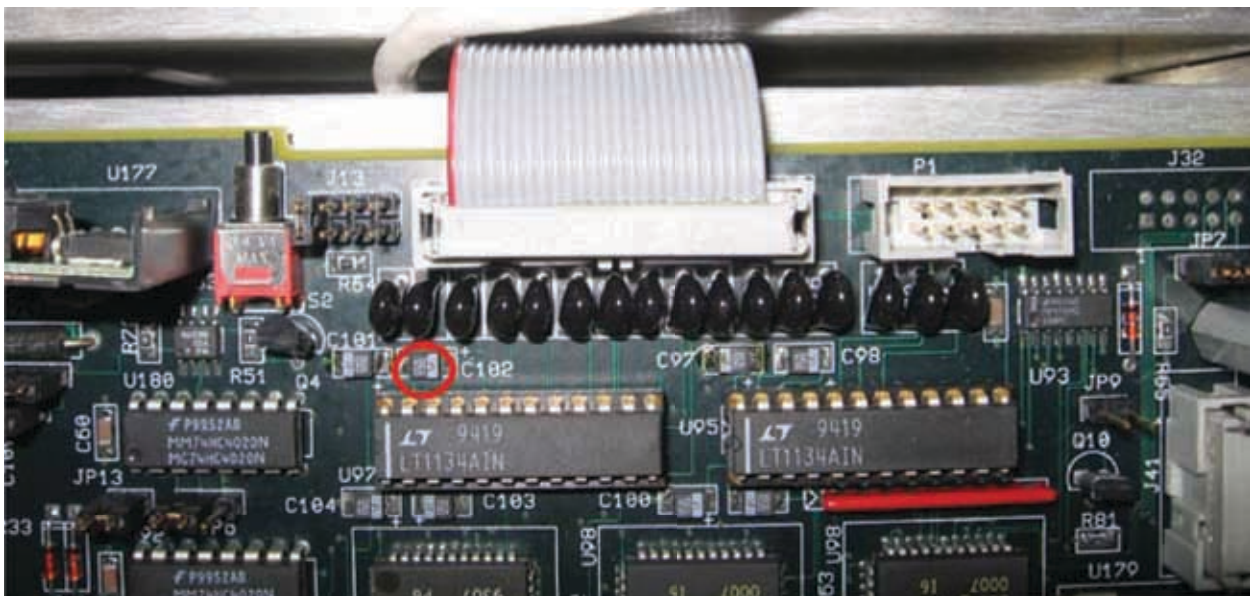
Pri delni poškodbi ene od dveh pomnilniških kartic (slika 4) se pri zagonu instrumenta izpiše »a system state exception error«. Poškodovana kartica mora biti zamenjana ali odstranjena, pri čemer mora biti delujoča kartica v primarnem podnožju.

Kadar je kartica v primarnem podnožju popolnoma uničena, pa se sistem sploh ne odzove.



Slika 4. 16 MB pomnilniška kartica levo, pomnilniška kartica v primarnem podnožju (sekundarno je prazno) desno.

Figure 4. 16 Mb memory card (left), memory card in primary slots and empty secondary slots (right).



Slika 5. Kondenzator C102 je bil napačno vstavljen v vezje, zaradi česar je prenehal delovati LT1134AIN, namenjen serijski komunikaciji.

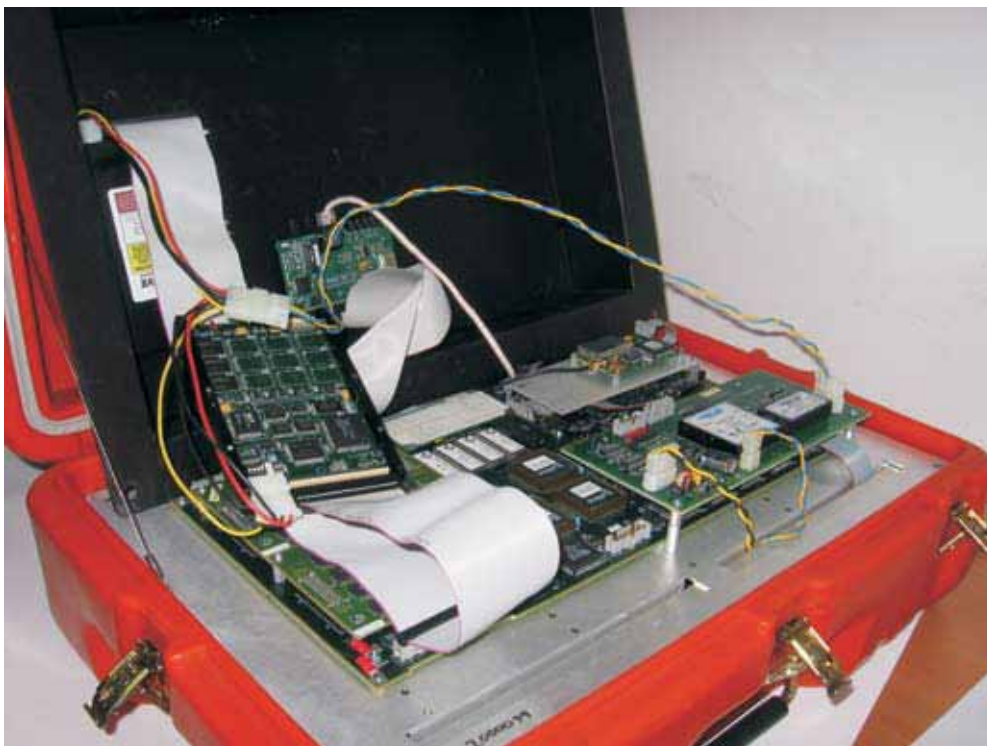
Figure 5. C102 was incorrectly put on board during production. LT1134AINs are in charge for serial communication.

Vrata TERM

Namenjena so serijski komunikaciji za upravljanje Q730 preko terminalskega okna osebnega računalnika. Na eni od Q730 je med proizvodnjo prišlo do napačne postavitve elektrolitskega kondenzatorja v vezje (slika 5). Preko njega se napaja integrirano vezje za serijsko komunikacijo. V primeru okvare integriranega vezja LT1134AIN, lahko le tega zamenjamo z enakim, ki je v sosednjem podnožju. Ta je namenjen serijski komunikaciji preko drugih vrat, ki jih ne potrebujemo.

Disk

Zaradi okvare diska največkrat ne pride do zagona z diska (slika 6). Ko disk ni fizično okvarjen, ga lahko s priključitvijo na drugo Q730 ponovno formatiramo in nanj znova naložimo sistem OS9 z ukazoma backup ali dsave, odvisno ali sta diska enake velikosti (slika 6). Disk priključimo na drugo Q730 kot sekundarni disk s kreiranjem njegovega device descriptor-ja in modula za OS9. Kadar je disk fizično poškodovan, zgoraj naštetu storimo z novim diskom.



Slika 6. Nov, prazen disk je priključen na Q730 s ploščatim kablom s tremi priključki. Prav tako potrebujemo napajalni kabel s tremi priključki. Nastaviti moramo tudi ID diska.

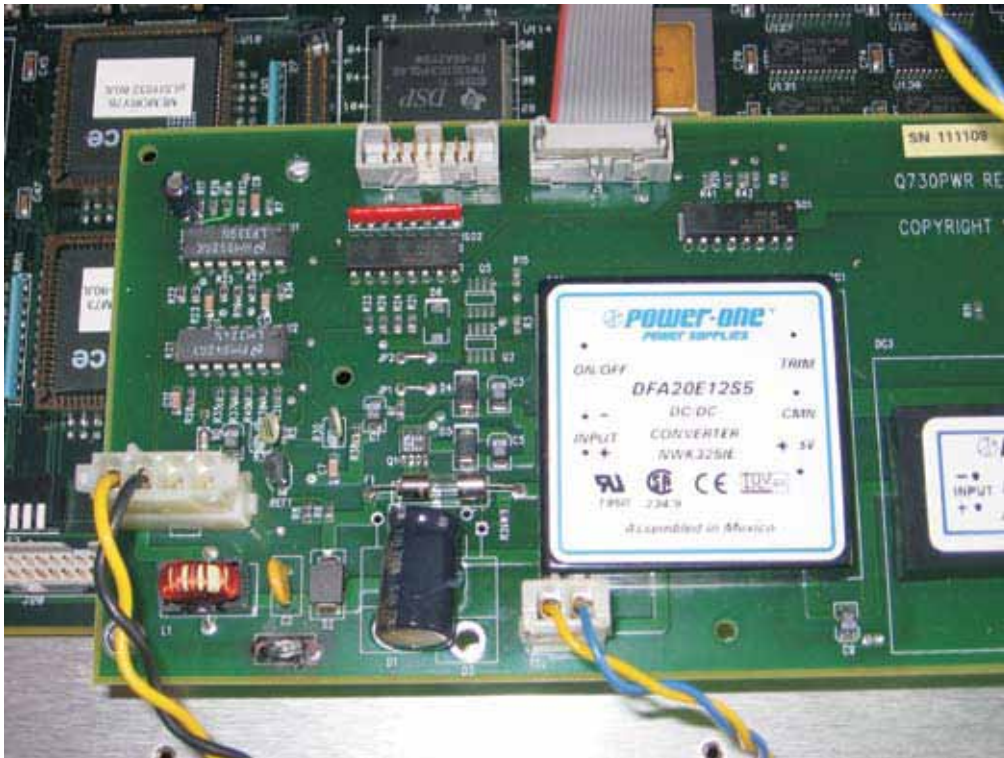
Figure 6. New empty disk is mounted on Q730 by flat cable with 3 connectors. A power supply cable with 3 connectors is also required. Disk ID has to be set.

Enosmerna napajalna plošča

Večkrat je prišlo do uničenja diod in kondenzatorjev, namenjenih stabilizaciji enosmerne napetosti (slika 7). Elementi so po uničenju predstavljali kratek stik, zaradi česar je varovalka prekinila povezavo. Uničene elemente je bilo potrebno zamenjati.

Plošča GPS sprejemnika

Za točno merjenje časa skrbi sprejemnik GPS (slika 8). Nekaj takšnih se je pokvarilo zaradi posledic atmosferskih razelektritev, nekaj pa kar tako. Potrebna je menjava plošče.



Slika 7. D4 ali C3 je v primeru uničenja potrebno zamenjati.

Figure 7. D4 or C3 elements were replaced in order to make power supply operational again.



Slika 8. V primeru okvare GPS sprejemnika je le tega potrebno zamenjati.

Figure 8. GPS boards had to be replaced.

Zaključek

Vse napake smo analizirali in odstranili sami. V nekaterih primerih je bil potreben nakup nadomestnih delov, nobena Q730 pa ni bila poslana dobavitelju v popravilo. Omenjene okvare so povzročile izgubo seizmičnih podatkov.

Literatura

Quanterra, Inc., 2000: Quanterra Q4120/Q730 Operation, Documentation for Software Release 36/09-RL0531

Quanterra, Inc., 2000: Quanterra Multi-Shear Software Configuration Guide, Documentation for Software Release 36/09-RL0531

TESTNE MERITVE DVEH SEIZMOMETROV V CONRADOVEM OBSERVATORIJU

TESTING OF TWO SEISMOMETERS AT CONRAD OBSERVATORY

Izidor Tasič, Marko Mali, Luka Pančur

Povzetek

Parametri seizmometrov, ki jih podajo proizvajalci, so generični, in se lahko razlikujejo od realnih, zato smo seizmometra Güralp CMG-40T in Güralp CMG-3ESPC primerjali s seizmometrom STS-2 na lokaciji, ki je v seizmičnem smislu tiha. Observatorij Conrad v Avstriji, ki je v lasti avstrijskega Centralnega inštituta za meteorologijo in geodinamiko (ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) omogoča take primerjalne meritve. V sklopu observatorija je 150 metrov dolg predor, kjer smo pripravili meritve in testirali naše seizmometre.

Abstract

The main parameters of seismometer are generic (handed out by producer) and can deviate from real ones. For this reason, a comparison the Güralp CMG-40T and Güralp CMG3-ESPC seismometers with STS-2 seismometer at low noise location can give us a realistic presentation about the quality of the tested seismometer. The closest laboratory for testing of seismometers is the Conrad Observatory of the Central Institute for Meteorology and Geodynamics (ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik). Part of the Observatory is a 150 m long tunnel with several piers for seismometers. Tested seismometers (CMG - 40T and CMG-3ESPC) were installed in a tunnel next to a STS-2 seismometer, which was provided by Conrad Observatory.

Uvod

V sklopu finančnih zmožnosti izgradnje in opremljanja potresnih opazovalnic Državne mreže potresnih opazovalnic so bili dobavljeni seizmometri CMG-40T s frekvenčnim območjem med 50 Hz in 0.0333 Hz (30 sek). Za povečanje frekvenčnega območja ter večje občutljivosti potresne opazovalnice in s tem tudi povečanja občutljivost same mreže potresnih opazovalnic, smo na nekaterih potresnih opazovalnicah posodobili seizmometre. Opremili smo jih s STS-2 seizmometri ali pa jih nadgradili s CMG-3ESPC seizmometri s frekvenčnim območjem med 50 Hz in 0.0083 Hz (120 sek). Vendar pa smo zaznali, da seizmometri CMG-3ESPC niso zadostili deklariranim lastnostim. To je lahko pomenilo dvoje, ali sistemsko napako na potresni opazovalnici ali pa nezadostno kontrolo kvalitete proizvajalca seizmometrov. Zato smo se dogovorili s sodelavci iz avstrijskega Centralnega inštituta za meteorologijo in geodinamiko (kratica: ZAMG), da bomo dva naša seizmometra, CMG-3ESPC in CMG-40T, testirali na njihovi lokaciji. Začetek meritve je bil predvidoma postavljen na 1. 10. 2007. Teden dni pred tem datumom je zaradi naših pripomb prišel v slovenijo predstavnik iz podjetja Güralp. Seizmometre smo instalirali na potresni opazovalnici CEY in prišli do ugotovitve, da je za zmanjšano kvaliteto delovanja kriv napajalnik za baterije in DC-AC pretvornik. Ugotovili smo, da je ta tip seizmometrov izredno občutljiv na šum, ki pride preko napajalnega sistema. Njegova občutljivost na šum na napajalnikih je dosti večja pri seizmometrih tipa CMG-40T in STS-2. Kljub temu smo postavili merilni sistem tudi na Conradovem observatoriju v Avstriji, vendar s to prednostjo, da nismo več iskali napake merilnega sistema, ampak nas je zanimalo idealno delovanje seizmometrov v primerjavi z neodvisnim seizmometrom v drugem delovnem okolju.

Conradov observatorij

Observatorij, poimenovan po avstrijskem seizmologu in klimatologu Viktorju Conradu (1876 - 1962), leži v območju Alp na Spodnjem Avstrijskem v bližini kraja Muggendorf, približno 50 km

jugovzhodno od Dunaja, ter približno 390 kilometrov severno od Ljubljane (slika 1). Zgrajen je bil v letih med 1998 in 2000, upravlja ga avstrijski Centralni inštitut za meteorologijo in geodinamiko (ZAMG). Lokacija se odlikuje po relativno majhnem naravnem in tehnološkem šumu. Najbližje mesto Pernitz je oddaljeno 8 kilometrov v zračni črti, najbližji naselje Muggendorf pa 6 kilometrov.

Del observatorija predstavlja 150 metrov dolgi predor, v katerem so postavljeni stebri, ki so utemeljeni neposredno na podlago, in so namenjeni postavitvi večjega števila seizmometrov. Lokacija naših instrumentov je bila 100 m daleč v predoru. Testni in referenčni seizmometer smo postavili na stekleno ploščo, ki je ležala na tanki podlagi finega kremenčevega peska. Računali smo, da bo sloj peska dodatno seizmično izoliral seizmometra. Lokacijo smo še dodatno termično



Slika 1. Lokacija observatorija Conrad v Avstriji. Observatorij je oddaljen približno 50 km jugovzhodno od Dunaja, ter približno 390 km severno od Ljubljane.

Figure 1. Conrad Observatory location in Austria. The Observatory is located about 50 km southeast of Vienna, and some 390 km north of Ljubljana

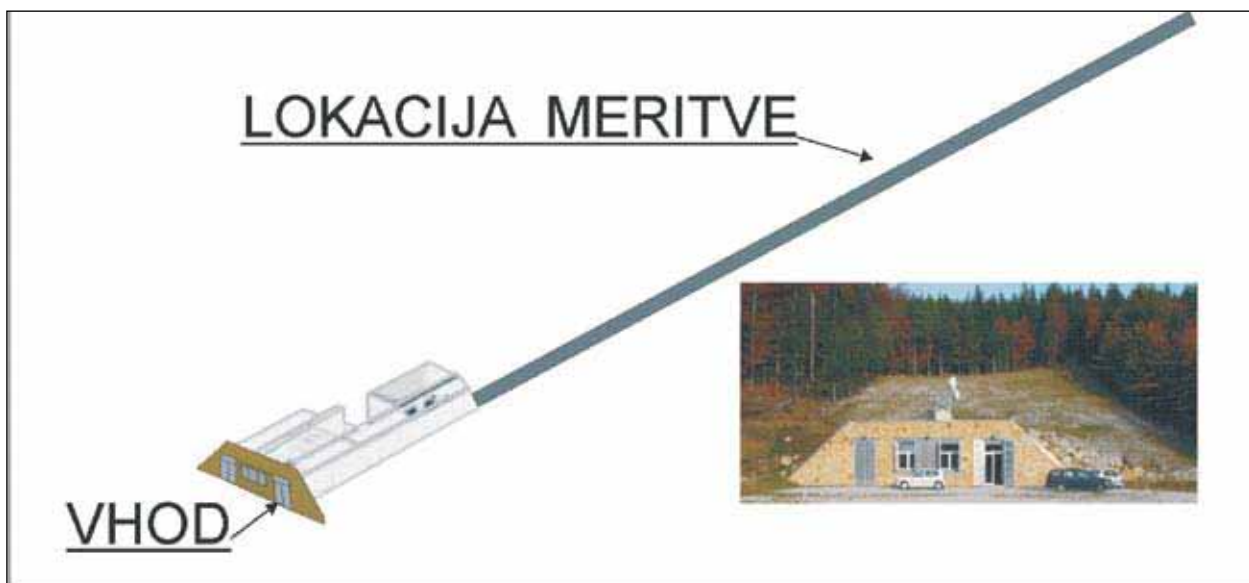
izolirali z izolacijsko kovinsko posodo. Referenčni seizmometer smo dobili od ZAMG-a, to je bil širokopasoven seizmometer STS-2 (s/n 80448) s frekvenčnim območjem med 50 Hz in 0,0083 Hz (periodo 120 sekund).

Analiza Meritev

Seizmometer CMG-3ESPC je širokopasoven seizmometer s frekvenčnim območjem med 50 Hz in 0,0083 Hz (periodo 120 sekund). Seizmometer CMG-3ESPC s serijsko številko T34238 smo instalirali 1. 10. 2007, meritve je trajala do 10. 12. 2007. Pri analizi podatkov smo ugotovili, da oba



Slika 2. I. Tasič, P. Melihar in M. Mali (od leve proti desni) pred vhomom v observatorij.
Figure 2. I. Tasič, P. Melihar and M. Mali (from left to right) in front of Observatory's entrance.



Slika 3. Merilni del je 150 metrov dolg predor. Meritve so potekale 100 m od vhoda v predor.
Figure 3. Measurement part is 150 m long tunnel. Measurements took place 100 m from the tunnel's entrance.



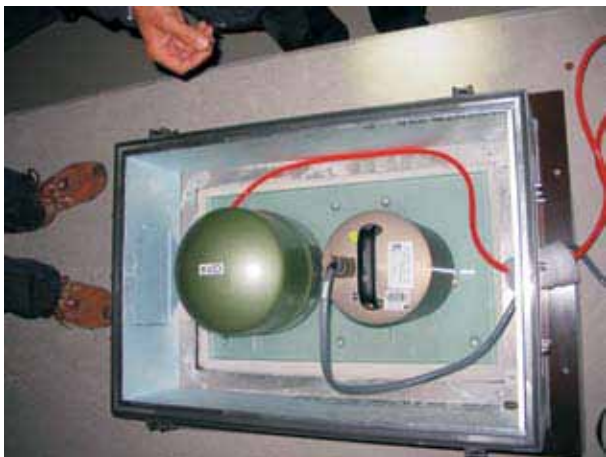
Slika 4. Instalacija seizmometra STS-2. V ozadju je seizmometer CMG-3ESPC.

Figure 4. Installation of seismometer STS-2. There is seismometer CMG-3ESPC in the background.



Slika 5. Na merilno mesto sta postavljena oba seizmometra.

Figure 5. Both seismometers are placed on measurement pier.



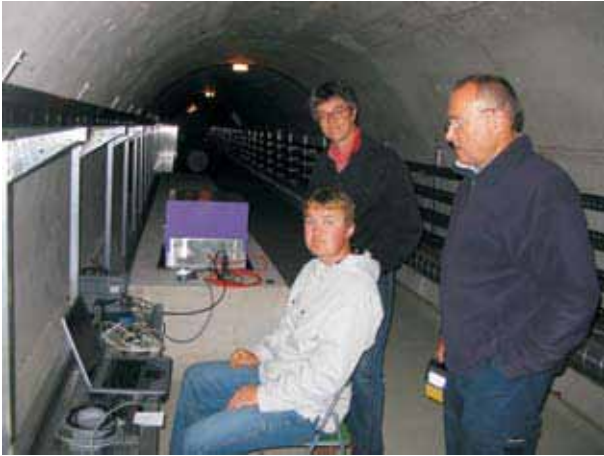
Slika 6. Zadnji pogled na seizmometra, preden smo ju pokrili s pokrovom izolacijske posode.

Figure 6. The last sight on seismometers before they were covered with isolation cover.



Slika 7. Nastavitve parametrov na zajemalni enoti Earthdata PR-6.

Figure 7. Parameters' set up using Earthdata PR-6.

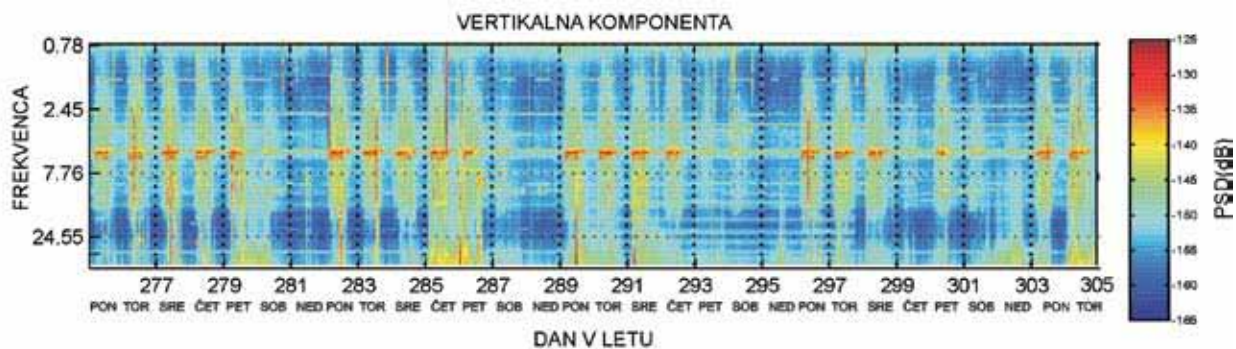


Slika 8. Merilni sistem v predoru, zadnje preverjanje. Na fotografiji z leve proti desni: Marko Mali (ARSO), Nikolaus Horn (ZAMG), Peter Melichar (ZAMG).

Figure 8. Measurement system in tunnel, the last checking. From left to right: Marko Mali (ARSO), Nikolaus Horn (ZAMG), Peter Melichar (ZAMG).



Slika 9. Opravljanje meritev v predoru.
Figure 9. Measurements performing in tunnel.



Slika 10. Na časovnem periodogramu za seizmometer STS-2 so razlike med delovniki in dela prostimi dnevi izrazito vidne na območju okoli 5 Hz. Z barvno lestvico smo prikazali moč signala.

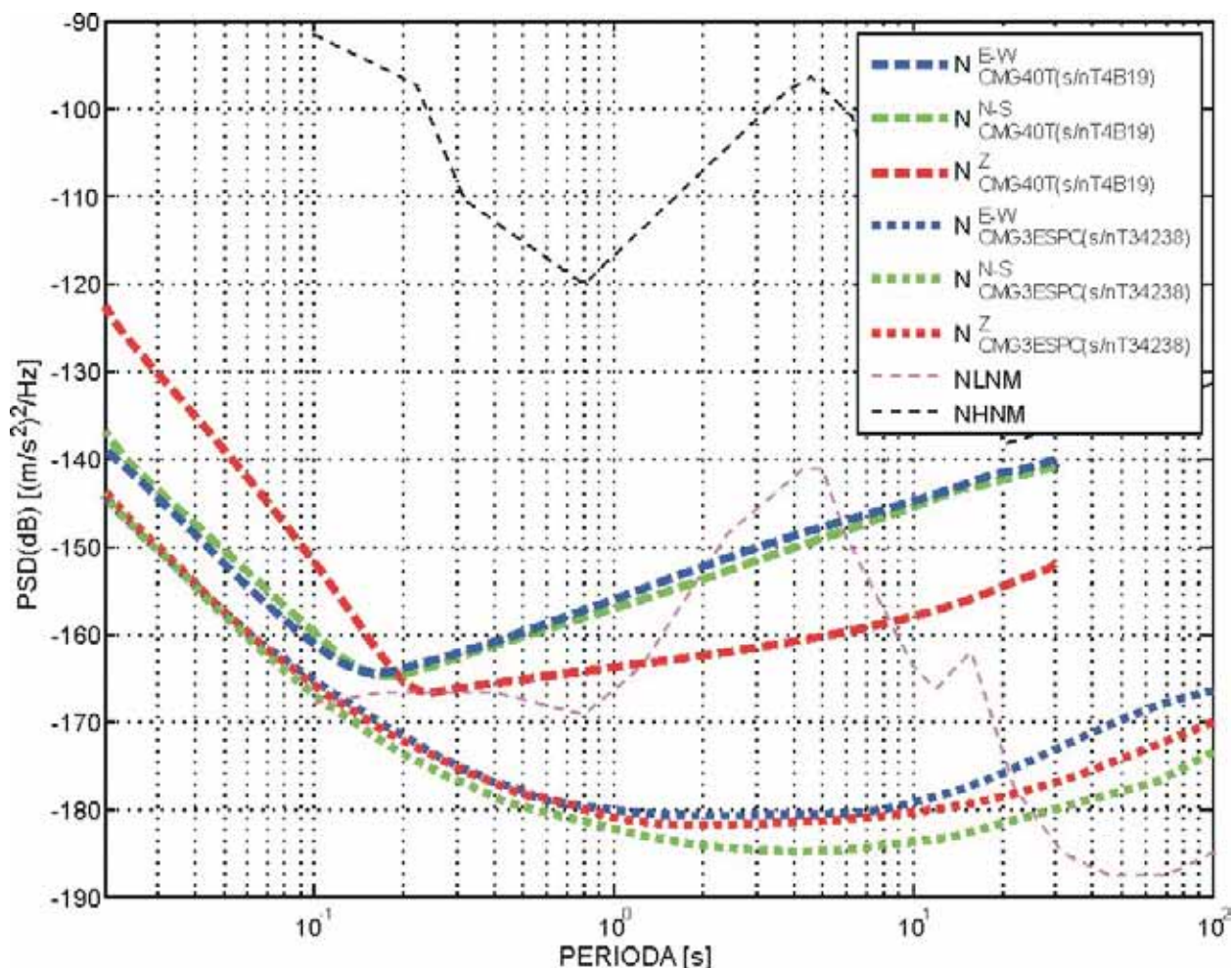
Figure 10. On time-period graph for seismometer STS-2 the differences between working days and holydays are distinctive around 5 Hz. The signal power is depicted with colour scale.

seizmometra, CMG-3ESPC in referenčni STS-2 beležita identično enako na območju s periodo med 0,1 sekunde in 20 sekundami. Razlikujeta se izven tega območja.

Dne 10. 12. 2007 smo demontirali CMG-3ESPC in na isto lokacijo instalirali CMG-40T (serijska številka T4B19). Seizmometer CMG-40T je širokopasoven seizmometer s frekvenčnim območjem med 50 Hz in 0,0333 Hz (periodo 30 sekund). Namenjen je lokacijam, ki so v smislu seizmičnega šuma relativno nemirne. Pri analizi podatkov iz teh meritev smo ugotovili, da CMG-40T in referenčni STS-2 beležita skoraj enako na območju s periodo med 1 sekundo in 10 sekundami. Razlikujeta pa se izven tega območja.

Za referenčni seizmometer STS-2 smo za obdobje meritev naredili časovni periodogram in na njem poiskali najtišje dneve v smislu seizmičnega šuma. Kljub temu, da je observatorij oddaljeno od najbližjega industrijskega mesteca za več kot 8 kilometrov zračne linije, še vedno zasledimo dnevne variacije v seizmičnem šumu, ki so posledica tehnološke dejavnosti (slika 10). Zato so za tihe dneve veljale predvsem noči v sobotah in nedeljah.

Zanimiv podatek je tudi lastni šum obeh seizmometrov, ki smo ga izluščili iz danih meritev, predvsem področja, ko je le ta manjši kot Petersonov model najmanjšega šuma (oznaka NLNM, Peterson 1993). Dobljeni rezultati se nanašajo izključno na ta dva Guralpova seizmometra.



Slika 11. Shematski prikaz lastnega šuma seizmometrov CMG-40T (s/n T4B19) in CMG3ESPC (s/n T34238).

Slika 11. Review of the instrumental self-noise of CMG-40T (s/n T4B19) and CMG3ESPC (s/n T34238) seismometers.

Pričakujemo lahko, da se zaradi proizvodnega procesa lastni šumi seizmometrov istega razreda razlikujejo med seboj. Naši dobljeni rezultati so nekoliko slabši od tistih, ki jih navaja proizvajalec v svojih tehničnih karakteristikah, vendar te razlike ne vplivajo bistveno na meritve. Načeloma pa lahko rečemo, da so rezultati v meji pričakovanj. Seizmometer CMG-3ESPC je tišji od CMG-40T in je bolj primeren za meritve na mirnih lokacijah (slika 11).

Fotografije / Photos: avtorji članka / authors

Literatura

Bormann, P. (ed.), 2002. IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice, GeoForschungsZentrum Potsdam, Vol. 1, poglavje 3, 1-94.

Güralp, 2008a. <http://www.guralp.com/products/3ESPC/> (citirano 01.04.2008)

Güralp, 2008b. <http://www.guralp.com/products/40T/> (citirano 01.04.2008).

- Holcomb, G. L., 1989. A direct method for calculating instrument noise levels in side-by-side seismometer evaluations. Open-file report 89-214, U. S. Geological Survey.
- Holcomb, G. L., 1990. A numerical study of some potential sources of error in side-by-side seismometer evaluations. Open-file report 90-406, U. S. Geological Survey
Open-file report 93-322, U. S. Geological Survey, Albuquerque, New Mexico.
- Peterson, J., 1993. Observations and modelling of background seismic noise.
- Streckeisen, 1995. Portable Very Broad Band Tri-Axial Seismometer: STS-2 manual, G. Streckeisen AG, Switzerland.

PREGLED PRIKAZA TER OBISKANOSTI SPLETNE STRANI S SAMODEJNO DOLOČENIMI PARAMETRI POTRESOV AUTOMATIC EARTHQUAKE LOCATION DISPLAY ON ARSO WEB PAGE AND ACCESS OVERVIEW

Jurij Pahor, Mladen Živčič, Janko Kolar

Povzetek

Računalniki s komercialno ter lastno programsko opremo na Uradu za seizmologijo in geologijo neprekinjeno beležijo seizmično aktivnost ter samodejno določajo osnovne parametre potresov. Parametre samodejno objavijo na spletnih straneh Agencije RS za okolje, s čimer je prva informacija o potresu dostopna širši javnosti že v nekaj minutah. Prikaz je omejen na Slovenijo z bližnjo okolico. Poleg tabele z osnovnimi parametri je objavljena tudi slika z grafičnim prikazom položaja nadžarišča ter slika seizmogramov iz izbranih seizmičnih opazovalnic. Iz evidence o dostopnosti do spletne strani je vidna korelacija povečanega števila dostopov z zabeleženimi lokalnimi potresi.

Abstract

Seismic activity is automatically monitored at Seismology and Geology Office by computers running commercial and proprietary software. A tabular display of basic earthquake parameters along with a geographical view of the epicentre and a picture of related seismograms is available within minutes after the earthquake occurrence. Only the earthquakes in Slovenia and in the narrow border region are published. The information is accessible at <http://www.arso.gov.si/potresi/obvestila%20o%20potresih/aip/index.html>. Web page access frequency was studied from access logs maintained by the web server, for the period between 12 December 2007 and 13 May 2008. The correlation between web page access peaks and earthquake occurrence is accounted for some among 27 earthquakes felt by the inhabitants in the period of the consideration.

Uvod

Ena od osnovnih dejavnosti Urada za seizmologijo in geologijo je spremljanje potresne aktivnosti ter čim hitreje sporočanje parametrov potresov javnosti. Zajem seizmičnih podatkov, kakor tudi določanje parametrov seizmičnih dogodkov poteka samodejno s programskim paketom Antelope (Kobal M. in sod., 2006 ter Boulder Real Time Technologies, 2005). Osnovni parametri, to so čas nastanka potresa, koordinate nadžarišča, globina ter magnituda so skupaj z grafičnim prikazom nadžarišča ter izsekom seizmogramov prikazani na spletni strani Agencije za okolje ter tako dostopni širši javnosti že nekaj minut po potresu. Rezultati samodejnega določevanja potresnih parametrov se objavljajo na spletnih straneh Agencije RS za okolje od leta 2006 in so dostopni na naslovu <http://www.arso.gov.si/potresi/obvestila%20o%20potresih/aip/index.html> oziroma preko povezav <http://www.arso.gov.si> →POTRESI→Obvestila o potresih→Avtomatska analiza zadnjih potresov.

Prikaz podatkov o potresih

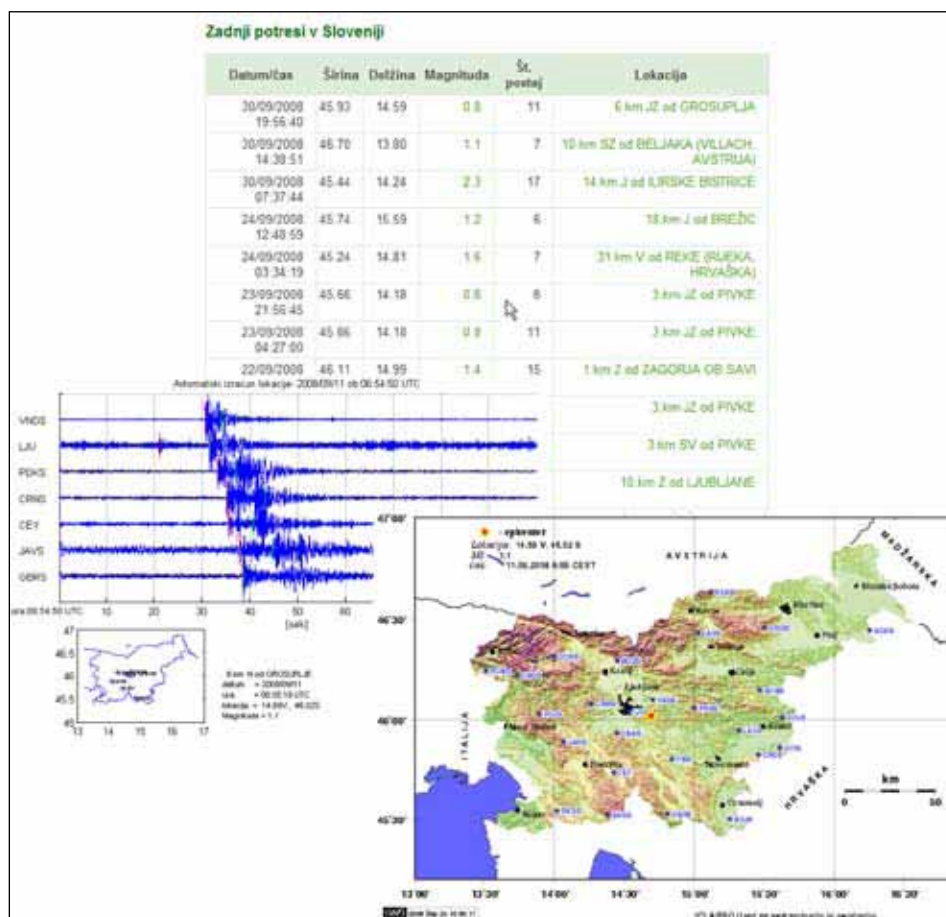
Osnovni parametri potresov so prikazani v preglednici (slika 1). Podani so lokalni čas nastanka potresa, zemljepisni širina in dolžina nadžarišča v decimalnih kotnih stopinjah, lokalna magnituda M_L , število seizmičnih opazovalnic, katerih podatki so bili uporabljeni pri samodejnem izračunu parametrov ter opis položaja nadžarišča glede na bližnja mesta. Povezava v stolpcu Lokacija prikaže zemljevid Slovenije z okolico, na katerem je nadžarišče označeno z zvezdo. Računalnik zemljevid samodejno izriše s programskim paketom GMT (Wessel in Smith, 1998). Slika reliefa za podlago je bila izdelana na Geografskem inštitutu Antona Melika pri Slovenski

akademiji znanosti in umetnosti. Povezava v stolpcu Magnituda prikaže sliko seizmogramov.

Na spletu so objavljeni le seizmični dogodki (sistem za samodejno določanje parametrov ne loči med potresi in npr. razstreljevanji), ki ustrezajo določenim kriterijem. Nadžarišče dogodka se mora nahajati na območju Republike Slovenije in najbližje okolice, to je med $13,0^\circ$ in $16,8^\circ$ vzhodne zemljepisne dolžine in med $45,2^\circ$ in $47,0^\circ$ severne zemljepisne širine. Nadalje se skozi izbor prebijejo dogodki, katerih nadžarišče je bilo določeno iz podatkov vsaj šestih potresnih opazovalnic. Slednji pogoj izhaja iz dejstva, da se verjetnost za zgrešen izračun nadžarišča znatno manjša, ko se število uporabljenih podatkov iz različnih opazovalnic veča.

Od potresa do interneta

Poglejmo si zelo na kratko, kako nastane preglednica s parametri o potresih. Srce sistema za samodejno določanje parametrov je programski paket Antelope (Kobal M. in sod., 2006; Boulder Real Time Technologies, 2005), ki z zamikom zgolj nekaj sekund (Pahor J. in sod., 2006) sprejema podatke iz seizmičnih opazovalnic ter zaznava seizmične dogodke in izračuna osnovne parametre (Kolar J. in sod., 2005). Po tem računalnik samodejno sproži postopek obveščanja, ki pošlje SMS sporočila ter elektronsko pošto odgovornim osebam ter ustvari preglednico s podatki o potresu. V temu procesu sodeluje več skriptnih programov, ki smo jih napisali različni avtorji, zaposleni na Uradu za seizmologijo in geologijo. Preglednica v obliki XML spletne strani se nato prenese na spletni strežnik Agencije za okolje, ki jo samodejno objavi.



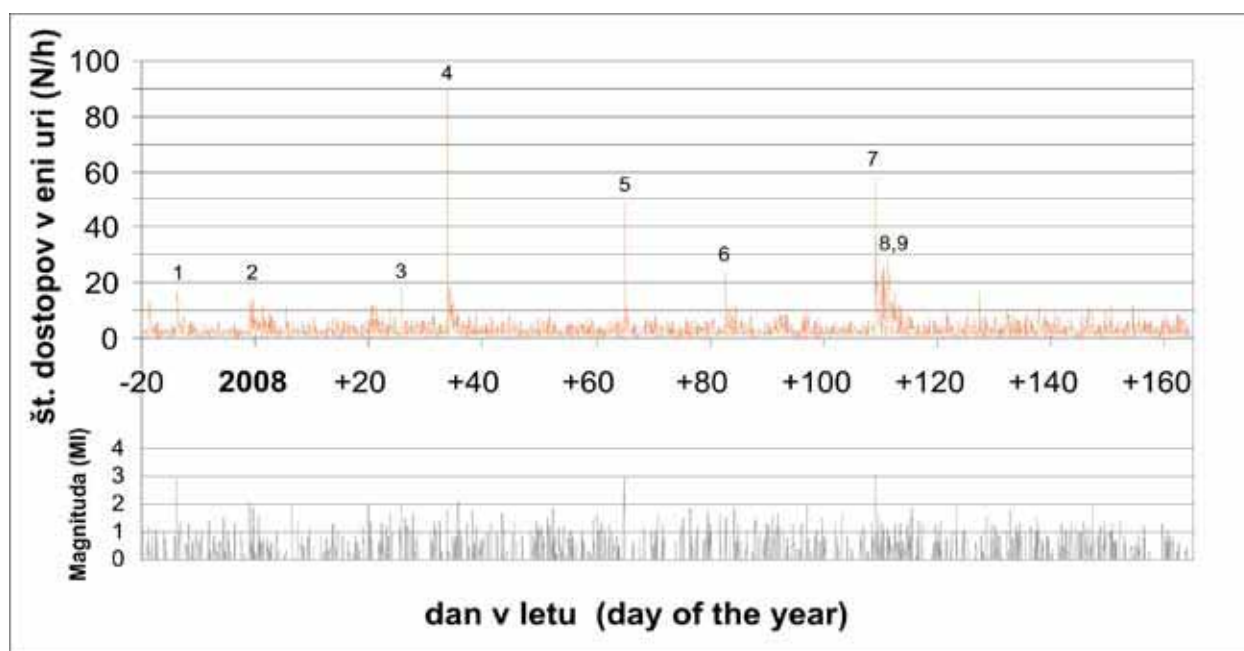
Slika 1. Preglednica z osnovnimi parametri o potresih, prikaz seizmogramov iz najbližnjih seizmičnih opazovalnic ter prikaz nadžarišča na zemljevidu.

Figure 1. Tabular display of basic earthquake parameters, picture of seismograms from the nearest seismic stations and epicenter display on the map.

Odziv uporabnikov

Zanimala nas je obiskanost spletne strani s preglednico potresov. Iz evidence o dostopih, ki jo vodi spletni strežnik, smo napravili porazdelitev števila dostopov do spletne strani s tabelo ob vsaki polni uri (za uro), za obdobje med 12. 12. 2007 ter 13. 5. 2008 (slika 2). Pri preštevanju dostopov smo upoštevali le IP naslove iz Slovenije, Hrvaške, Italije in Avstrije, s čimer smo želeli izločiti različne samodejne spletne iskalnike iz tujine. Za ugotavljanje države izvora IP naslova smo uporabili bazo podatkov, ki je brezplačno dostopna na spletni strani ponudnika spletnih storitev WEBNet77.

Graf na sliki 2 prikazuje najmočnejši zabeležen lokalni potres ob vsaki polni uri. Tu opazimo določeno korelacijo s povečanju števila dostopov do spletne strani, kar prikazuje zgornji graf na sliki 2. Vrhovi povečanja števila dostopov (oštevilčeni z 1-9) so povezani s potresi iz preglednice 1. Vrh pri 2008 +127 ni povezan z nobenim potresom.



Slika 2. Število dostopov do spletne strani s preglednico o potresih v obdobju med 12. 12. 2007 in 13. 5. 2008. Zgornji graf prikazuje število dostopov na uro iz različnih računalnikov, spodnji pa najmočnejši zabeležen potres v ustrezni uri. Obdobja povečanega števila dostopov so povezana s potresi, navedenimi v preglednici 1. Zadnje povečanje pri 2008 +127 ni povezano s potresom.

Figure 2. Hourly number of the accesses (N/h) from distinct computers in Slovenia, Croatia, Italy and Austria to the web page with earthquake automatic locations in the period between 12 December 2007 and 13 May 2008. The number of accesses is shown in the upper graph while in the lower graph, the strongest recorded earthquake (Ml) for each time point (one hour) is shown. Access peaks are related to earthquakes in Table 1. Last peak at 2008 +127 is not related to any earthquake. The background access activity around 3/h is mostly due to various automatic web caching engines.

Velika večina dostopov (zgornji graf na sliki 2) izvira iz Slovenije, razen v primeru potresa 3. 5. 2008 na Hrvaškem (št. 5 na sliki 2), ko je bila dobra polovica dostopov iz Hrvaške. Iz povečanega števila obiskov spletne strani iz slovenskih naslovov lahko sklepamo, da so ta potres čutili tudi prebivalci Slovenije, čeprav na Uradu nismo prejeli nobenega obvestila občanov. V primeru potresa pri Zagorju ob Savi 19. 4. 2008 ob 01:49 UTC (št. 7 na sliki 2) smo zabeležili dva porasta obiskov (preglednica 2).

zap.	datum			žariščni čas [UTC]		z. širina	z. dolžina	globina	intenz.	mag.	območje
št.	l	m	d	h	m	°N	°E	km	EMS-98	ML	
1	2007	12	18	3	26	45,65	15,42	12	V	3,0	Rakovec
2	2007	12	30	22	56	46,33	13,66	9	III	2,1	Lepena
	2007	12	31	0	50	46,32	13,66	8	III	1,9	Lepena
3	2008	1	26	15	32	46,32	13,59	7	III-IV*	2,0	Bovec
4	2008	2	3	20	50	45,88	15,60	5	IV*	1,8	Brežice
5	2008	3	5	19	41	45,73	15,91	15		3,0	Lučko, Hrvaška
6	2008	3	23	17	30	45,95	15,45	5	III*	1,5	Krško
7	2008	4	19	1	49	46,15	15,00	12	V	3,1	Zagorje ob Savi
	2008	4	19	7	46	46,14	15,01	6	III*	1,0	Zagorje ob Savi
8	2008	4	20	16	15	46,14	15,03	9	III*	1,1	Trbovlje
9	2008	4	20	10	15	46,14	15,01	9	III*	1,3	Zagorje ob Savi

Preglednica 1. Zabeleženi potresi, povezani s povečanim urnim številom dostopov do spletne strani s samodejno določenimi parametri potresov. Zaporedna številka označuje vrhove povečanega števila dostopov do spletne strani na sliki 2. Zvezdica pri intenziteti pomeni, da gre za preliminarne podatke.

Table 1. Recorded earthquakes related to peaks in number of accesses to the earthquake automatic locations web page, shown in Figure 2. The intensities with an asterisk are given as preliminary.

začetek časovnega intervala (UTC)	št. dostopov v celi uri	Najmočnejši potres v celi uri	ML	EMS-98
19.4.2008 1:00	18	Zagorje ob Savi	3,1	V
19.4.2008 2:00	58			
19.4.2008 3:00	14			
19.4.2008 4:00	9			
19.4.2008 5:00	28			
19.4.2008 6:00	36			
19.4.2008 7:00	29	Zagorje ob Savi	1,0	III*
19.4.2008 8:00	22			
19.4.2008 9:00	16			
19.4.2008 10:00	17			
19.4.2008 11:00	21			
19.4.2008 12:00	17	Bovec	1,7	
19.4.2008 13:00	11			
19.4.2008 14:00	4			
19.4.2008 15:00	13			
19.4.2008 16:00	12			
19.4.2008 17:00	14			
19.4.2008 18:00	8			

Preglednica 2. Porazdelitev števila obiskov v času okrog potresov 19. 4. 2008 pri Zagorju ob Savi. Število obiskov je navedeno za vsako polno uro naprej.

Table 2. Hourly distribution of number of accesses from Slovenia and Croatia for the earthquake near Zagorje ob Savi on 19 April 2008. Access number is binned in one hour time intervals starting at given hour.

Opazna je povečana obiskanost spletne strani že v prvih minutah po potresu, največ obiskov smo zabeležili v naslednji uri, nato število pada proti jutru, ko opazimo nov porast z vrhom med šesto in sedmo uro (UTC). Ni opaziti povečane obiskanosti zaradi jutranjega potresa ob 7:46 UTC. Največji porast urnega števila dostopov smo zabeležili po potresu 3. 2. 2008 pri Brežicah (št. 4 na sliki 2), ko je spletno stran v prvih desetih minutah po potresu, torej do 21. ure po UTC obiskalo 60 občanov, v naslednji uri pa še 89.

V obravnavanem obdobju smo v sedemindvajsetih primerih prejeli obvestila (telefonska ali po elektronski pošti) od občanov, ki so potres čutili. Stalno dostopnost do spletne strani v povprečju tri dostope na uro pripisujemo samodejnim spletnim iskalnikom iz Slovenije. Dolžni smo še pripombo, da ugotavljanje geografskega položaja iz IP naslova ni zelo zanesljivo, ugotavljanje države izvora pa je po nekaterih ocenah 98% zanesljivo.

Zaključek

Prikaz samodejno določenih parametrov na svetovnem spletu je koristen pripomoček za hitro obveščanje javnosti, saj je informacija dostopna že nekaj minut po potresu. Seveda pa je samodejno določanje podvrženo napakam različnih izvorov, zato je za verodostojne podatke potreben pregled in analiza seizmičnih zapisov iz strani seizmologa. Prikaz je zanimiv tudi prebivalcem izven Slovenije, kot smo lahko videli v primeru potresa 3. 5. 2008 pri Zagrebu, ko smo zabeležili obisk spletne strani iz več deset naslovov iz Hrvaške.

Literatura

- Boulder Real Time Technologies, inc.(online), 2005. (citirano 30. 8. 2008). Antelope Real Time System. Dostopno na naslovu: <http://www.brnt.com/>
- Kobal M., Čarman M., Kolar J., Pahor J., Živčič M., 2006. Zajem in procesiranje seizmoloških podatkov s programskim paketom Antelope. Potresi v letu 2004 (ur. R. Vidrih), Publikacije ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 142-150, Ljubljana.
- Kolar J., Čarman M., Kobal M., Pahor J., Živčič M., 2005. Analiza natančnosti avtomatskih lokacij potresov v letu 2003. Potresi v letu 2003 (ur. R. Vidrih), Publikacije ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 55-62, Ljubljana.
- Pahor J., Živčič M., Čarman M., Kolar J., 2006. Učinkovitost pridobivanja podatkov iz potresnih opazovalnic slovenske mreže v letu 2004, Potresi v letu 2004 (ur. R. Vidrih), Publikacije ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 151-158, Ljubljana.
- WEBNet77, (online). (citirano 5.9.2008). Dostopno na naslovu: <http://software77.net/cgi-bin/ip-country/geo-ip.pl>
- Wessel P., Smith, W.H.F., 1998. New, improved version of Generic Mapping Tools released, EOS Trans. Amer. Geophys. U., letnik 79 (47), str. 579.

OB 110-OBLETNICI PRVE POTRESNE OPAZOVALNICE V SLOVENIJI 110TH ANNIVERSARY OF THE FIRST SEISMIC STATION IN SLOVENIA

Peter Sinčič, Renato Vidrih, Matjaž Gostinčar

Povzetek

18. septembra 1897, slabi dve leti po velikem ljubljanskem potresu, je začel beležiti potrese prvi seizmograf na slovenskih tleh in hkrati prvi v takratni Avstro - Ogrski monarhiji in tudi v kasnejši kraljevini Jugoslaviji. Od takrat dalje, seveda s presledki, ki sta jih povzročili obe vojni in druge politične neviščnosti, je delež slovenske seizmologije opazen tudi v svetovnih razsežnostih. Že leta 1966 se je takratni Astronomsko - geofizikalni observatorij uvrstil med najboljše potresne opazovalnice na svetu, saj je bil sprejet v World - Wide Standardised Seismograph Network.

Po letu 2006 pa smo z izgradnjo nove državne mreže potresnih opazovalnic ponovno posegli v svetovno seizmologijo.

Abstract

Two years after large Ljubljana earthquake, on 18 September 1897 the first seismograph began to record earthquakes in slovenian region and at the same time first of that time in Avstro - Hungarian monarchy and also later in kingdom of Yugoslavia. Since then with intervals caused by both world wars and other political annoyances the slovenian seismology takes significant part worldwide. In 1966 the then Astronomical and geophysical Observatory was placed among the best seismic stations in the world as it was accepted in World - Wide Standardised Seismograph Network.

With the raising of the new seismic network slovenian seismology again takes significant part in worldwide seismology after 2006.

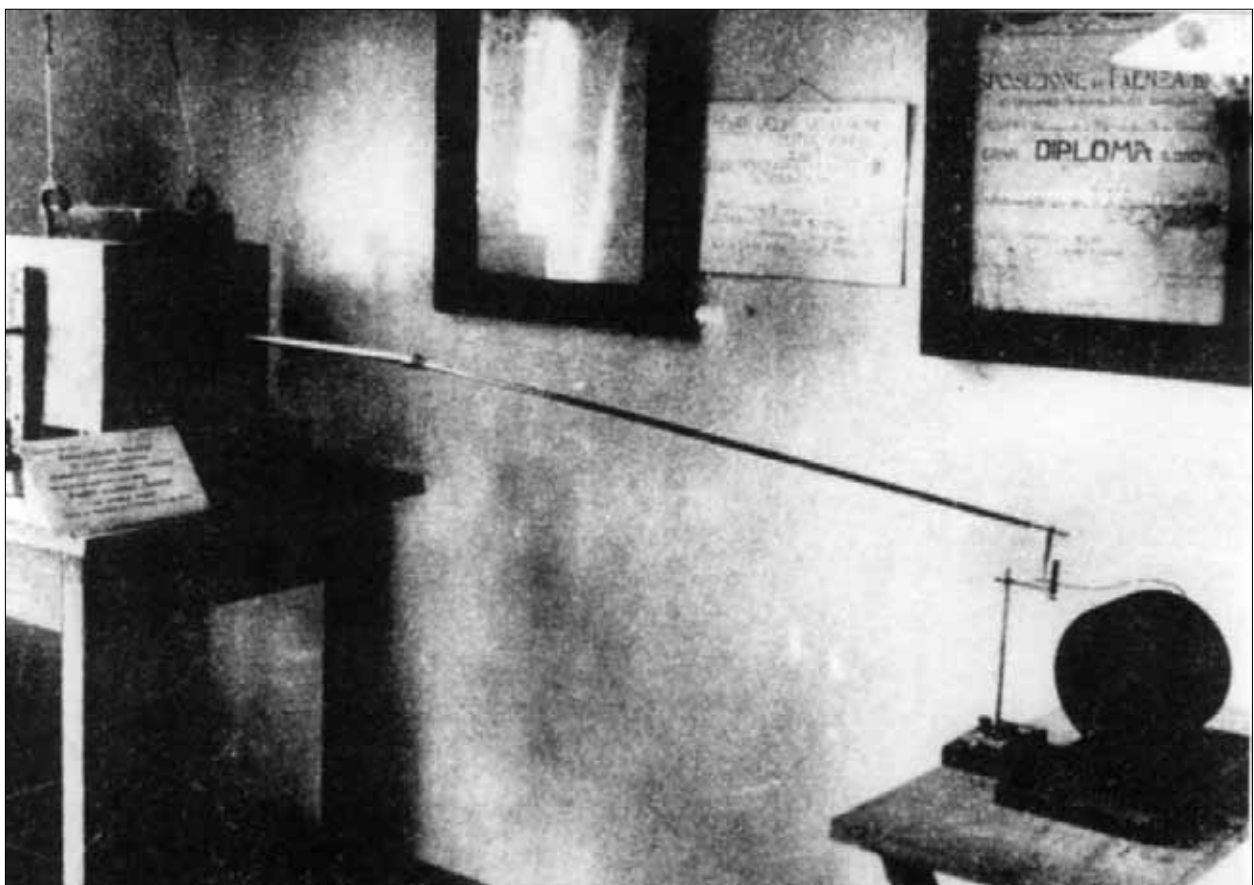
Uvod

Seizmologija, tako kot tudi instrumentalna seizmologija, sta mladi vedi in zato lahko Slovenci s ponosom ugotavljamo, da se z njima uspešno ukvarjamo že od samih začetkov. Začetki segajo v leto 1897, potem pa je z daljšimi ali krajšimi prekinitvami potekalo bolj ali manj stalno beleženje potresov, zadnjih 40 let neprekinjeno. Razvoj znanosti omogoča vedno kvalitetnejše instrumente in s tem možnost spremljanja potresne dejavnosti tudi na območjih, ki so včasih veljala za aseizmična. Zato smo na Uradu za seizmologijo in geologijo Agencije RS za okolje vzpo-stavili državno mrežo potresnih opazovalnic, namenjeno spremljanju potresne dejavnosti vna območju Slovenije. Le na ta način bomo lahko za slovenski prostor natančneje opredelili potresne izvore in s tem kvalitetneje izdelali karte potresne nevarnosti. Brez teh kart pa je vedenje o seizmičnosti ozemlja premajhno, kar seveda vpliva na kvaliteto potresno varne gradnje. Danes nobene pomembnejše zgradbe ne zgradijo brez predhodnih seizmičnih raziskav in določitve potresnih parametrov, saj je to edini način, da so objekti potresno varno zgrajeni. Natančnejšega napovedovanja potresov še dolgo ne moremo pričakovati, zato je edini smiselni način uporaba seizmologije, natančno in sprotno beleženje potresov in na ta način spoznavanje posameznih potresnih izvorov. Teh je v Sloveniji veliko, saj je skoraj vse ozemlje Slovenije na potresno nevarnem območju.

Začetki opazovanja potresov - obdobje delovanja prvega slovenskega seizmologa dr. Albina Belarja

Enajst dni po močnem potresu, ki je 14. aprila 1895 poškodoval Ljubljano, je prišlo na seji Akademije znanosti na Dunaju do sklepa, da je potrebno organizirati seizmološko službo na celotnem ozemlju Avstro-Ogrske monarhije. Med drugim je bila sprejeta tudi odločitev o postavitvi petih mikrosezmičnih opazovalnic. Ena od njih naj bi bila postavljena v Ljubljani. Sklep pa je

bil težko uresničljiv, saj ni bilo ljudi z ustreznim znanjem. Leta 1896 je na ljubljanski realki začel poučevati Albin Belar, profesor kemije in naravoslovnih znanosti, ki je na realki uredil kemijski laboratorij, 4. februarja 1897 pa je ravnateljstvu realke predlagal ureditev potresne opazovalnice. Dobil je vsestransko podporo. Ko mu je uspelo zbrati finančna sredstva, je odpotoval v Italijo po strokovno pomoč. Pri izbiri instrumentov za potresno opazovalnico so mu pomagali priznani strokovnjaki tistega časa. Na podlagi nasvetov se je odločil za nabavo dveh seizmografov tipa Vicentini različnih občutljivosti, konstrukciji profesorja G. Vicentinija, ravnatelja meteorološkega in geodinamičnega observatorija v Sieni v Italiji. Odločil se je za nakup dveh Vicentinijevih horizontalnih seizmografov. 18. septembra 1897 je začel beležiti potrese prvi seizmograf na slovenskih tleh. Vicentinijev mikroseizmograf je sestavljalo nihalo z utežjo z maso 100 kg z 1,5 m dolgo ročico. Nihanje uteži se je mehansko prenašalo na pero, ki pisalo na osajen papir na valju. Lastna perioda nihala je bila med 1 in 2 s. Povečava seizmografa je bila 100, hitrost registriranja 315,5 mm na uro. Instrument je beležil horizontalni komponenti v smeri sever-jug in vzhod-zahod. Seizmograf je imel več pomanjkljivosti, ki so bile značilne za instrumente tistega časa. Medsebojni vpliv obeh komponent, nedušeno nihanje, trenje pri mehanskem prenosu nihanja na pero, majhna masa nihala, premajhna hitrost zapisa in majhna širina registrirnega valja so bile pomankljivosti, ki so odvrnile Belarja od nakupa drugega seizmografa istega proizvajalca. Pri močnejših potresih so peresa padla iz ležišč in zapisi so bili neuporabni. Belar se je zato odločil za izdelavo seizmografa z manjšo občutljivostjo za zapis lokalnih potresov. Pomoč pri izdelavi mu je ponudilo strojno ključavničarstvo G. Tönniesa. Izdelalo je kopijo Vicentinijevega seizmografa z maso 100 kg v obliki železnega valja in z 10- kratno povečavo. Nihalo je bilo še vedno nedušeno. Za beleženje potresov so ga začeli uporabljati januarja 1898. Isto podjetje je izdelalo še eno dvojno nihalo, podjetje A. Sa-



Slika 1. Belarjev horizontalni seizmograf Zlatorog za beleženje oddaljenih potresov, za katerega je dobil diplomu na razstavi meteoroloških in seizmoloških instrumentov v Faenzi leta 1909.

Figure 1. Belar's horizontal seismograph Zlatorog, for which he won Diploma on Exhibition of meteorological and seismological instruments in Faenza in 1909.



Slika 2. Zapis lokalnega potresa 24. februarja 1930 ob 13. uri in 35 minut po UTC na Belarjevem seizmografu Zlatorog; seizmograf je bil postavljen v Belarjevem zasebnem observatoriju v Podhomu pri Bledu; deloval je v obdobju 1902-1919 na realki v Ljubljani in v letih 1924-1930 v zasebnem observatoriju A. Belarja v Podhomu pri Bledu; zapis je bil na osajenem papirju, namenjen pa je bil zapisovanju bližnjih potresov.

Figure 2. Record of the local earthquake on 24 February 1930 at 13:35 UTC on smoked paper made by Belar's Zlatorog seismograph which was installed in Belar's private observatory in Podhom near Bled. The seismograph was in operation in Secondary school in Ljubljana during 1902-1919 and in Belar's private observatory in Podhom near Bled during 1924-1930.

massa pa prav tako še eno dvojno nihalo. Belar se je lotil tudi izdelave seizmografa Grablowitzeve konstrukcije. Dvojno nihalo z utežjo mase 20 kg in 10-kratno povečavo je imelo lastno periodo 7 s (Ribarič, 1971, 1989, 1994, Vidrih in Gostinčar, 2000).

Z eno vrsto instrumentov ni možno beležiti močnih lokalnih potresov in oddaljenih šibkih potresov, zato je Belar nadaljeval z izdelavo instrumentov različnih lastnosti. Za registracijo lokalnih dogodkov je potreben seizmograf s krajšo lastno periodo in manjšo povečavo, za beleženje oddaljenih potresov pa je potreben občutljivejši instrument z daljšo lastno periodo. Začel je z izdelavo dolgoperiodnega horizontalnega seizmografa za beleženje oddaljenih potresov. Seizmograf z imenom Zlatorog je dobil leta 1909 prvo nagrado na razstavi meteoroloških in seizmoloških instrumentov v Faenzi v Italiji. Belarjeve konstrukcije, ki jih je ustvaril v tistem obdobju so še: vertikalno nihalo tipa Belar, enokomponentni vertikalni tremometer za merjenje lokalnih potresov s spremenljivo statično povečavo in lastno periodo 1 s in prototip prvega prenosnega seizmografa. S strokovnim sodelavcem Luckmannom sta začela izdelovati dvokomponentne horizontalne seizmografe z utežjo mase 360 kg, lastno periodo med 2,1 in 2,4 s in nastavljivo povečavo 30-35 in 150-300, vertikalni seizmograf z lastno periodo 0,6 s in 15-kratno povečavo in enokomponentni horizontalni seizmograf z maso 1000 kg in 250-kratno povečavo z mehanskim zapisom. Na sliki 1 je prikazan Belarjev seizmograf Zlatorog (Ribarič, 1995).

Znameniti angleški seizmolog John Milne je svetoval Belarju, naj začne uporabljati seizmografe z zapisom potresov na fotografski papir. Belar se je odločil za trojno horizontalno Ehlertovo nihalo. Sestavljeno je bilo iz treh nihalo, postavljenih pod koti 1200 z lastno periodo 12s in 160 kratno povečavo, vendar z majhno hitrostjo beleženja 10 mm na minuto.

Leta 1912 je ruski fizik knez Golicev podaril Belarju horizontalno komponento svojega tipa seizmografa. To je bil elektrodinamični seizmograf z galvanometrično optično registracijo. Masa seizmometra je znašala samo 7,2 kg, lastna perioda 12 ali 25 s, povečava pa 1000. Lastna perioda galvanometra je bila enaka lastni periodi seizmometra. Seizmometer in galvanometer sta bila kritično dušena. Seizmograf je deloval do začetka I. svetovne vojne.

Za merjenje časa je Belar uporabljal Boschevo uro, ki pa ni bila posebno točna. Popravke ure je ugotavljal s pomočjo brzozavne zveze s tržaško zvezdarno, ki pa je bila večkrat nezanesljiva. V tem času se je začela razvijati brezžična telegrafija. Belar je prosil za pomoč barona Codellija, ki je izdelal radijski sprejemnik za sprejem časovnih signalov in ga podaril ljubljanski potresni opazovalnici (Ribarič, 1971, 1994, Sinčič in Vidrih, 1998, 2000, 2001).

Po končani prvi svetovni vojni so Albina Belarja odpustili iz službe. Instrumenti na potresni opazovalnici so do pomladi leta 1919 še delovali, potem pa je bila vsa oprema premeščena pod državno nadzorstvo. Belarju so opremo, ki je bila njegova last, izplačali. Del opreme in knjižnico so potem odpeljali na Seizmološki zavod v Beograd. Belar se je umaknil v Gorje pri Bledu, kjer je ustanovil zasebno potresno opazovalnico, ki jo je poimenoval Observatory Sir Humphry Davy. Postavil je več instrumentov lastne izdelave, od tega tri tremormetre in veliki horizontalni seizmograf Zlatorog. Slika 2 prikazuje zapis lokalnega potresa. Opazovalnica je delovala do jeseni leta 1930, saj je še zabeležil potres na območju Kamnika, ki je nastal 30. oktobra 1930. Konec leta se je Belar zaradi bolezni umaknil in se preselil k svojim prijateljem v Kočevje (Ribarič, 1989, Vidrih in Sinčič, 1997a,b, Vidrih, Sinčič in Gostinčar, 1997).

Obdobje Seizmografa Wiechert

Potresna opazovalnica na Univerzi v Ljubljani je ponovno pričela z delom decembra leta 1924 pod vodstvom profesorja dr. A. Gavazzija iz Zagreba. Ohranjena sta bila dva Belarjeva horizontalna seizmografa z utežjo z maso 360 kg. Že naslednje leto je vodenje opazovalnice prevzel O. Reya. Opozoril je na slabo stanje instrumentalne opreme. Konec leta 1925 mu je uspelo nabaviti dvokomponentni horizontalni seizmograf Wiechert, ki so ga postavili v kletnih prostorih univerze v Ljubljani. Seizmograf je sestavljalo obrnjeno nihalo z 200 kilogramsko utežjo, vpeto v okvir in registrirni mehanizem. Zaradi relativno majhne mase uteži, sta bili majhni občutljivost in povečava seizmografa. Sistem ročic, s katerim je bilo možno nastaviti statično povečavo seizmografa med 40 in 160, je prenašal nihanje uteži na peresi. Dušenje je bilo zračno. Lastna perioda seizmografa je bila nastavljiva med 4 in 12 s. Za časovne oznake je skrbel rele, ki je ob minuti dvignil peresi. Trenje peres je bilo nastavljivo. Zapis je potekal na 90 cm dolg in 22 cm širok osajen papir. Pogon valja s papirjem je bil mehanski. 15 kilogramska utež na koncu jeklene pletenice, navite na valj, je zaradi teže vrtela valj. Za enakomerno odvijanje je skrbel centrifugalni regulator. Seizmograf Wiechert je prikazan na slikah 3 in 4, zapis potresa na tem instrumentu pa na sliki 5. Instrument je neprekinjeno deloval do začetka II. svetovne vojne. Potresna opazovalnica je bila podrejena Seizmološkemu zavodu v Beogradu, kamor so pošiljali v obdelavo seizmogramov. Za to obdobje je značilno, da seizmogrami niso ohranjeni. Shranjeni so bili na beograjskem seizmološkem zavodu. Po nekaterih podatkih so zgoreli ob bombardiranju Beograda leta 1941.

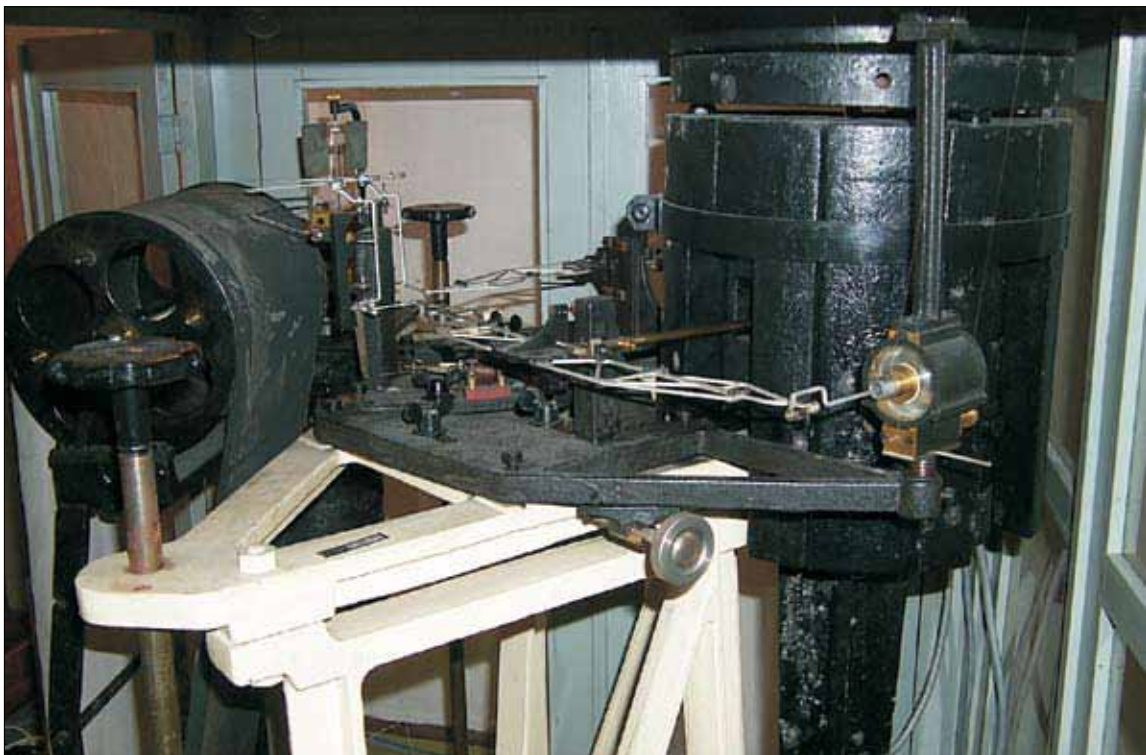
Razvoj povojne instrumentalne seizmologije

Januarja leta 1949 je ponovno začela z obratovanjem potresna opazovalnica v Ljubljani. Skrb za seizmograf Wiechert je prevzel Inštitut za fiziko pri Filozofski fakulteti Univerze v Ljubljani. Nadzor nad delom opazovalnice je opravljal R. Vodušek. Leta 1952 je bilo na Univerzi sklenjeno, da je potrebno osnovati samostojno potresno opazovalnico. Poiskati je bilo potrebno lokacijo. Primerno mesto za opazovalnico se je ponudilo, ko je vojska leta 1953 izpraznila zgradbo na Golovcu, ki bi z dozidavo postala primerna za astronomski observatorij. Glede na to, da je lokacija odmaknjena od centra mesta in leži na relativno ugodni geološki podlagi (karbonski peščenjaki),



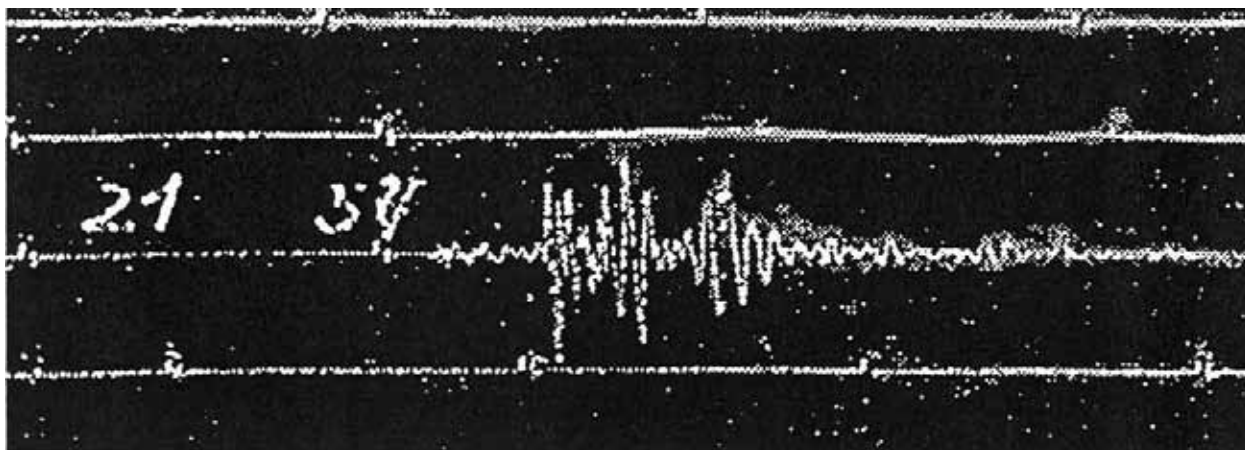
Slika 3. Seizmograf Wiechert v kleti observatorija na Golovcu v Ljubljani; stoji na posebnem stebru in je shranjen v stekleni vitrini; seizmograf je še vedno usposobljen za uporabo, vendar se zaradi zamudne priprave osajenega papirja ne uporablja več.

Figure 3. Wiechert seismograph in cellar of observatory on Golovec in Ljubljana. It is installed on special pier and is preserved in glass cabinet. Seismograph is still operable but because of time-consuming prepare of smoked paper is not in use anymore.



Slika 4. Zgornji del seizmografa; desno je 200 kilogramska utež, v sredini sta vidni peresi in levo je valj s 150 cm dolgim registrirnim papirjem; dolžina minute je bila 15 mm.

Figure 4. The upper part of seismograph; there is a 200 kg weight on the right, two pens in the middle and a drum with 150 cm long registering paper; the length of the minute was 15 mm.



Slika 5. Zapis potresa 13. junija 1959 ob 22. uri in 57 minut po UTC na območju Karnijskih Alp v Italiji.

Figure 5. The record of the earthquake on 13 June 1959 at 22:57 UTC in Carnian Alps, Italy.

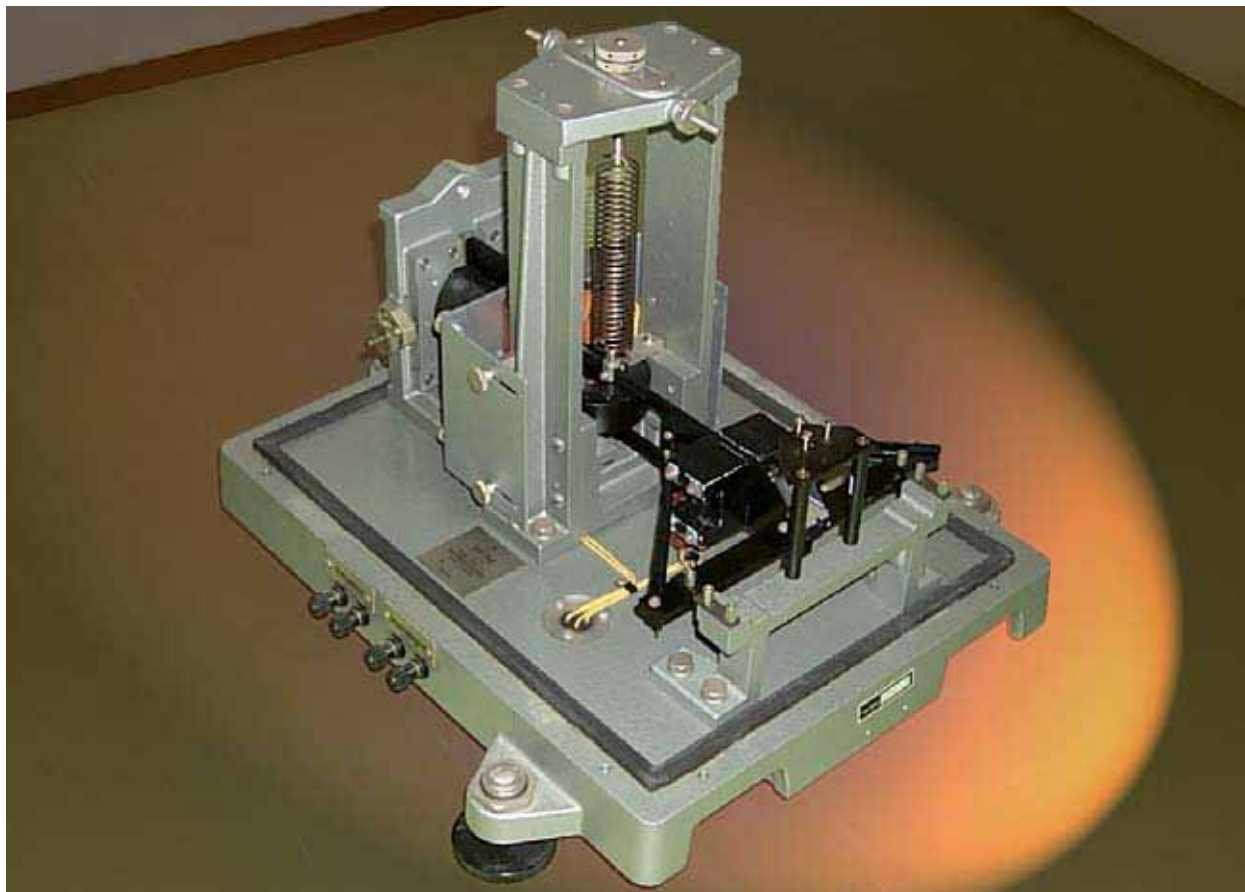
je ugodna tudi za opazovanje potresov. Istočasno so si prizadevali pridobiti od Akademskega sveta FNR Jugoslavije enega od treh kompletov seizmoloških instrumentov, ki so bili nabavljeni iz sredstev zveznega proračuna. Ker pa takrat Univerza v Ljubljani še ni imela pripravljenih prostorov za namestitev opreme, so seizmološke instrumente dobile potresne opazovalnice v Sarajevu, Skopju in Titogradu.

Priprave za adaptacijo in dozidavo so se začele leta 1954, jeseni istega leta pa so pričeli tudi z gradbenimi deli. Vzporedno z gradnjo je potekala tudi obnova seizmografa Wiechert. Seizmograf je bil zaradi slabega vzdrževanja precej zanemarjen. Za njegovo obnovo je bilo potrebno dobiti originalne dele pri podjetju Spindler in Hoyer iz Solingena. Leta 1958 je bil observatorij zgrajen in v kleti so postavili seizmograf. Redno beleženje potresov s seizmografom Wiechert se je ponovno začelo leta 1959 in je potekalo vse do leta 1970, ko so ga nadomestili sodobnejši instrumenti. Leta 1959 sta se združila ljubljanska potresna opazovalnica pod vodstvom dr. V. Ribariča in astronomski observatorij pod vodstvom dr. F. Dominka. Nastal je Astronomsko-geofizikalni observatorij (AGO) pri Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo Univerze v Ljubljani (Ribarič, 1981).

Zapis samo horizontalnih komponent potresa ne omogoča izračuna smeri, v kateri je nastal potres. Za določitev smeri je nujno potreben še zapis vertikalne komponente. V prvi polovici leta 1958 so kupili vertikalni kratkoperiodni seizmograf "Stuttgart" z galvanometriškim optičnim registratorjem z zapisom na fotografski papir. Seizmograf je skonstruiral znani nemški seizmolog Wilhelm Hiller. Seizmometer je elektromagnetnega tipa s spremenljivo reluktanco. Pri tem tipu senzorja je tuljava s podkvastim magnetom trdno pritrjena na ohišje, na ročico nihala pa je tudi pritrjen magnet, ki povzroči pri nihanju spremembo magnetnega polja skozi tuljavo. Lastna perioda senzorja je 1,5 s in je enaka lastni periodi galvanometra. Senzor in galvanometer sta kritično dušena. Galvanometer, valj s fotografskim papirjem ter optični sistem, sestavljen iz zrcal in leč za prenos svetlobnega žarka do fotografskega papirja so v skupnem ohišju sestavljali registrator. Hitrost vrtenja valja je bilo možno stopenjsko nastavljanje na 15, 30, 60 in 120 mm na minuto. Največja povečava instrumenta je znašala 10150 pri periodi 0,8 s. Dolžina minute je bila 60 mm. Seizmograf je začel s poskusnim beleženjem potresov junija istega leta, redno pa je začel obratovati marca leta 1959 in je neprekinjeno deloval do sredine leta 1979. Seizmometer je prikazan na sliki 6, zapis potresa pa na sliki 7 (Ribarič, 1960, 1974, Vidrih, 1998).

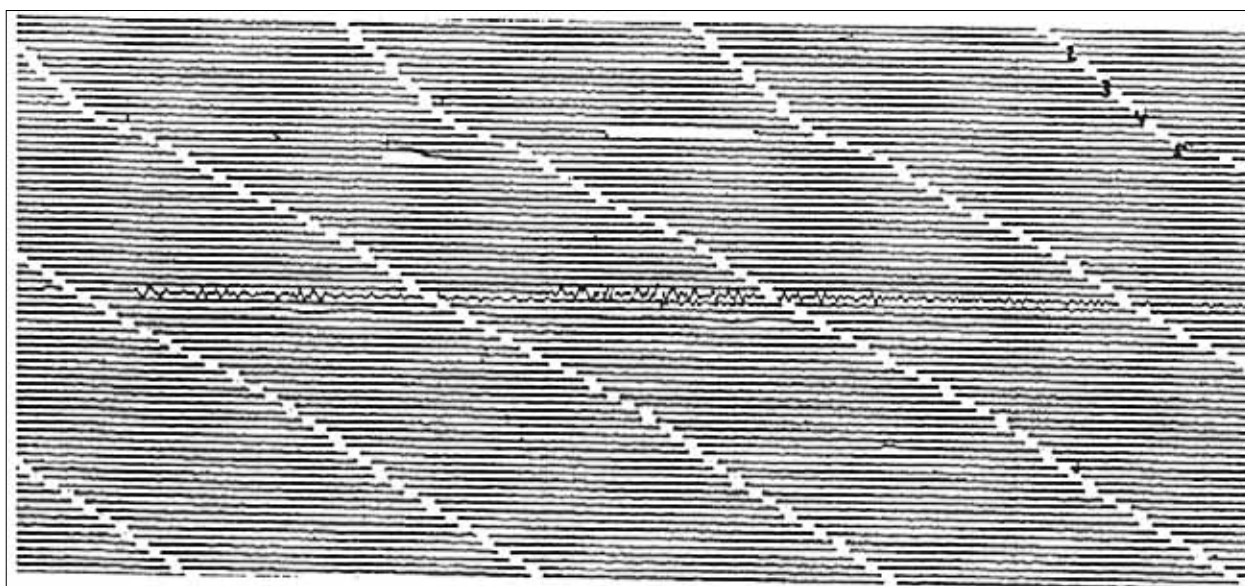
Slovenska seizmologija ponovno v svetovnem vrhu

Leta 1966 se je AGO z nabavo instrumentov, katerih lastnosti so odgovarjale normativom Svetovnega standardiziranega seizmografskega omrežja (WWSSN - World-Wide Standardised Seismograph Network), uvrstil med najboljše potresne opazovalnice na svetu.



Slika 6. Vertikalni seizmometer Stuttgart elektromagnetnega tipa s stalno pritrjeno tuljavo z magnetnim jedrom in magnetom na nihalu.

Figure 6. Vertical shortperiod electromagnetic Stuttgart seismometer with fixed coil with magnetic core and magnetic pendulum.



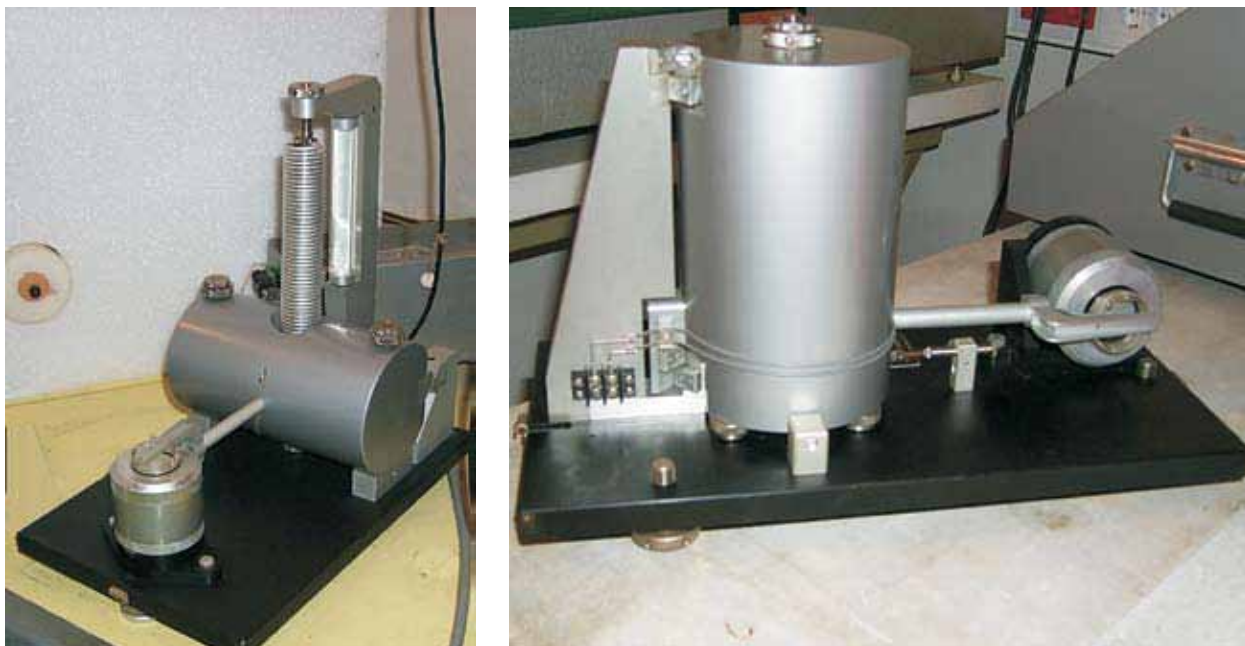
Slika 7. Zapisa potresa 23. junija 1962 ob 9. uri in 57 minut po UTC na območju otočja Ryukyu in ob 10. uri in 11 minut po UTC na otoku Luzon na Filipinih.

Figure 7. The record of the earthquake on 23 June 1962 at 9:57 UTC in the Ryukyu islands region and at 10:11 UTC on the Luzon island, Philippines.

Za registracijo bližnjih in lokalnih potresov so izbrali trikomponentni kratkoperiodni sistem Lehner & Griffith podjetja Teledyne, ki ga sestavljajo trije nizkoohmski elektrodinamični seizmometri, trije galvanometri z optično registracijo na fotografski papir in registrirni valj za vse tri komponente.

Seizmometri, ki se odlikujejo z veliko stabilnostjo delovanja, imajo lastno periodo 1s, možno pa jo je nastaviti v območju med eno in dvema sekundama. Kritično dušenje seizmometra dosežemo s priključitvijo zunanega dušilnega upora. Pri obeh izvedbah seizmometrov na sliki 8 (vertikalni SV-215 in horizontalni SH-216) je cilindrična utež z maso 20 kg pritrjena na ohišje s križnimi vzmetmi. Vertikalni senzor ima še dodatno spiralno vzmet, ki drži maso seizmometra v ravnovesju. Spremembe dimenzij elementov, ki nastanejo zaradi temperature, so korigirane s kompenzacijskim elementom, ki deluje na podporno ročico vzmeti. Tuljava se giblje v magnetnem polju stalnega magneta, pritrjenega na ohišje seizmometra. Na podnožju so trije vijaki za postavitve v vodoraven položaj. Seizmometri so priključeni na kratkoperiodne galvanometre GS-250 z lastno periodo 0,5 s. Lastno periodo galvanometra lahko nastavljamo v območju od 0,2 s do 1,5 s in se lahko uporabljajo praktično z vsemi fotografskimi pisarji. Galvanometer sestavljata tuljavica in ogledalce, ki sta z vzmetmi vpeta v ohišje. Na ohišju je gumb, s katerim aretiramo tuljavico pri transportu galvanometra. Galvanometer postavimo v pravilno lego s tremi nastavitvenimi vijaki. Impedančna prilagoditev seizmometra na galvanometer in kritično dušenje obeh komponent je izvedeno z uporovnim T členom. Na oddaljenosti 1 m od galvanometrov stoji registrirni valj DR-273 (slika 9). Na valju so pritrjeni za vsako komponento po en list fotografskega papirja velikosti 90 x 30 cm. Vsaka komponenta ima svoj vir svetlobe s kontrolami za jakost svetlobe in fokusiranje žarka, ter odklonski sistem za časovne označbe. Valj se 4-krat obrne v eni uri, kar pomeni, da je hitrost papirja 60 mm/min. Povečava sistema pri periodi 1 s je 12000. Galvanometri in registrirni valj so nameščeni v popolnoma zatemnjeni sobi. Menjava papirja poteka pri svetlobi fotografske rdeče svetilke. Seizmometri se nahajajo v sosednji sobi. Zaželeno je, da so zaradi manjših motenj čim krajše žične povezave, ki prenašajo električne signale (Lehner, 1965). Na sliki 10 je prikazan zapis potresa ene od komponent seizmografa.

Za beleženje oddaljenih potresov je bil nabavljen sistem, ki ga sestavljajo dolgoperiodni ver-



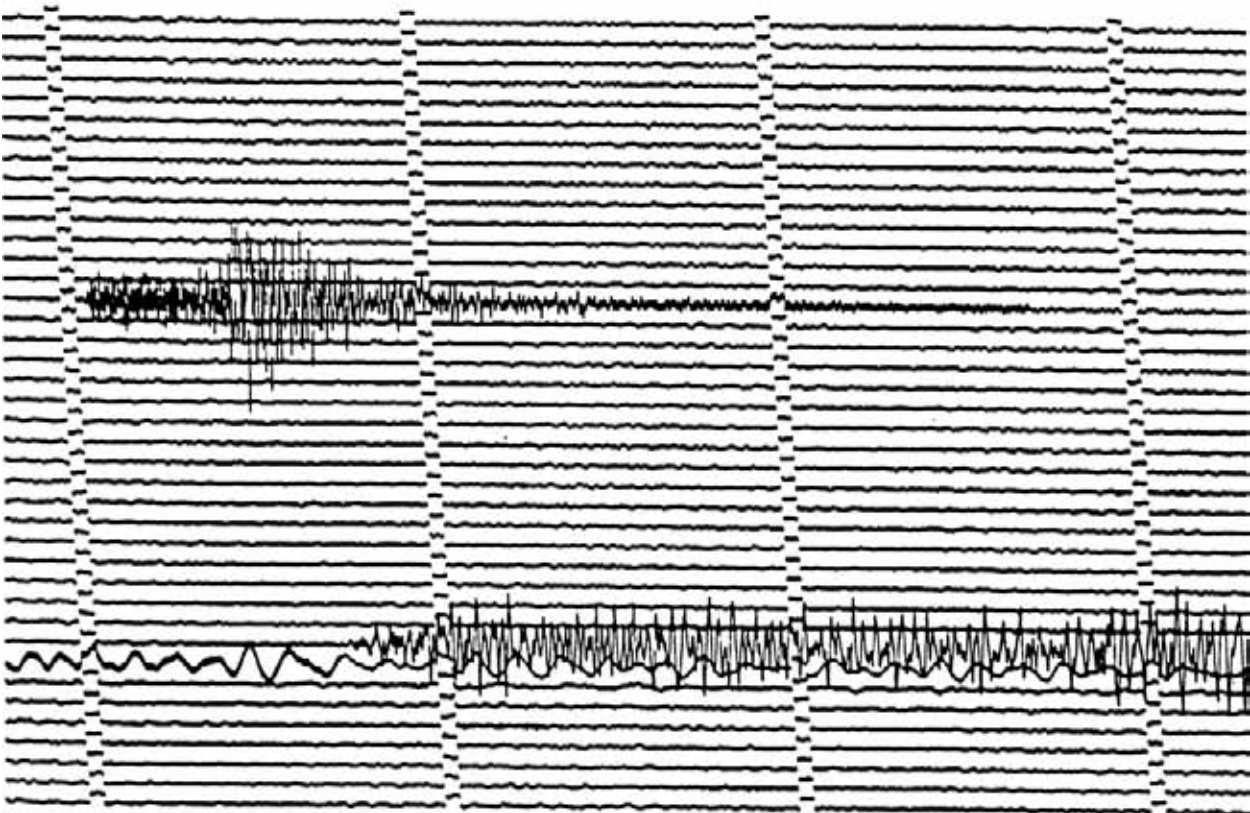
Slika 8. *Kratkoperiodna vertikalni SV-215 (levo - vidni sta cilindrična 20 kg utež in cilindrična vzmet, ki drži utež v ravnovesni legi) in horizontalni SH-216 (desno) seizmometer.*

Figure 8. *Shortperiod vertical SV-215 (left - cylindric 20 kg weight and cylindric spring that holds weight in balance can be seen) and horizontal SH-216 (right) seismometers.*



Slika 9. Registrirni valj DR-273 s tremi listi 90 x 30 cm velikega fotografskega papirja za vertikalno in obe horizontalni komponenti; dolžina minute je 60 mm.

Figure 9. DR-273 drum recorder with three 90 x 30 cm large sheets of photographs paper for vertical and two horizontal components, the length of the minute was 60 mm.



Slika 10. Zapis potresa 27. decembra 1981 ob 13. uri in 25 minut po UTC na območju Čakovca na Hrvaškem in ob 17. uri in 41 minut v Egejskem morju.

Figure 10. The record of the earthquake on 27 December 1962 at 13:25 UTC near Čakovec in Croatia and at 17:41 UTC in Aegean sea.

tikalni in dva horizontalna seizmometra podjetja Sprengnether z možnostjo nastavitve lastne periode instrumenta med 6 in 60 s. Da bi pri seizmometru dosegli tako dolge lastne nihajne čase, je potrebno rešiti nekatere konstrukcijske probleme, ker želimo po eni strani instrument relativno majhnih dimenzij in po drugi strani dokaj stabilno ravnotežno lego. Dolgoperiodni vertikalni seizmometer S-5007-V (slika 11, desno) sestavlja utež nihala z maso 11,2 kg na palici, ki je tečajno vpeta na steno ohišja, tako da se lahko giblje vertikalno, obenem pa visi na spiralni vzmeti, ki je na drugi strani prav tako vpeta v ohišje senzorja. Geometrijo vpetja je predlagal leta 1935 La-Coste. Dolžino periode nastavljammo z nagibom stene ohišja, na katero sta vpeta nihalo in spiralna vzmet. Dve signalni tuljavi se gibljeta v krožnih režah dveh stalnih magnetov. Na eni signalni tuljavi je navita tudi kalibracijska tuljavica. Instrument je temperaturno kompenziran in vgrajen v zatesnjeno ohišje, da se prepreči vpliv spremembe zračnega pritiska na meritve. Horizontalni seizmometer S-5007-H (slika 11, levo) sestavlja vodoravno tečajno nihalo z maso 10,7 kg, vpeto v ohišje z jekleno vzmetjo in podprto z žičnim jarmom, obešenim v točki navpično nad tečajem, medtem ko je palica, na kateri je pritjena utež, vodoravna. Na ta način lahko nastavimo lastno periodo senzorja dolgo do 60 s, vendar pa je pri tako dolgih periodah potrebno senzor postaviti točno vodoravno. Na vsaki strani uteži sta pritrjeni signalni tuljavici. Na eni je navita še kalibracijska tuljava. Dolgoperiodni seizmometri so temperaturno odvisni, zato so zaščiteni z izolacijskim ohišjem. Registracija je tudi pri tem sistemu optična. Na tuljavici dolgoperiodnega galvanometra GL-261 z lastno periodo 100 s je pritrjeno zrcalce, ki se obrača v odvisnosti od signala seizmometra, in zapisuje sled na fotografski papir na valju pisača. Impedančna prilagoditev senzorja na galvanometer in dušenje obeh komponent je izvedeno z uporovnim T členom. Fotografski registrator serije H model R-6007 (slika 12) sestavljajo valj za papir za tri komponente, pogonski mehanizem, napajalnik za žarnice in odklonski sistem za zapis časa. Vsaka komponenta ima svoj optični sistem, ki ga sestavljajo svetlobni izvor z možnostjo nastavitve jakosti svetlobe in nastavitve širine svetlobnega žarka in enoto za zapis časovnih označb. Hitrost vrtenja valja je možno spreminjati tako, da je dolžina minute na seizmogramih lahko 15 mm, 30 mm ali 60 mm. Valj s fotografskim papirjem je pokrit s kovinskim pokrovom, ki varuje zapise pred nenadno osvetlitvijo. Povečava dolgoperiodnega sistema je 1300 pri periodi 1 s. Na sliki 13 je prikazan zapis ene od komponent dolgoperiodnega seizmografa (Gilmore, 1945).

Točen čas za oba seizmografa, ki sta beležila potrese od leta 1969 pa vse do konca leta 2004, je dajala ura s termostatisanim oscilatorjem s kremenovim kristalom, ki je na svojem izhodu dajala minutne, urne in 12 urne časovne značke z možnostjo nastavitve dolžine v obliki sklenjenega kontakta. Ura je bila istočasno tudi precizni generator z napajalno izmenično napetostjo s stabilno frekvenco, ki je bila namenjena za napajanje pisačev. Točnost ure je bila boljša od 0,1 s na dan.

Pomankljivost seizmografov z optično registracijo je zapis na fotografski papir. Po sporočilu, da se je zgodil potres, je bilo potrebno najprej zamenjati papir na pisaču, fotografski papir razviti, šele nato je bilo na vrsti določanje parametrov potresa. Če je potres minil neopaženo, ga je bilo možno zaslediti in mu določiti parametre šele naslednji dan ob redni menjavi registrirnega papirja.

Leta 1971 so bili kupljeni kratkoperiodni elektromagnetni seizmometri Willmore MkII (slika 14) z visokohmsko tuljavo, ki omogoča ojačevanje signalov z elektronskimi ojačevalniki. Tuljava je pritrjena na ohišje senzorja, stalni magnet z maso 4,75 kg, ki služi kot utež, pa se na posebnih vodilih lahko giblje samo v osi seizmometra. Z majhnim posegom v konstrukcijo seizmometra lahko deluje kot vertikalni ali horizontalni senzor. Perioda senzorja je 1 s, lahko pa jo nastavljammo od 0,6 do 3 s za vertikalno izvedbo in od 0,75 do 5 s za horizontalno. Kritično dušenje je izvedeno z zunanjim uporom. Strokovnjaki observatorija so skupaj z zunanjimi sodelavci izdelali prve seizmografske ojačevalnike SO-01 s stopenjsko nastavljivim ojačenjem in nastavljivim nizkim sistemom, ki omogoča nastavitve lastnosti sistema glede na seizmični nemir na posamezni lokaciji, kjer je postavljena potresna opazovalnica. Poleg vhoda za signal seizmometra sta na ojačevalniku še vhoda za časovne signale ure in signale časovnega sprejemnika, kar omogoča merjenje točnosti ure. Zapis na pisačih Günter-Volk (slika 15) poteka s črnilom na 180 cm dolg in 30 cm širok papir, ki je na konceh zlepljen skupaj, tako da tvori neskončni trak. Hitrost pomika je izbrana tako, da



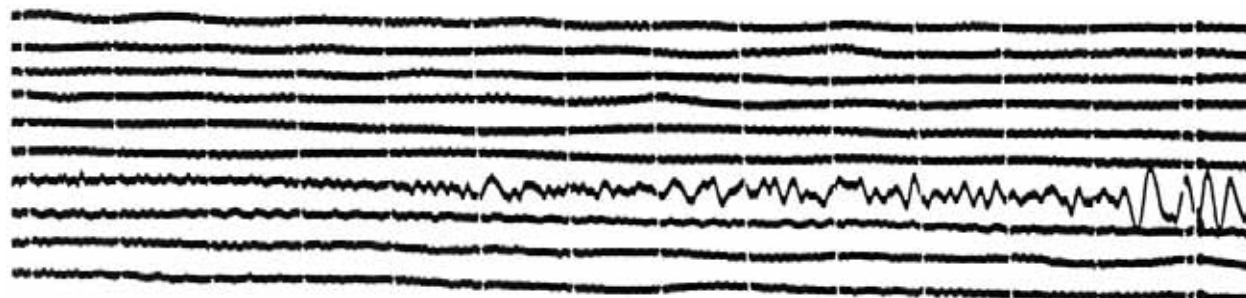
Slika 11. Dolgoperiodni horizontalni seizmometer S-5007-H (levo - cilindrična 10,7 kilogramska utež je pritrjena na vodoravno palico in podprta z žičnim jarmom) in vertikalni S-5007-V (desno).

Figure 11. S-5007-H longperiod horizontal seismometer (left - cilndric 10.7 kg weight is fixed on horizontal rod and supported with wired yoke) and S-5007-V vertical seismometer (right).



Slika 12. Registrirni valj R-6007 s tremi listi 90 x 30 cm velikega fotografskega papirja za vertikalno in obe horizontalni komponenti; kovinski pokrov preprečuje nenadno osvetlitev papirja; dolžina minute je nastavljiva: 15, 30 ali 60 mm.

Figure 12. R-6007 drum recorder with three 90 x 30 cm large sheets of photographs paper for vertical and two horizontal components; metal cover prevent sudden lighting of paper; the lenght of the minute was adjustable: 15, 30 or 60 mm.



Slika 13. Zapis potresa 30. marca 1988 ob 2. uri in 12 minut po UTC z epicentrom v Iranu.

Figure 13. The record of the earthquake on 30 March 1988 at 2:12 UTC with epicentre in Iran.

pri dolžini minute 120 mm omogoča papir 24-urno zapisovanje brez prekinitve, nato pa je treba papir zamenjati. Ta vrsta seizmografa deluje na observatoriju na Golovcu od junija leta 1972 dalje. Maksimalna povečava sistema je 50 800 pri periodi 0,33 s. Na sliki 16 je prikazan del seizmograma ene od komponent seizmografa. Enak seizmograf je deloval od 1975 do 2002 na potresni opazovalnici v Goričicah pri Grahovem ob Cerknškem jezeru. Zaradi manjšega seizmičnega nemira je tam povečava večja; maksimalna je 95 740 pri periodi 0,5 s (Sinčič in Vidrih, 1993, Sinčič, Vidrih in Deterding, 1997).

Konec leta 1971 je na observatoriju na Golovcu začel delovati seizmograf s samo eno horizontalno komponento v smeri sever-jug in in vidljivim zapisom. Namenjen je bil predvsem predhodni določitvi časa vstopa primarnih in sekundarnih valov za vse vrste potresov ob večjem seizmičnem nemiru zaradi manjše občutljivosti instrumenta. Seizmograf so sestavljali seizmometer Vegik (slika 17), seizmografski ojačevalnik SO-01 in pisar z zapisom s črnilom. Seizmometer sovjetske izdelave ima tečajno vpetje nihala z utežjo mase 1,13 kg in tuljavico, ki se giblje v magnetnem polju stalnega magneta, pritrjenega na ohišje. Ker so bile originalne tuljave vseh nabavljenih seizmometrov te vrste nizkoohmske, so jih zamenjali z doma navitimi visokoohmskimi, ki so imele večji izhodni signal in so omogočale priključitev senzorja na elektronski ojačevalnik. Vidljivi pisar VR-40 (slika 18) je bil proizvod podjetja Sprengnether z zapisom s črnilom na 90 cm dolg in 30 cm širok papir. Dolžina minute je bila 30 mm. V januarju 1996 je pisar VR-40 zamenjal pisar Kablar. Na sliki 19 je prikazan del zapisa na pisaru VR-40.

Leta 1973 je UNESCO podaril Astronomsko-geofizikalnemu observatoriju trikomponentni seizmograf CK-Д sovjetske izdelave. Seizmograf so sestavljali dva nizkoohmska tečajna horizontalna seizmometra CBK-Д in vertikalni CFK-Д (slika 20), galvanometri GK-VIIM, kontrolna enota zapisa AY3-2M, enota za regulacijo ojačenja in nastavitve parametrov ПРЮП-3М, svetlobni vir K-VIII in pisar PC-II-MK z zapisom na fotografski papir.

Niz seizmometrov v povezavi z galvanometri je omogočal beleženje bližnjih in daljnih potresov. Lastna perioda je bila nastavljiva med 0,2 s in 25 s pri konstantnem ojačenju 1000. Senzor je imel elektromagnetno dušenje. Majhne tokove senzorja je meril galvanometer GK VIIM. Galvanometer je zgrajen tako, da mu je možno spreminjati lastno periodo s spreminjanjem dolžine vzmeti, na katerih je obešeno zrcalce. Občutljivost in kritično dušenje galvanometra je možno nastaviti z magnetnim shuntom. Svetlobni žarek, ki ga je odbijalo zrcalo galvanometra na papir na pisaru, je dajala projektorska luč K-VIII. Pritrjena je bila na stojalu, ki je omogočalo nastavitve žarka pri fokusiranju. Žarnica je bila pritrjena v vrtljivem valjastem ohišju, da se je lahko zavrtela žarilna nitka žarnice v željeni položaj. Fotografski papir širok 28 cm in dolg 90 cm je bil pripet na valju pisara PC-II-MK (slika 21). Na papir so se zapisovale vse tri komponente. Za vrtenje valja in njegovo prečno pomikanje vzdolž osi je skrbel sinhronski elektromotor. Hitrost vrtenja in pomika je bila nastavljiva, in je lahko znašala 30, 60 ali 120 mm/min. Kontrolna enota zapisa AY3-2M je avtomatično povečala jakost svetlobnega vira pri zapisu potresa, kadar začne žarek z večjo hitrostjo nihati okoli ravnovesne lege in je običajna osvetlitev fotografskega papirja premajhna, da bi zapustila razločno sled. Ob močnejšem potresu, ko se je amplituda svetlobnega žarka povečala, je avtomatsko preklopil na manjše ojačenje. Istočasno se je sprožil svetlobni alarm, ki je opozarjal na potres. Enota ПРЮП-3М je prikladno in zanesljivo uravnavala ojačenja in nastavitve parametrov instrumentov, ki so sestavljali elektromagnetni seizmograf. Bila je trikanalna in sestavljali sta jo dve skupini vezij. Vezje PY je služilo za ročno nastavitve različnih povečav, drugo vezje ОП pa za določitev parametrov seizmografa. Za zapis časa na seizmogram je skrbel modul РФУ-2М, ki je signale časovnega sprejemnika zapisoval neposredno na seizmogram. Vsako uro ga je avtomatsko vklopila kontaktna ura, ki je bila vgrajena v isto ohišje. Na sliki 22 je del zapisa seizmografa.

Namenjen je bil za zapisovanje srednje oddaljenih in oddaljenih potresov in je veljal za prvi širokopasovni instrument na observatoriju. Zaradi pomanjkanja nadomestnih delov je maja leta 1989 prenehal delovati (Ribarič, 1971, 1994, Sinčič in Vidrih, 2003).



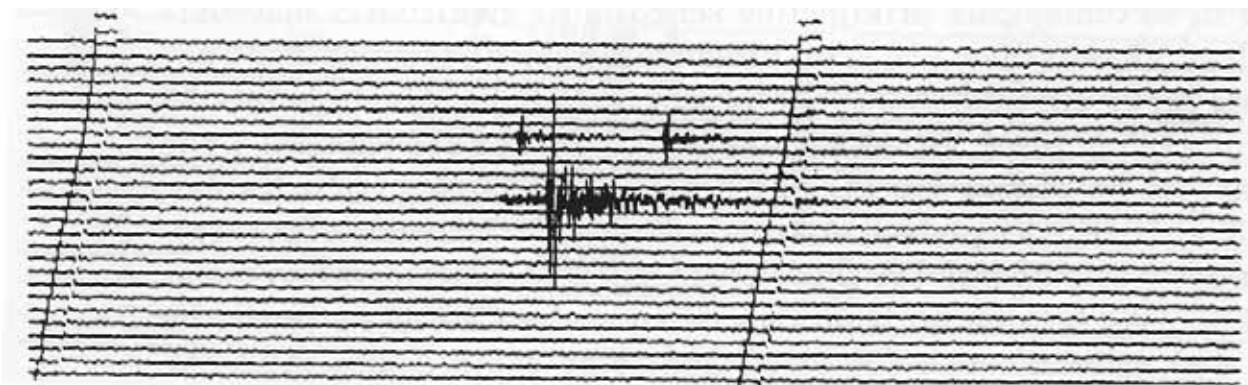
Slika 14. Seizmometri Willmore MkII, postavljeni na stebru v kleti observatorija na Golovcu v Ljubljani.

Figure 14. Willmore MkII seismometers installed on the pier in the cellar of the observatory on Golovec in Ljubljana.



Slika 15. Pisači Günter-Volk zapisujejo s črnilom na 180 cm dolg papir; na polici nad pisachi so seizmografski ojačevalniki SO-01 in napajalniki.

Figure 15. Günter-Volk recorders record with ink on 180 cm long paper; on the shelf above are SO-01 seismographs' amplifiers and power supplies.



Slika 16. Zapis serije potresov 24. junija 1996 na območju Polhograjskih dolomitov z najmočnejšim ob 7. uri in 50 minut po UTC.

Figure 16. The record of series of the earthquakes on 24 June 1996 in Polhograjski dolomiti with the strongest at 7:50 UTC.



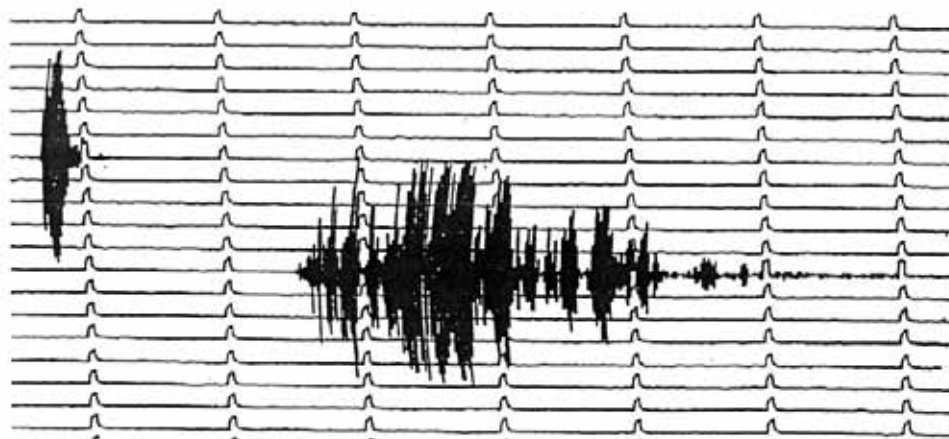
Slika 17. Seizmometer Vegik je sestavni del seizmografa za predhodno določanje časa prihoda primarnih in sekundarnih valov ob povečanem seizmičnem nemiru.

Figure 17. Vegik seismometer is a part of seismograph determination of the arrival of primary and secondary seismic waves during higher seismic noise.



Slika 18. Pisač VR-40 z zapisom s črnilom na 90x30 cm velik papir.

Figure 18. VR-40 recorder with ink recording on 90x30 cm large paper.



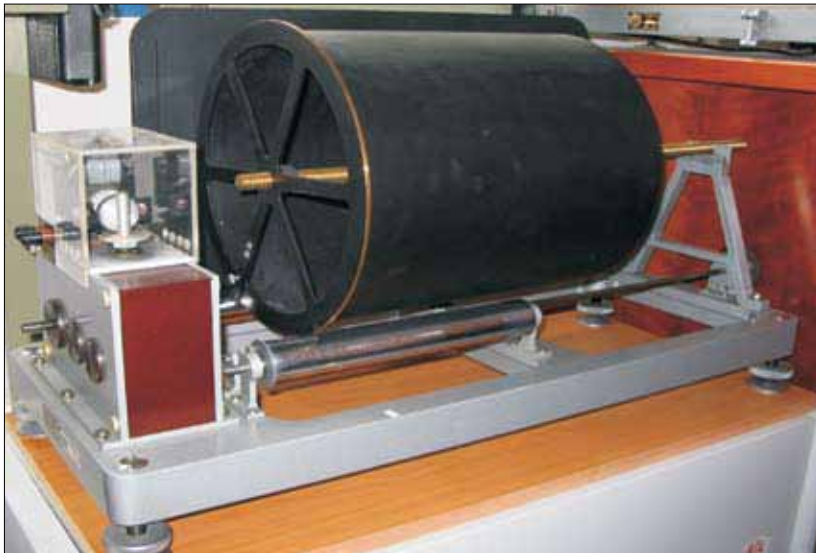
Slika 19. Zapis potresov 1. junija 1976 na območju Furlanije v Italiji z najmočnejšim ob 17. uri in 21 minut po UTC.

Figure 19. The record of the earthquakes on 1 June 1976 with the strongest at 17:21 UTC in Friuli, Italy.



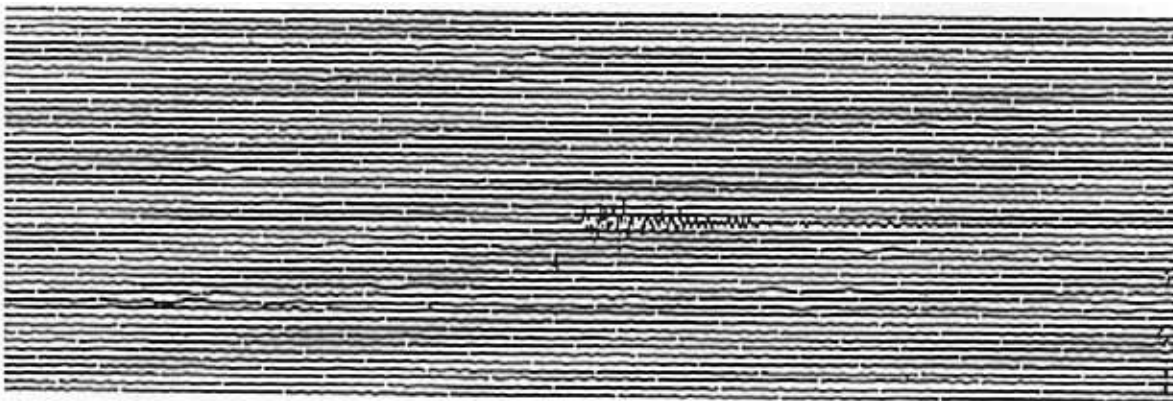
Slika 20. Vertikalni elektrodinamični seizmometer СГК-Д.

Figure 20. СГК-Д vertical electrodynamic seismometer.



Slika 21. Pisač PC-II-MK z zapisom na fotografski papir 90 x 30cm; vse tri komponente so bile zapisane na istem listu papirja

Figure 21. PC-II-MK recorder with 90 x 30 cm large photographs paper; all three components were recorded on the same sheet.



Slika 22. Zapis potresa 1. junija 1976 ob 1. uri in 2 minuti po UTC v severni Italiji.

Figure 22. The record of the earthquakes on 1 June 1976 at 1:02 UTC in north Italy.

Izdelava lastnih instrumentov

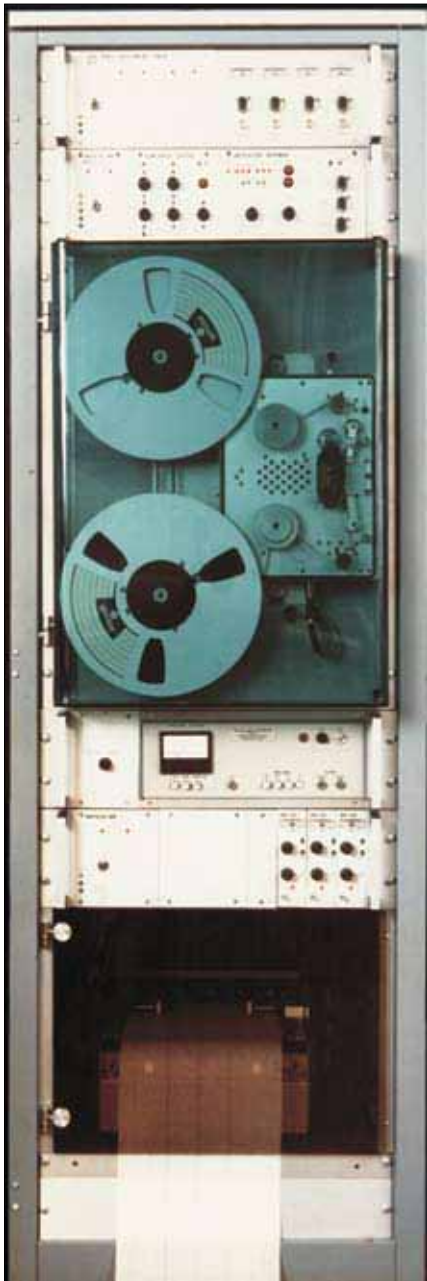
Zapis vseh omenjenih seizmografov je neprekinjen. V letih od 1976 do 1979 so se strokovnjaki na observatoriju lotili gradnje čakajočega seizmometričnega sistema, ki je imel to lastnost, da je zapisoval le potresne pojave. Ob dovolj velikem signalu senzorja se je sprožil seizmograf in zapisal dogodek na pisar. Čakajoči sistem so sestavljali dva horizontalna in vertikalni kratkoperiodni senzor Willmore Mk II, seizmografski ojačevalniki SO-02, kasnilna linija, pisar Sefram z močnostnimi predojačevalci, detektor dogodkov, kontrolo zapisa, amplitudno frekvenčni pretvornik Danica FAC-1-AM/FM in magnetofon Stellavox. Kratkoperiodne seizmometre so kmalu zamenjali s širokopasovno izvedbo Willmore MkIII podjetja Sensonics. Seizmometer ima kapacitivni pretvornik premikov, predojačevalnik, motor za uravnoteženje uteži. Relativni premik uteži zazna kapacitivni pretvornik. S predojačevalnikom ojačeni signal krmili povratnozančno enoto, ki poganja motor za vračanje uteži v ravnovesno lego. Izhodni signal je premosorazmeren pospešku tal. Signale vseh treh komponent ojačimo s seizmografskim ojačevalnikom in jih vodimo na analogno kasnilno linijo z zakasnitvijo 10 s. Kasnjenje signalov mora premostiti čas, ki je potreben za zagon pisarja in magnetofona, ko detektor dogodkov zazna potresni dogodek na območju Slovenije. Izhode iz kasnilne linije vodimo v končni močnostni ojačevalnik, ki krmili peresa. Pisar je zapisoval na neskončni papir z že natisnjeno mrežo. Signal vertikalne komponente pa istočasno peljemo iz kasnilne linije na detektor dogodkov. Njegova naloga je, da zazna čim šibkejšo potrese, mora pa biti neobčutljiv za nenadna povečanja seizmičnega in civilizacijskega nemira. Z nastavitvijo parametrov detektorja dogodkov dosežemo večjo občutljivost sistema za določeno vrsto seizmičnih pojavov. Detektor dogodkov krmili enoto kontrole dogodkov, ki ob vsakem zaznanem dogodku sproži zapis na papir in magnetofonski trak, opremi zapis s časovno kodo, ki služi za identifikacijo registracije v času. Kontrola dogodkov tudi v določenih časovnih razmakih proži zapisovanje in s tem preprečuje zasušitev peres pisarja, obenem pa dobimo zapis seizmičnega nemira ob različnih časovnih obdobjih. Signal, opremljen s časovno kodo, vodimo na amplitudno frekvenčni pretvornik, tako da dobimo frekvenčni zapis potresnega pojava zabeležen na magnetofonski trak. Ta oblika zapisa je primernejša za kasnejšo obdelavo potresov na spektralnem analizatorju. Na sliki 23 je prikazana omara z vsemi sklopi čakajočega merilnega sistema.

Seizmograf je imel več pomanjkljivosti. Amplitudno frekvenčna pretvorba je potekala le na vertikalnem kanalu, kar ni omogočalo vektorske slike potresnih pojavov. Pisar Sefram ni omogočal opremljanja seizmogramov z zapisom časa. Odprtozančni način delovanja pisarja in trenje med peresi in papirjem so povzročali nelinearen zapis pri majhnih signalih in oteževali odčitavanja vsotnih valov. Na sliki 24 je del zapisa vseh treh komponent čakajočega sistema. Redno je deloval do avgusta leta 1982, pozneje pa zaradi nestabilnega delovanja kasnilne linije samo še občasno (Ribarič, 1971, 1995).

Seizmološka služba preide pod novo okrilje

Opravljanje seizmološke službe ni našlo podpore in razumevanja na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo. Ko je bil leta 1978 sprejet Zakon o seizmološki službi v Sloveniji, se je geofizikalni oddelek Astronomsko geofizikalnega observatorija ločil od Univerze in 1. maja 1980 je bil ustanovljen Seizmološki zavod, ki je nadaljeval delo v prostorih observatorija na Golovcu pod vodstvom dr. V. Ribariča.

Poleg že naštetih instrumentov, ki so beležili potrese, je bilo nujno potrebno vzpostaviti večje število potresnih opazovalnic na različnih koncih Slovenije. Januarja leta 1985 je začela delovati potresna opazovalnica na Vojskem. Štiri leta je potrese beležil enak seizmograf kot v opazovalnicah v Ljubljani in Goričah pri Grahovem ob Cerkniškem jezeru (Trnkoczy in Vidrih, 1986). Medtem ko so seizmometri v omenjenih dveh opazovalnicah nameščenih na posebnih betonskih stebrih v hišah (slika 25), pa so tu seizmometri v posebej za ta namen zgrajenem jašku na travniku, odmaknjenem od hiše, da je zmanjšan vpliv gibanja ljudi v hiši na beleženje nihanja tal. Seiz-

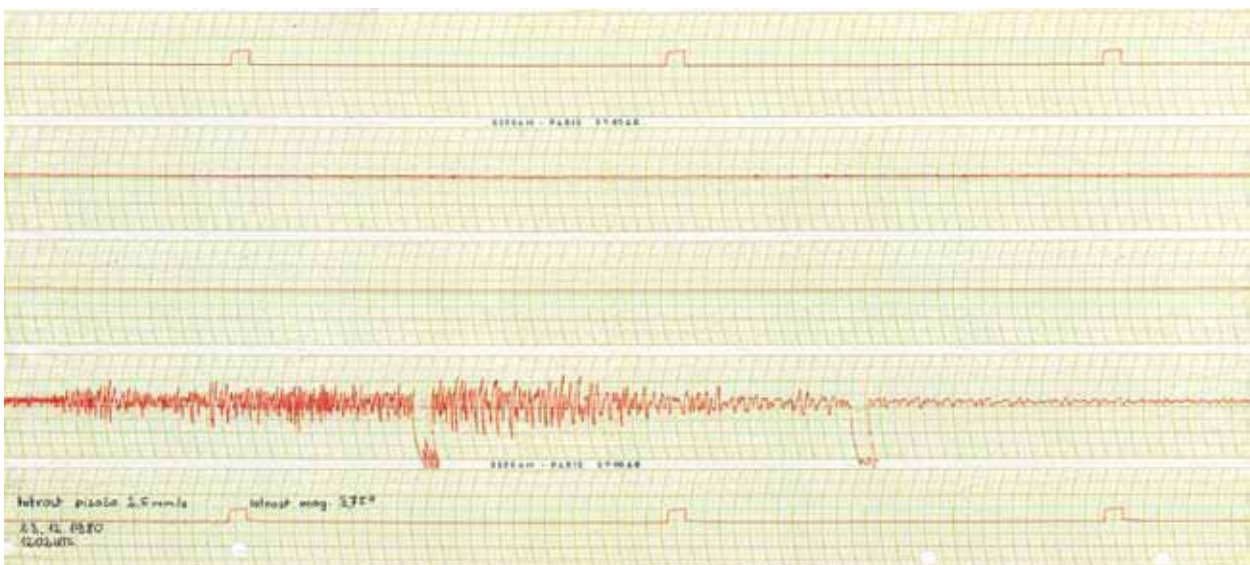


Slika 23. Čakajoči sistem z zakasnilno linijo so sestavljale enote: trije seizmografski ojačevalniki, kontrola zapisa, detektor dogodkov, analogna zakasnilna linija in napajalniki. Frekvenčno moduliran analogni signal vertikalne komponente se je zapisoval na magnetofonski trak, spodaj je pisatelj Sefram, ki je s črnilom zapisoval dogodke vseh treh komponent na neskončni papir (desno).

Figure 23. Trigger system with delay line consisted of three seismograph's amplifiers, recording control, event detector, analog delay line and power supply. Frequency modulated analog signal of vertical component was recorded on magnetic tape; at the bottom was Sefram recorder where events were with ink recorded with ink on endless paper (right).

Slika 24. Zapis vertikalne komponente potresa 23. decembra 1980 ob 12. uri in 1 minuta po UTC z epicentrom v severni Italiji (spodaj).

Figure 24. The vertical component record of the earthquake on 23 December 1980 at 12:01 UTC in north Italy (below).



mometri Willmore MK-II so zaradi zaščite pred vlago zaprti v vodotesnih aluminijastih zabojih. Januarja 1991 pa so strokovnjaki tedanjega Seizmološkega zavoda zamenjali zastarel seizmografski ojačevalnik SO-01 z novejšo verzijo SO-03 z izboljšanimi lastnostmi. Pisače Günter-Volk so zamenjali pisachi VR-2 podjetja Kinometrics (slika 26). Stabilno vrtenje valja s papirjem in vzdolžni pomik peresnega mehanizma zagotavljata koračna motorčka s pripadajočo elektroniko. Hitrost vrtenja valja je mogoče nastavljati na 7,5, 15, 30, 60 in 120 mm/min. Regulacija pomika omogoča beleženje pol dneva, 1 dan, 2 dni, 4 dni in 8 dni na en list papirja pri odgovarjajoči dolžini minute. Vezje za pogon motorčka, ki premika pero, je zaprtozančnega tipa in je napetostno krmiljeno. V pisac je vgrajen oscilator s kremenovim kristalom, ki tudi brez posebne ure, oskrbi časovni signal za zapis minut in ur na seizmogram. Zapis poteka na 30 cm širok in 90 cm dolg papir. Dolžina minute znaša 120 mm. Maksimalna povečava seizmografa je 557 000 pri periodi 0,1 s (Trnkoczy in sod., 1979, Vidrih, 1989). Na sliki 27 je del zapisa vertikalne komponente seizmografa.

V letih 1986 in 1987 so strokovnjaki takratnega Seizmološkega zavoda razvili novo uro in dolgovalovni sprejemnik časovnih signalov. Srce ure UK-03 je termostatirani oscilator s kremenovim kristalom z izhodnim signalom 5 Mhz. Dodatna elektronika deli frekvenco tako, da dobimo signal frekvence 1 Hz za pogon ure. Dolgovalovni sprejemnik sprejema časovne signale oddajnika DCF 77. Z impulzi časovnega sprejemnika se avtomatsko kontrolira in popravlja tek ure, tako da ta teče na 0,001 s natančno. Vse stalne in prenosne potresne opazovalnice z analognimi seizmografi so bile opremljene z urami UK-03 in sprejemniki DS-02.

Prenosne opazovalnice

V letih 1989-1990 so na Seizmološkem zavodu nabavili dva prenosna pisacha PS-2. Pisačema so dodali vertikalni seizmometer Vegik in dobili so prenosni enokomponentni seizmograf (slika 28). Oba seizmografa so občasno postavljali na območja s povečano potresno aktivnostjo. Danes je prvi postavljen v Brezjah pri Senušah, kjer beleži predvsem seizmičnost Krško-brežiškega polja in okolice, drugi pa v Braniku nad Muto, in zapisuje seizmičnost v Bistriškem jarku in okolici. Seveda obe opazovalnici beležita tudi nekatere oddaljenejše potrese, vendar to ni njun glavni namen. Seizmograf je opremljen z notranjo baterijo, ki napaja inštrument v slučaju izpada omrežne napetosti, da beleženje podatkov ni prekinjeno. Dva koračna motorja poganjata valj s papirjem in pero. Hitrost vrtenja valja lahko izbiramo s preklopnikom na kontrolni plošči, prav tako tudi vzdolžni pomik peresa. Obe kontroli omogočata zapisovanje od 12 ur do 8 dni na en list papirja v kombinaciji s hitrostmi vrtenja valja, ki so 15 mm/min, 30 mm/min, 60 mm/min, 120 mm/min in 240 mm/min. Pisac je opremljen z uro s termostatiranim oscilatorjem s kremenovim kristalom in z možnostjo sinhronizacije z zunanjim sprejemnikom časovnih signalov in s seizmografskim ojačevalnikom z 72 dB ojačenja, nizkim, visokim in Wood Anderson sitom. Ojačenje je nastavljivo z dvanajststopenjskim preklopnikom. Izhod ojačevalnika je dostopen tudi na zunanjem konektorju in omogoča priklop drugega pisacha. Pri nizkem situ lahko izbiramo pet mejnih frekvenc ali ga izklopimo iz vezja. Visoko sito ima tri mejne frekvence. Ker kvaliteta ure ni odgovarjala zahtevam seizmološke službe, so seizmografu dodali uro UK-03 s časovnim sprejemnikom DS-02. Zgradba pisacha PS-2 omogoča povezavo več pisachev skupaj na isti časovni sistem, tako da je možno sestaviti trikomponentno konfiguracijo. Na sliki 29 je prikazan del zapisa seizmografa.

Digitalni seizmografski sistemi

V času velikega napredka digitalne tehnologije se je izpopolnila tudi oprema za beleženje potresov. Analogni instrumenti imajo kar nekaj pomankljivosti v primerjavi z digitalnimi. Majhno dinamično območje in majhno ločljivost, ki je v najboljšem primeru okrog 40 dB, omogoča zapis potresov, katerih jakost je v razmerju 1:100. Največje magnitude lokalnih potresov, ki jih še registriramo, se gibljejo med 2,5 in 4 po Richterju, kar je odvisno tudi od oddaljenosti žarišča potresa od opazovalnice. Če povečamo občutljivost seizmografa, lahko zapisujemo šibke potrese, instrument pa je pri močnejših potresih prekrmljen. Vstopnih časov posameznih faz razen časa



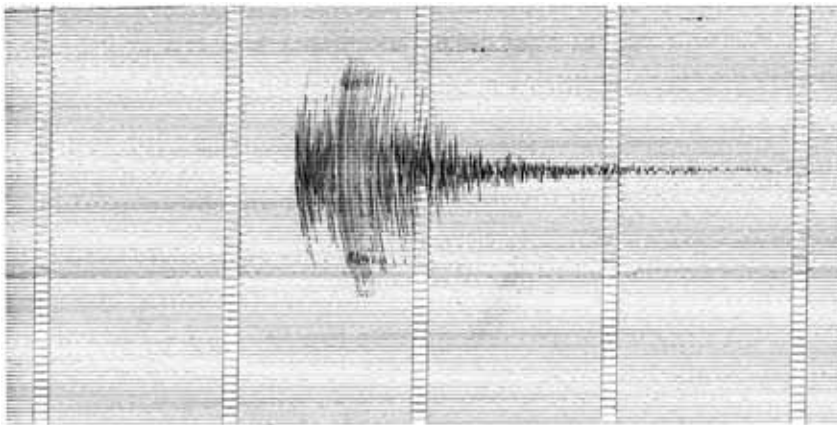
Slika 25. Seizmometri Willmore MkII na stebru na opazovalnici v Cerknici.

Figure 25. Willmore MKII seismometers installed on the pier in the seismic station Cerknica.



Slika 26. Pisači VR-2 so v kovinskem ohišju; na srednji polici so seizmografskimi ojačevalniki SO-03, ura UK-03 in dolgovalovni sprejemnik časovnih signalov DS-02; na spodnji polici je stabilizirani usmernik (potresna opazovalnica Vojsko).

Figure 26. VR-2 recorders are in the rack; There are SO-03 seismographic amplifiers, UK-03 clock and longwave receiver on the middle shelf; stabilised rectifier is on the bottom shelf (seismic station Vojsko).



Slika 27. Zapis vertikalne komponente potresa 31. avgusta 2005 ob 21. uri in 55 minut po UTC z epicentrom v okolici Loga Čezsoškega (potresna opazovalnica Vojsko).

Figure 27. Vertical component's record of the earthquake on 31 August 2005 at 21:55 UTC with epicentre near Log Čezsoški (seismic station Vojsko).

06.05.06

-1-05-2005

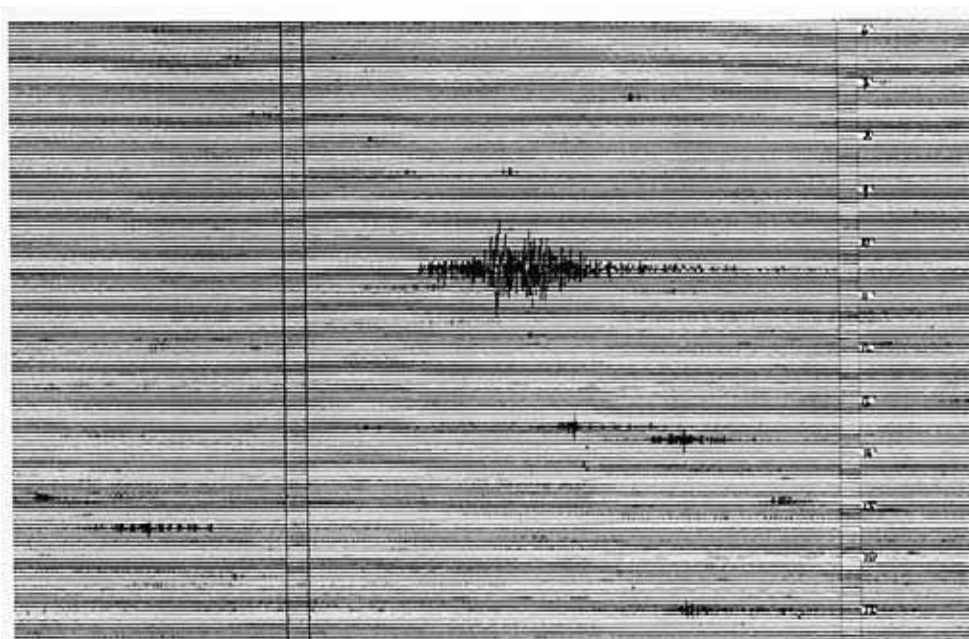
STATION	VOY	COMP	Y	INSTR	SK66AAT
DATE ON	31.8.2005	TIME ON	21:55	CORR	00
DATE OFF	1.9.2005	TIME OFF	00:00		
Ts		Tg		AMPL	8X
				FILTER	

GRND MUT



Slika 28. Prenosni enokomponentni pisar PS-2 z vgrajenim seizmografskim ojačevalnikom.

Figure 28. Portable one component PS-2 drum recorder with built in seismograph amplifier.



Slika 29. Zapis potresa 15. januarja 1996 ob 10. uri in 29 minut po UTC z epicentrom v okolici Zagreba na Hrvaškem.

Figure 29. The record of the earthquake on 15 January at 10:29 UTC with epicentre near Zagreb, Croatia.

vstopa primarnih valov in drugih parametrov ne moremo odčitati. Pri manjši občutljivosti seizmografa imamo zabeležene močnejše potrese, šibkejši pa ostanejo nezapisani. Pri sunkovitih odklonih peresa je dotok črnila v pero premajhen in sled zapisa je pretrgana. Pri optičnih pisarjih je pot svetlobnega žarka preko fotografskega papirja prehitra, da bi prišlo do zadostne osvetlitve papirja. Pri bližnjih in lokalnih potresih je zaradi prekratke dolžine minute težko določiti začetke in dolžine period posameznih faz potresa. Tudi povečan seizmični nemir otežuje točno odčitavanje vstopnih časov pri analizi potresa. Ker je potres pojav, ki ponavadi prizadane večje območje zemeljske površine, so potrebni podatki večjega števila potresnih opazovalnic za določitev par-

ametrov. Hitrejša analiza seizmogramov pomeni tudi hitrejšo izmenjavo podatkov z drugimi seizmološkimi centri. Da pa bi k analizi lahko pristopili, je pri vidljivih zapisih potrebno zamenjati papir, pri zapisih na fotografski papir pa je potrebna še fotografska obdelava zapisov.

Digitalni seizmograf sestavljata seizmometer, ki v odvisnosti od nihanja Zemlje na svojem izhodu daje analogen signal, in zajemalna naprava, v kateri je na začetku pretvornik analognega signala v digitalno obliko. V napravi je potem še vrsta sklopov za opremljanje zapisov s časom, nastavitvijo proženja, shranjevanjem podatkov, prenosom podatkov, sprejemnikom točnega časa, napajanjem, kar je vse odvisno od proizvajalca. Dinamično območje in ločljivost sta veliko večja in ju v glavnem določa stopnja analogno digitalne (A/D) pretvorbe. V prvih digitalnih seizmografih so se na začetku uporabljali 12 bitni A/D pretvorniki, dinamično območje pa je bilo možno povečati z avtomatskim stopenjskim spreminjanjem ojačenja predojačevalnika (angl.: gain-ranging) v odvisnosti od amplitude seizmičnega signala. Pri večjih amplitudah se je predojačenje avtomatično zmanjšalo, tako da ni prišlo do rezanja amplitude signala pri močnejših potresih. Danes vsi proizvajalci seizmološke opreme v svoje aparature vgrajujejo 24 bitne A/D pretvornike. Pri 24 bitni A/D pretvorbi znaša dinamično območje 144 dB, kar pomeni razmerje signala 1 : 16000000. Z enim seizmografom lahko beležimo šibke in tudi najmočnejše potrese.

Prednosti digitalnega zapisa pa se pokažejo pri obdelavi podatkov na računalniku. Hiter je prenos zapisa potresa v računalnik, ki potem opravi avtomatsko združevanje zapisov posameznih opazovalnic v dogodke in avtomatsko izračuna parametre dogodka. Vse analize lahko naknadno pregleda seizmolog, razvrsti dogodke na potrese in druge pojave in vnese popravke analize, če je potrebno. Pri analizi potresa na računalniku si lahko razširimo določen del seizmograma. Neželjene frekvence motenj v seizmogramu odstranimo z ustrežno izbiro filtra. Možno je vrtenje osi seizmografa v željeno smer za poljuben kot za lažje odčitavanje posameznih faz valovanja. Nastavitev vzorčenja signala sensorja nam omogoča vzorčenje lokalnih potresov, v katerih so zastopane višje frekvence z visoko frekvenco vzorčenja in vzorčenje dolgoperiodnih pojavov z nižjo frekvenco vzorčenja, kar nam prihrani prostor v pomnilniku. Pri arhiviranju seizmogramov ne shranjujemo več celodnevni neprekinjenih zapisov, temveč samo dele s koristno informacijo. Tudi mediji za shranjevanje (diskete, magnetni trak, optični diski, zapisljive zgoščenke) zavzamejo manj prostora v arhivih.

Leta 1990 je začel delovati v ljubljanski potresni opazovalnici na Golovcu prvi digitalni seizmograf. Instrument SSR-1 (slika 30) podjetja Kinometrics je imel šest kanalov, ki so omogočali priključitev dveh trikomponentnih senzorjev. Na prvih treh so bili priključeni širokopasovni vertikalni in dva horizontalna seizmometra WR-1, na drugih treh pa trikomponentni akcelerometer FBA-23. Zapisi so se shranjevali v pomnilnik RAM. Največja frekvenca vzorčenja je bila za en kanal 1000, pri treh kanalih 500, pri šestih kanalih pa 200 vzorcev v sekundi. Zajemanje podatkov je lahko potekalo neprekinjeno ali pa v prozilnem načinu delovanja, ko se zajemanje podatkov sproži ob izpolnitvi določenega pogoja in traja v naprej predpisanem časovnem oknu. V seizmografu je bila točna ura z oscilatorjem s kremenovim kristalom, ki se je sinhronizirala s časovnim sprejemnikom Omega. 16 bitna A/D pretvorba je zagotavljala 96 dB dinamike, občutljivost aparature pa je bila povečana s predojačevalnikom z nastavljivim ojačenjem po 20 dB in največ 60 dB ojačenja. Na prednji plošči sta bila tudi paralelni in serijski priključek za komunikacijo z računalnikom. Paralelni priključek smo uporabljali za prenos podatkov iz pomnilnika seizmografa v računalnik. Med prenosom podatkov zajemanje podatkov ni bilo prekinjeno. Serijski priključek je služil za upravljanje seizmografa, spreminjanje parametrov, kontrolo delovanja in tudi prenos podatkov v računalnik. Vendar se je ta vrsta prenosa podatkov redko uporabljala, ker med serijskim prenosom seizmograf ni zajemal podatkov. Zaradi majhnega pomnilnika je bilo potrebno dnevno preverjati zasedenost pomnilnika in prenesti zabeležene podatke na računalnik. Na sliki 31 je prikazan zapis preboja zvočnega zidu vseh treh komponent seizmografa.

WR-1 je širokopasovni seizmometer, ki ga lahko uporabljamo kot vertikalni ali horizontalni senzor s preprostim posegom na centrini vzmeti. Kapacitivni pretvornik in elektronska povratnozančna regulacija zagotavljata širokopasovnost inštrumenta. Na izhodu seizmometra

lahko izbiramo med signalom, sorazmeren hitrosti ali pospešku nihanja zemlje. Seizmometer ima utež z maso 1,45 kg. Za kalibracijo je vgrajena kalibracijska tuljava za določanje frekvenčnega odziva senzorja.

Akcelerometer FBA-23 je merilnik pospeškov, ki deluje na principu ravnovesja sil, s kapacitivnim pretvornikom z elektromagnetno povratno zanko. Premik uteži kompenziramo s povratno električno generirano silo. Utež ostaja v ravnovesni legi, merimo pa električni tok, ki zagotavlja to ravnovesje. V vodotesnem ohišju so vse tri med seboj pravokotno postavljene komponente. Zaradi boljšega stika s podlago mora biti akcelerograf pritjen z vijakom na tla. Zaradi vse večje uporabe sistema GPS (Global Positioning System) je 30. septembra 1997 prenehal delovati dolgovolnovni navigacijski sistem Omega, ki smo ga uporabljali za korekcijo notranje ure instrumenta. Na seizmografu SSR-1 ni bilo več opremljanja zapisov potresov s točnim časom, tako da instrument ni bil več primeren za določevanje koordinat žarišča potresov. Seizmograf smo uporabljali samo še za terenske meritve seizmičnega nemira (slika 32).

Z zakonom o organizaciji in delovnem področju ministrstev, ki je bil objavljen v Uradnem listu RS 18. novembra 1994, je bil Seizmološki zavod Republike Slovenije priključen tedanjemu Ministrstvu za varstvo okolja in urejanje prostora in preimenovan v Upravo Republike Slovenije za geofiziko (URSG).

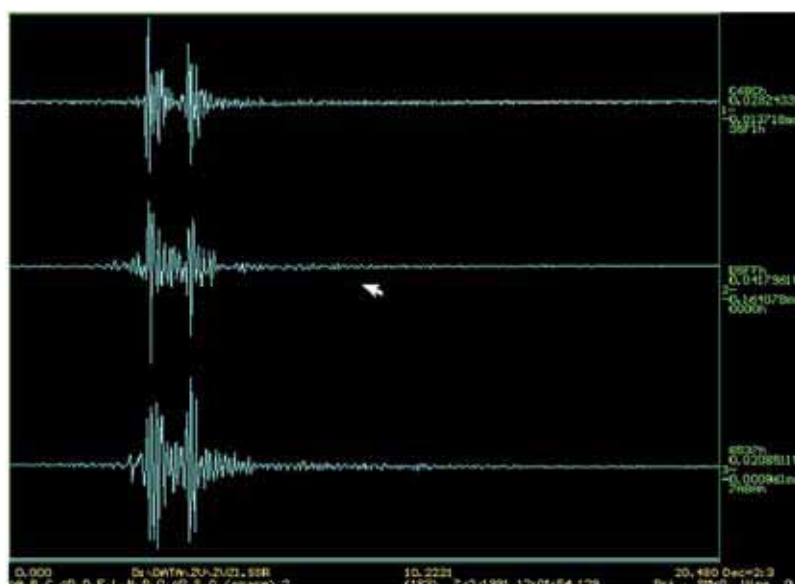
Slika 30. Digitalni šestkanalni seizmograf SSR-1 s 16 bitno A/D pretvorbo, ki omogoča dinamično območje 96 dB; nastavitve parametrov in pregled ter analiza zapisov poteka na osebni računalniku.

Figure 30. Digital 6 channels SSR-1 seismograph with 16 bits A/D conversion which enables 96 dB dynamic range; parameters' setting, data overview and analysis are performed on PC.



Slika 31. Zapis preboja zvočnega zidu letala nad Ljubljano 2. julija 1991 ob 12 uri in 1 minuti po UTC z digitalnim seizmografom SSR-1.

Figure 31. Record of the breakthrough the sound barrier over Ljubljana on 2 July 1991 at 12:01 UTC.





Slika 32. Terenske meritve seizmičnega nemira z instrumentom SSR-1.

Figure 32. Field measurements of seismic noise performed by SSR-1.

Od leta 1993 so delovali trije seizmografi Reftek podjetja Refraction Technology s trikomponentnimi širokopasovnimi seizmometri CMG-40T podjetja Güralp. Model 72A-02, ki je stalno obratoval na observatoriju na Golovcu v letih med 1993 in 1998, je 6 kanalna zajemalna aparatura s 16-bitno A/D pretvorbo, z možnostjo shranjevanja 8 različnih vrst podatkov istočasno, ki jih tvori poljubna kombinacija vhodnih kanalov. Vsaka podatkovna skupina ima lahko svojo lastno frekvenco vzorčenja, ki je nastavljiva med 1 in 1000 vzorci na sekundo. Vsak kanal ima 7 stopenjski predojačevalnik, katerega ojačenje je programsko nastavljivo med 0 in 78 dB. Za opremljanje seizmogramov s časom ima notranjo uro z oscilatorjem s kremenovim kristalom, ki je kontrolirana s signalom GPS (Global Positioning System) časovnega sprejemnika. Zajem podatkov lahko sprožimo s sedmimi različnimi načini proženja: dogodkovno, časovno nivojsko, radijsko, zunanjo, kontinuirano in proženje Cross. Notranji pomnilnik ima kapaciteto 512 kB. Ko je 2/3 pomnilnika polnega, se podatki preko vmesnika SCSI prenesejo na zunanji trdi disk. Delovanje seizmografa, nastavitvev in spreminjanje parametrov pa tudi prenos podatkov opravimo z osebnim računalnikom po serijskem RS232 priključku.

Seizmometer CMG-40T je trikomponentni širokopasovni senzor s kapacitivnim pretvornikom in elektromagnetno povratno zanko. Izhodni signal je proporcionalen hitrosti. Pasovna širina je od 0,033 do 100 Hz, dinamika 145 dB. Vertikalna in horizontalni komponenti so narejene identično. Ročico nihala, katerega lastna perioda je okrog 10 Hz, držita v ravnovesju dve listnati vzmeti. Nastavitvev ravnovesne lege nihala je elektronska. Senzor je kritično dušen.

Druga dva seizmografa sta model 72A-07/DAT. Trikanalna naprava s 24-bitno A/D pretvorbo ima 126 dB veliko dinamično območje. Opremljen je z notranjo kasetno enoto DAT s kapaciteto 1,3 GB podatkov. Ker je bila kasetna enota občutljiva na temperaturo in vlago okolice, je bilo njeno delovanje nezanesljivo. Kasetno enoto smo v obeh aparataturah zato zamenjali s trdim diskom. Frekvenca vzorčenja je nastavljiva stopenjsko med 25 in 1000 vzorci na sekundo. Notranja ura je kontrolirana s časovnim sprejemnikom Omega. Vsak kanal ima predojačevalnik z največjim ojačenjem 30 dB, ki ga lahko izključimo. Parametre nastavljamo in spreminjamo po RS232 serijskem priključku z osebnim računalnikom. Na sliki 43 je zapis potresa tega seizmografa. Oba seizmografa smo uporabljali na začasnih opazovalnicah v Horjulu in Cesti pri Krškem, po potresu v zgornjem Posočju leta 1998 pa kot prenosni opazovalnici za beleženje popotresnih sunkov (slika 33). Prikaz zapisov potresov in njihova analiza poteka na osebnem računalniku.

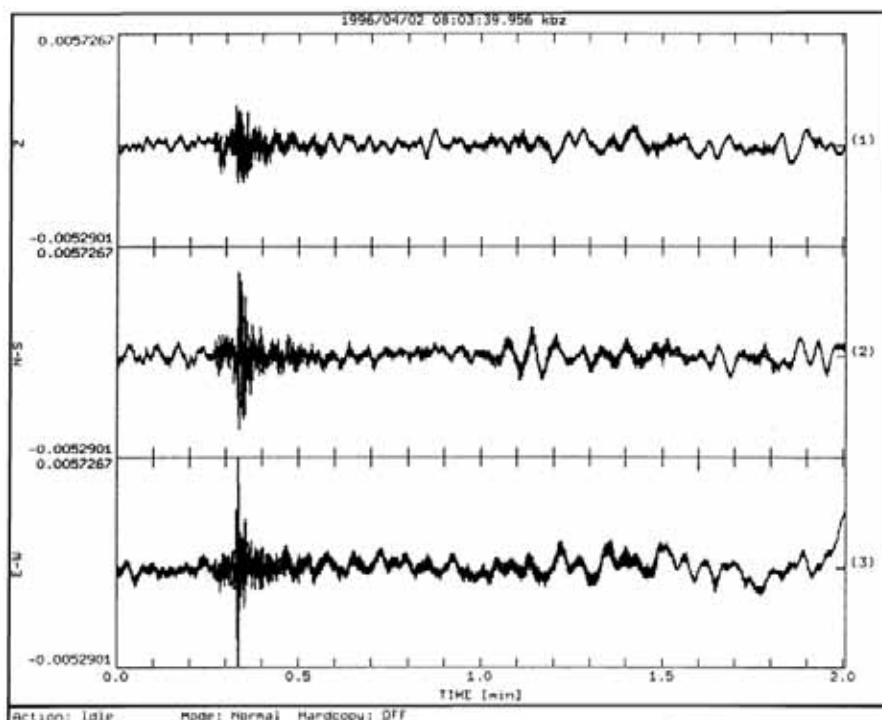
Seizmološka mreža s prenosom podatkov v središče

V letu 1996 smo uspeli zgraditi dve novi potresni opazovalnici, ki sta nujno potrebni v načrtovani državni mreži potresnih opazovalnic za izboljšanje poznavanja seizmičnosti slovenskega ozemlja. Prvo smo postavili na območje Kozjanskega, v Dobrini jugozahodno od Šentjurja pri Celju. V štirimetrskem betonskem jašku je nameščen širokopasovni trikomponentni seizmometer. Ostala



Slika 33. Začasna postavitve seizmografa Reftek 72A-07/DSK za beleženje popotresne aktivnosti v Posočju.

Figure 33. Temporary installation of Reftek 72A-07/DSK to monitor aftershocks in Posočje.



Slika 34. Zapis lokalnega potresa 2. aprila 1996 ob 8. uri in 3 minute po UTC na območju Krškega polja.

Figure 34. The record of the local event on 2 April 1996 at 8:03 UTC in Krško region.

oprema se nahaja v kiosku, ki je postavljen nedaleč od jaška.

Drugo potresno opazovalnico smo postavili v vasi Cesta pri Krškem in je namenjena boljšemu spoznavanju seizmičnosti Krško - brežiškega polja. Ker je trdna skalnata podlaga tik pod tanko plastjo zemlje, ni bila potrebna gradnja jaška. Trikomponentni širokopasovni seizmometer se nahaja skupaj s prenosno elektronsko opremo v omarici, ki je postavljena neposredno na skalnato podlago. 24-bitna analogno digitalna pretvorba signalov omogoča 144 dB dinamično območje, kar pomeni, da tudi najmočnejši potresi na tem območju ne morejo prekrmiti naprave. Opazovalnica je opremljena s sprejemnikom točnega časa. Deluje v prožilnem načinu. Ob potresu se sproži zajemanje podatkov, ki se najprej shranjuje v trenutnem pomnilniku, ko pa je ta poln, se podatki prenesejo na kaseto DAT.

Posodobljena je bila oprema na potresnih opazovalnicah v Bojancih v Beli krajini in v Braniku nad Muto v Bistriškem jarku. Nameščena sta bila trikomponentna širokopasovna digitalna seizmografa, ki sta del digitalnega omrežja petih opazovalnic s centralnim upravljanjem na observatoriju Uprave RS za geofiziko na Golovcu v Ljubljani in s prenosom podatkov iz opazovalnic v središče za obdelavo podatkov po klicnih telefonskih linijah.

V letu 1996 smo začeli nameščati na potresne opazovalnice digitalne sisteme, med seboj povezane v omrežje podjetja Nanometrics. Omrežje so tvorile opazovalnice v Bojancih (VBY), Dobrini (DOBS), Braniku nad Muto (BISS), na Golovcu v Ljubljani (LJU) in od leta 1997 v Cesti pri Krškem (CESS) in v Goričicah ob Cerkniskem jezeru (CEY). Komunikacija med opazovalnicami in središčem za obdelavo podatkov je potekala po klicnih telefonskih linijah, seizmografa na Golovcu in v Cesti pa sta bila povezana z računalnikom za zbiranje in analizo podatkov po računalniškem omrežju.

Opremo na potresni opazovalnici sestavlja seizmometer, digitalizator (analogno digitalni pretvornik) osebni računalnik za zajem, obdelavo in pošiljanje podatkov ter brezprekinitvenim napajanjem. Seizmometer in digitalizator sta nameščena v seizmičnem jašku, računalnik in brezprekinitveno napajanje pa v bližnjem objektu.

Nihanju Zemlje sorazmeren analogni signal na izhodu seizmometra digitalizator pretvori v podatkovni niz in ga preko prilagoditvenega vezja vodimo na vhodno enoto računalnika. Uporabljali smo osebni računalnik IBM s 66 MHz procesorjem in operacijskim sistemom OS/2, ki je takrat edini omogočal večopravilno delovno okolje, z dodatno vgrajenim vhodnim komunikacijskim procesorjem, sprejemnikom GPS, modemom, stražnim mehanizmom in programsko opremo NAQS. Vhodni komunikacijski procesor ima dve vhodni serijski komunikacijski liniji za neprekinjen prenos in procesor za predhodno obdelavo podatkov. Stražni mehanizem deluje v povezavi s pripadajočim programom in omogoča avtomatsko ponovno delovanje sistema ob nenamernih napakah delovanja programske opreme. Če se za delovanje kritični del programske opreme ustavi, ga varovalni program izključi in ponovno zažene. Če to ni možno, stražni mehanizem ugasne in ponovno zažene računalnik. Točen čas sprejemnika GPS služi za sinhronizacijo delovanja Vhodnega procesorja in za opremljanje zapisov s točnim časom.

Programska oprema NAQS je zapisovala in shranjevala vse prihajajoče podatke v krožni pomnilnik na trdem disku. Velikost krožnega pomnilnika je odvisna od velikosti trdega diska in omogoča shranjevanje neprekinjenih podatkov do 10 dni, novi prihajajoči podatki pa se neprekinjeno prepisujejo preko najstarejših. Časovna sinhronizacija je izvedena z vgrajenim sprejemnikom točnega časa GPS in zagotavlja sovpadanje dogodkov na vseh opazovalnicah omrežja. Brezprekinitveno napajanje zagotavlja nekajdnevno delovanje sistema ob izpadu omrežne napetosti.

Seizmometer CMG-40T je trikomponentni seizmometer s hitrostnim odzivom s frekvenčnim območjem med 50 Hz in 0.03 Hz in dinamičnim območjem večjim od 145 dB. Seizmometer meri hitrost nihanja podlage. V ohišju se nahajajo trije senzori, ki so postavljeni pravokotno drug na drugega z natančnostjo manjšo od 0,2°, kar omogoča prostorsko oceno hitrosti nihanja podlage.

Slika 35. Seizmometer Güralp CMG-40T in Nanometrics RD-3 digitalizator v seizmičnem jašku.

Figure 35. The seismometer Güralp CMG-40T and Nanometrics RD-3 digitizer are installed in seismic shaft.



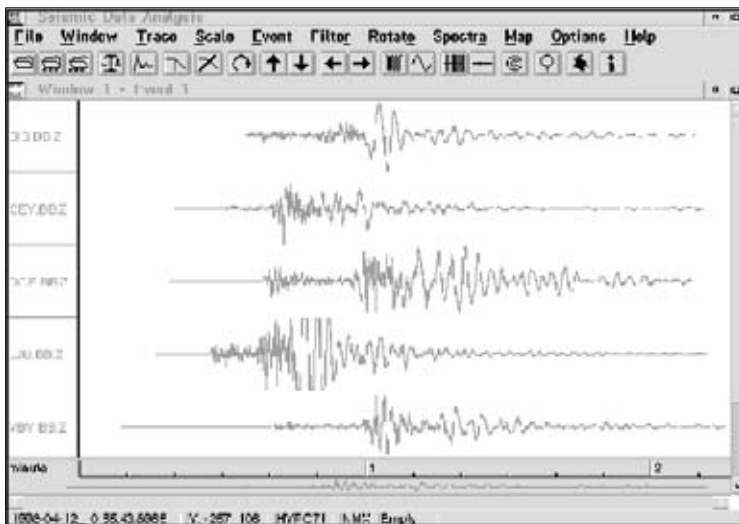
Slika 36. V objektu poleg seizmičnega jaška se nahaja računalnik s sprejemnikom točnega časa, programsko opremo za zajem in lokalno shranjevanje podatkov, komunikacijo s centralnim računalnikom, ter brezprekinitveno napajanje za oskrbo aparatur z električno energijo ob izpadu omrežne napetosti.

Figure 36. The building near seismic shaft contains a computer with an accurate time receiver, software for acquiring and saving recordings and for communication with the central computer; it also has an uninterrupted power supply for the operation of instruments during a loss of mains voltage.



Slika 37. Zapis vertikalnih komponent potresa 12. aprila 1998 ob 10 uri in 55 minut po UTC v Posočju na centralnem računalniku.

Figure 37. The record of vertical components of the earthquake on 12 April 1998 at 10:55 UTC in Posočje on central computer.



Postavljen je na podlago tako, da senzori kažejo v smeri sever-jug, vzhod-zahod in v vertikalni smeri. Senzor je kondenzatorski merilnik premikov z elektromagnetno povratno zanko. Silo v povratni zanki, ki povzroči, da utež z maso 36 g (oziroma 34 g za vertikalni senzor) kljub nihanju tal ostaja v ravnovesni legi, ustvarimo s pomočjo dveh parov tuljav. Zaradi povratne zanke se utež minimalno premakne iz ravnovesne lege. Senzor je opremljen še s kalibracijsko tuljavo za preverjanje kvalitete delovanja sensorja. Odziv sistema na nihanje tal (hitrostni odziv) je raven v območju od 0.033 Hz do 50 Hz (slika 35).

Na petih opazovalnicah je bil za analogno - digitalno pretvorbo uporabljen 16 bitni digitalizator RD-3 1639, ki z mikroprocesorskim nadzorom predojačevalnika s spremenljivim ojačenjem omogoča 132 dB veliko dinamično območje. Predojačevalnik deluje tako, da se ob porastu amplitude vhodnega signala takoj zmanjša ojačenje. Nastavitve digitalizatorja je možno nastavljati na računalniku, prav tako pa omogoča kalibriranje s sinusnim, naključnim in pulznim signalom. 8-bitni digitalno analogni pretvornik generira kalibracijski signal in ga dovaja neposredno na kalibracijsko tuljavico seizmometra.

Na šesti opazovalnici (CESS) smo namestili novejši digitalizator HRD-24 s sigma-delta analogni digitalnim pretvornikom z ločljivostjo 120 dB in z možnostjo nastavitve občutljivosti. Ima vgrajeno notranjo uro s temperaturno kompenziranim kremenovim oscilatorjem in kontroliranim sprejemnikom GPS za označevanje zapisov s točnim časom. Vhodni signali na treh kanalih so digitalizirani s frekvenco vzorčenja od 10 vzorcev do 1000 vzorcev na sekundo. Podatki se po serijski povezavi prenašajo in shranjujejo v krožnem pomnilniku osebnega računalnika (slika 36).

Sistem je deloval tako, da je programska oprema na računalnikih na opazovalnicah med kontinuiranim zajemanjem in shranjevanjem podatkov v krožni pomnilnik, tudi po v naprej postavljenem algoritmu avtomatsko zaznavala in določila dogodke. To informacijo je poslala po v naprej predpisanem urniku v centralni računalnik v središču za obdelavo podatkov. Skupaj s programsko opremo na centralnem računalniku je bil sestavljen seznam dogodkov na opazovalnicah. Poseben program je iz podatkov določil potrese in sprožil prenos zapisov dogodkov v centralni računalnik. Zaradi prenosa podatkov po klicnih telefonskih linijah je bil celoten postopek od zaznavanja, prepoznavanja in prenosa zapisa potresa v centralni računalnik precej počasen (do 1 ure), kar se je pokazalo kot velika pomanjkljivost ob močnem potresu v zgornjem Posočju 12. 4. 1998, ko ni bilo takoj po potresu podatkov o jakosti in lokaciji žarišča potresa. Po potresu smo povečali hitrost prenosa podatkov iz opazovalnic v središče s spremembo klicnih telefonskih linij v najete linije in vključitvijo vseh opazovalnic v državno računalniško omrežje (HKOM). Prav tako smo spremenili programsko opremo in dodali program za samodejno določanje vstopnih časov valov P in S in lokalne magnitude. Ko lokalni detektorji na opazovalnici zaznajo dogodek, takoj samodejno pošljejo zapis v posebno bazo v centralnem računalniku. Pri močnejšem potresnem sunku imamo v bazi skoraj istočasno zapise z vseh opazovalnic, kar omogoča hitro analizo potresa (slika 37).

Modernizacija državne mreže potresnih opazovalnic

Potres v zgornjem Posočju 12. aprila 1998, ki je povzročil veliko škodo na širšem potresnem območju, je pokazal na pomanjkljivo opremljenost slovenske seizmološke službe, da bi hitro in dovolj natančno posredovala podatke o osnovnih potresnih parametrih (Lapajne, Sinčič in Živčič, 1998). Izkazalo se je, da javne službe in širša javnost pričakujejo ustrezno informacijo o potresu in prizadetem območju v bistveno krajšem času, kot je bilo predvideno v načrtih pripravljenosti na potres. Zato je Vlada Republike Slovenije naložila Ministrstvu za okolje in prostor, takratni Upravi Republike Slovenije za geofiziko, da za vlado čim prej pripravi informacijo o potresnih opazovalnicah v državi in predloge ukrepov za posodobitev državnega potresnega opazovanja. Potres 31. avgusta istega leta v bližini Trebnjega na Dolenjskem je le še podkrepil potrebo po ukrepih, ki bi zagotovili učinkovito delovanje seizmološke službe. S sklepom vlade št. 932-00/98-2 z dne 13. maja 1999 je bil opredeljen okvirni časovni in finančni načrt za posodobitev državne

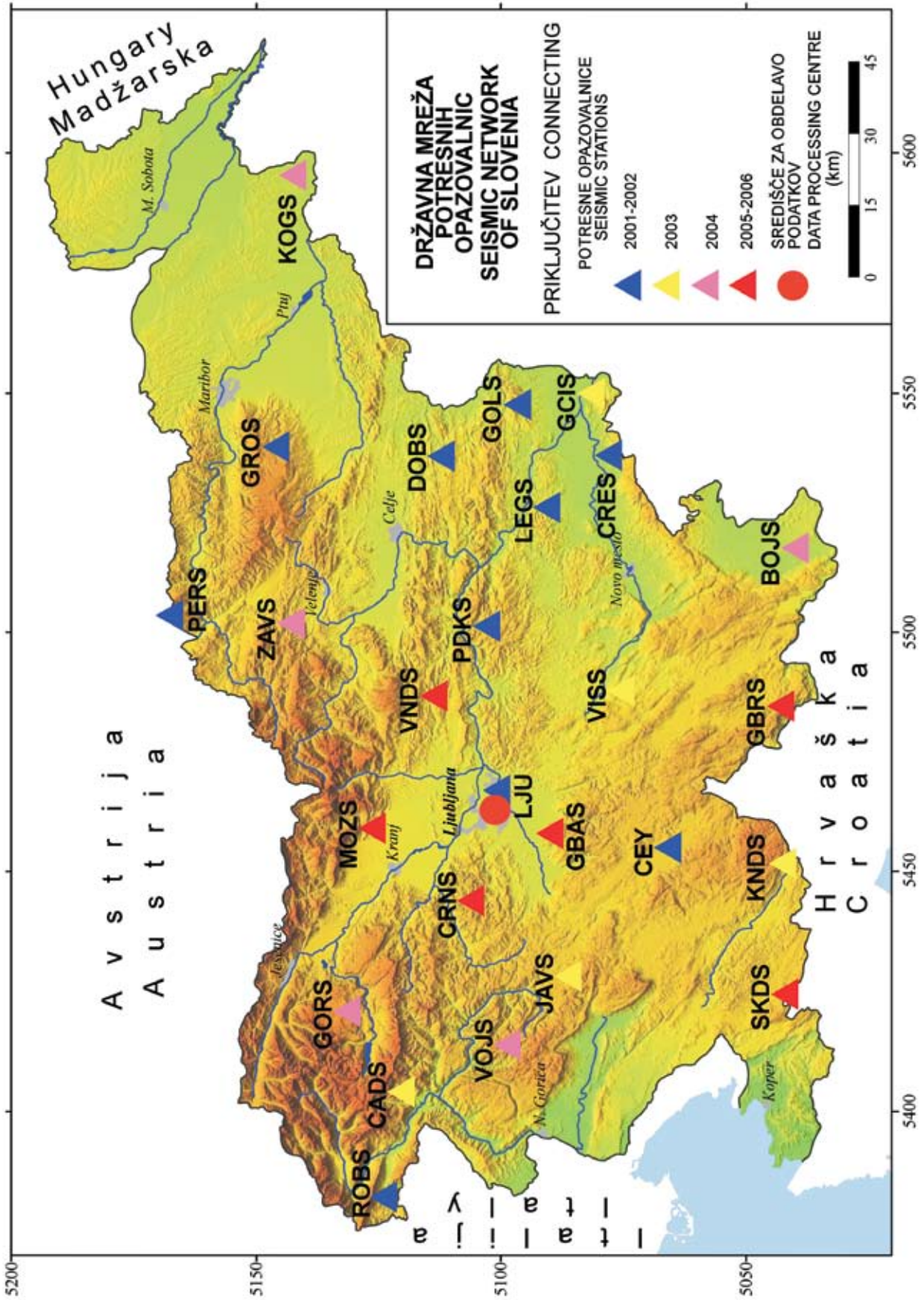
mreže potresnih opazovalnic. S sprejetjem Zakona o spremembah in dopolnitvah zakona o organizaciji in delovnem področju ministrstev je prišlo aprila 2001 do združitve Uprave RS za geofiziko, Hidrometeorološkega zavoda in Uprave RS za varstvo narave v Agencijo RS za okolje. V okviru Agencije je skrb za seizmologijo prevzel Urad za seizmologijo in geologijo. Posodobitev je postala ena od razvojnih nalog Agencije Republike Slovenije za okolje, ki je v okviru MOP pristojna za spremljanje potresne dejavnosti. Potresne opazovalnice so infrastrukturni objekti in štejejo med objekte posebnega pomena za izvajanje republiških javnih služb za obrambo in zaščito.

Potreba po zaznavanju in lociranju tudi šibkih potresov, ki sicer ne povzročajo škode, vendar veliko povedo o seizmičnih značilnostih posameznih območij, kar pomeni natančnejše poznavanje potresne dejavnosti in nevarnosti v Sloveniji, je narekovala začetek gradnje 25 potresnih opazovalnic. Ocenjeno število opazovalnic pri vseh magnitudah potresov zadostuje za preliminarno obveščanje javnosti, hkrati pa je to minimalno število, ki omogoča natančno opazovanje seizmičnosti Slovenije. Naloga izboljšane mreže potresnih opazovalnic je torej hitro in natančno avtomatično lociranje potresov, določanje potresnih parametrov, avtomatično alarmiranje in obsežnejše zbiranje podatkov o potresih.

Modernizacija omrežja potresnih opazovalnic se je začela z izdelavo projekta leta 2000. Leta 2001 smo začeli v okviru projekta posodobitve državne mreže potresnih opazovalnic s posodabljanjem starih in z gradnjo novih opazovalnic (slika 38). V Ljubljani smo vzpostavili novo središče za zajem in analizo podatkov. V opazovalnice v Ljubljani (LJU), Goričicah pri Cerknici (CEY) in Dobrini (DOBS) 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), Črešnjevca (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 Cirkniku 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 (BOJS) in na Vojskem (VOJS) zgradili novi opazovalnici in vanje namestili novo merilno opremo. Zgrajene so bile še tri nove: na Kogu v vzhodnem delu Slovenskih goric (KOGS), v Gorjušah na Pokljuki (GORS) in v Zavodnjah nad Šaleško dolino (ZAVS). V letu 2005 sta bili dokončani opazovalnici na Možjanci (MOZS) in na Črnem Vrh (CRNS) nad Polhovim Gradcem in v prvi polovici leta 2006 opazovalnici Vrh pri Dolskem (VNDS) in Skadanščina (SKDS). Opazovalnica v Gornji Brigi (GBRS) je začela delovati leta 2007, zadnja v Gorenji Brezovici pa leta 2008). Na vseh opazovalnicah razen v Robiču, Goričicah, Dobrini in Ljubljani je oprema, ki jo sestavljajo senzor, zajemalna enota, komunikacijska oprema za neprekinjen prenos podatkov v središče za obdelavo podatkov (SOP) in brezprekinitveno napajanje, nameščena v dveh jaških (slika 39) (Sinčič in sod, 2004, 2005, 2006, Tasič, 2003, 2005, 2006).

Potresne opazovalnice so opremljene s širokopasovnimi trikomponentnimi senzorji Güralp CMG 40 s frekvenčnim območjem med 30 s in 50 Hz, Güralp CMG 3ESPC s frekvenčnim območjem med 120 s in 50 Hz ter Streckheisen STS-2, ki deluje v območju 120 s in 50 Hz. Na opazovalnicah GOLS, LEGS, PDKS, VNDS in ZAVS so seizmometri nameščeni v vrtini. Na opazovalnicah BOJS, GORS, KOGS, LJU in SKDS je poleg seizmometra nameščen še akcelerometer Kinometrics EpiSensor. Seizmični signal je pretvorjen v digitalno obliko s 24 bitnim analogno-digitalnim (A/D) pretvornikom v zajemalni enoti Quanterra Q730. Signal vzorčimo s frekvenco 200 vzorcev na sekundo. V Q730 je vgrajen sprejemnik točnega časa GPS, za komunikacijo s centralno procesno enoto v središču za obdelavo podatkov v Ljubljani pa je vgrajena omrežna kartica Ethernet (slika 40).

Zajemalna naprava Quanterra Q730 omogoča več preskušanih načinov prenosa podatkov. Uporabnik določi vrstni red prenosa različnih vrst podatkov, kot so na primer posamezni dogodki ali neprekinjeno zajemanje nihanja Zemlje po enem kanalu z običajnim serijskim protokolom. Vgrajena kartica Ethernet omogoča uporabo računalniškega mrežnega protokola TCP/IP za prenos podatkovnih paketov, ki ima že vgrajen modul za odpravo napak med prenosom,



Slika 38. Državna mreža potresnih opazovalnic, ki je bila dokončana leta 2006.

Figure 38. Seismic network of Slovenia completed in 2006.

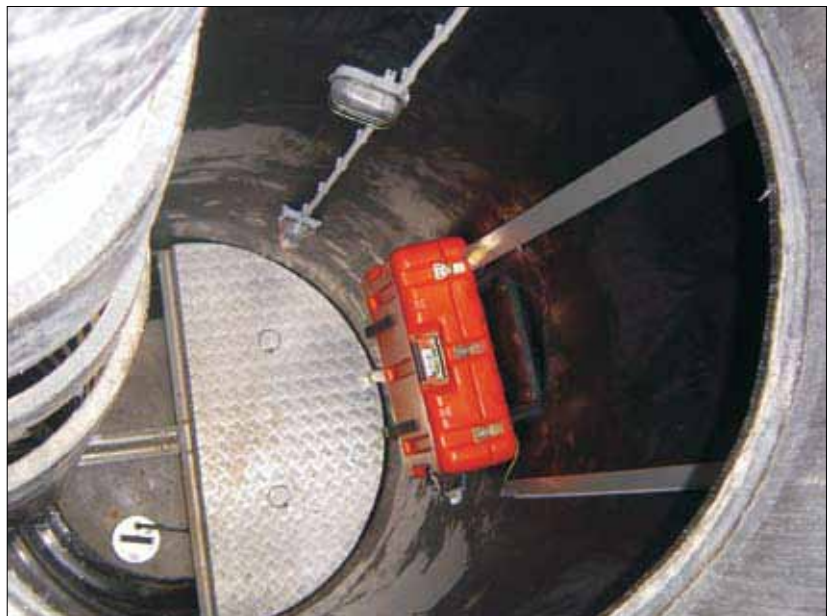
Slika 39. Potresna opazovalnica VOJS na Vojskem.

Figure 39. Seismic station VOJS on Vojsko plateau.



Slika 40. Pogled v jašek z merilnimi instrumenti. Senzor je postavljen na podlago in s toplotno izolacijsko steno ločen od preostalega prostora z zajemalno napravo.

Figure 40. View from above of the shaft with measuring instruments. The sensor is installed on a foundation and separated from the rest of the space, containing the acquisition unit, by a thermally insulated wall.



Slika 41. Pomožni jašek z brezprekinitvenim napajanjem in modemom ter usmerjevalnikom za prenos podatkov.

Figure 41. The auxiliary shaft with uninterrupted power supply, a modem and a router for the transfer of data.



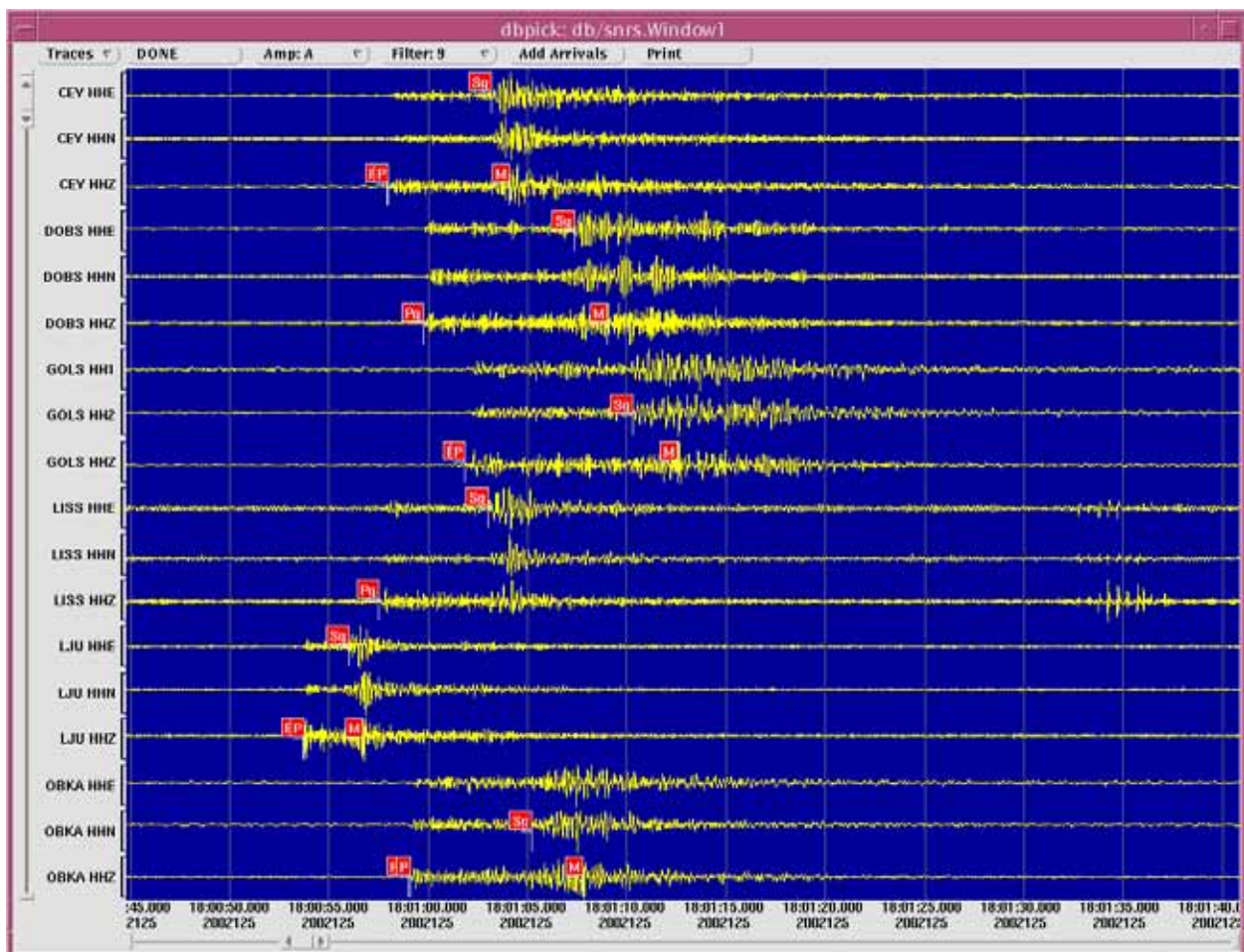
omogoča pa tudi nadzor delovanja merilnega sistema in nastavitve parametrov iz središča. Za trikanalni sistem je zahtevana največja prenosna hitrost 20,7 kb/s, za šestkanalni pa 39,5 kb/s. V praksi sta ti dve hitrosti zaradi kompresije podatkov pri prenosu nižji.

Ker smo kot državni organ vključeni v hitro komunikacijsko omrežje državnih organov (HKOM), ki je razvejano po celotni državi, smo vanj vključili tudi potresne opazovalnice.

Kjer ni bilo možnosti uporabe ADSL internetnih povezav, smo se odločili za prenos podatkov po fizičnih vodih (najete linije) do najbližje vstopne točke v HKOM. Tako so v HKOM po najetih linijah vključene potresne opazovalnice BOJS, CEY, CRES, GOLS, GORS, GROS, LEGS, MOZS, PDKS, PERS, SKDS in VNDS.

Nova tehnologija za prenos podatkov omogoča uporabo ADSL priključkov za zanesljiv in varen prenos podatkov po telefonskih linijah in zagotavlja širokopasovno povezavo ob precej nižjih stroških v primerjavi z najetimi linijami. Uporabo tega načina prenosa omejuje oddaljenost potresne opazovalnice od telekomunikacijske centrale, zato ta način prenosa podatkov zaenkrat uporabljamo z opazovalnic BISS, CADS, CRNS, DOBS, GBAS, KOGS, LJU, ROBS, VISS in VOJS.

Potresne opazovalnice so zaradi zahteve po čim manjšem seizmičnem nemiru, ki ga povzročajo urbana okolja, industrija in promet, umaknjene od naselij in zato tudi od komunikacijskih poti. Zaradi prevelikih stroškov napeljave telefonskih vodov smo za pet potresnih opazovalnic (GBRS,



Slika 42. Grafični vmesnik za prikaz avtomatskega določanja vstopov potresnih valov na posameznih potresnih opazovalnicah za avtomatski izračun parametrov potresa.

Figure 42. Graphic interface for the display of an automatic determination of earthquake wave input at individual seismic stations, which is used for automatic calculation of earthquake parameters.

GCIS, JAVS, KNDS in ZAVS) uporabili brezžični prenos podatkov s satelitsko internetno povezavo.

Vsi podatki, ki jih zajamejo instrumenti na potresnih opazovalnicah, se neprekinjeno prenašajo po računalniškem omrežju v središče za obdelavo podatkov v Uradu za seizmologijo in geologijo na Agenciji RS za okolje. Sistem, potreben za zajem podatkov z opazovalnic, sestavljajo dva strežnika SunFire V250 z operacijskim sistemom Solaris 9 in programsko opremo Antelope, delovna postaja SunBlade 100 za pregled zapisov in ročno analizo podatkov, tiskalnik HP 4050 za takojšnje tiskanje avtomatskih analiz potresov in tračna enota DLT Tape VS80 za arhiviranje podatkov. Vse enote razen tiskalnika so priključene na brezprekinitveno napajanje, ki omogoča večurno delovanje sistema ob izpadu omrežne napetosti.

Podatki neprekinjeno prihajajo v SOP v stvarnem času, kjer poteka takojšnja obdelava in začasno shranjevanje in samodejno obveščanje seizmologov o mogočih dogodkih. Programski paket Antelope skrbi za zajem in prenos podatkov, samodejno obdelavo in arhiviranje, interaktivni nadzor opreme na opazovalnicah, nadzor delovanja sistema, detekcijo dogodkov, interaktivno analizo, lociranje potresov in distribucijo seizmoloških podatkov (slika 42).

Programska oprema Antelope omogoča tudi samodejno obdelavo podatkov in pošiljanje obvestil. Potekata dve vrsti samodejne obdelave podatkov. Za obveščanje o potresih poteka obdelava močnejših dogodkov, rezultat pa so točno določeni parametri potresa. Za dnevno analizo dogodkov (slika 43) pa zahtevamo samodejno zaznavo čim več dogodkov, za katere ni potrebno, da so vsi potresi, niti ni potrebna točna analiza, saj vsak tak dogodek naknadno analizira seizmolog. Podatki samodejnih analiz močnejših potresov se shranjujejo v ločena pomnilnika.

Ko se v enem od obeh pomnilnikov pojavi paket s parametri potresa, se sprožijo procesi obveščanja. Postopki so v obeh primerih podobni, razlika je le v vstopnih podatkih. Podatki o



Slika 43. Seizmologinja pri vsakodnevem opravlilu v središču za obdelavo podatkov.

Figure 43. A seismologist during daily work in the Centre for Data Processing.

potresu se zapišejo v datoteko, natisnejo na tiskalnik v kontrolni sobi, razpošljejo po elektronski pošti in s sporočili SMS ter se postavijo na spletno stran (slika 44). Na spletni strani je poleg podatkov o potresu možno videti tudi zapise potresa in grafično predstavljeno lokacijo s podatki o postajah, ki so potres zaznale. S podatki z domače strani lahko dežurni seizmolog v večini primerov v nekaj minutah potrdi, ali gre za potres, v katerem delu Slovenije je bilo nadžarišče in oceni magnitudo. Če je potrebno, lahko dežurni seizmolog potres analizira iz seizmogramov, ki so prav tako dostopni prek domače strani (Vidrih, 2002, Vidrih in sod., 2003, 2004, 2005, 2006, Živčič in sod., 2005, 2006).

Zaključek

Ob 110-letnici slovenske instrumentalne seizmologije lahko zaključimo, da je bila slovenska seizmologija v svetovnem vrhu že koncem 19. stol., v 70-tih letih prejšnjega stoletja in je ponovno tudi danes. Začelo se je po ljubljanskem potresu 14. aprila 1895, ko se je Akademija znanosti na Dunaju odločila, da bo prva potresna opazovalnica v monarhiji postavljena prav v Ljubljani. Ob koncu 19. stoletja je bilo v Evropi le nekaj opazovalnic. Poleg opazovalnice v Potsdamu je bilo še nekaj opazovalnic v Italiji in Angliji (v Rusiji so vzpostavili omrežje opazovalnic leta 1902). Tako je že 18. septembra 1897 v kleti realke na Vegovi ulici v Ljubljani začela delovati prva potrebna opazovalnica pod vodstvom pionirja slovenske seizmologije dr. Albina Belarja in je uspešno delovala do leta 1919.

Po prvi svetovni vojni se ni na področju slovenske seizmologije dogajalo nič razen skromnih registracij preostanka Belarjevih instrumentov v Vrščah v Podhomu (Gorje pri Bledu). V okviru ljubljanske Univerze in njenega Inštituta za meteorologijo in geodinamiko so pod vodstvom dr. Arturja Gavazzija 1. decembra 1924 obnovili potresno opazovalnico. Razpolagala je z dvema neuporabnima Belarjevima seizmografoma in šele leto pozneje je novemu ravnatelju prof. O. Reyi uspelo kupiti sodobnejši horizontalni seizmograf konstruktorja Wiecherta. Kljub seizmografu pa si takratni »priučeni seizmologi« niso mogli kaj dosti pomagati, saj so vse registracije zbirali v Beogradu, kjer so izdajali tudi seizmološke biltene. Med drugo svetovno vojno so vse registracije izginile, po nekaterih podatkih naj bi zgorele med bombnim napadom na Beograd aprila 1941. Vsekakor je bila to velika izguba za slovensko seizmološko znanost.

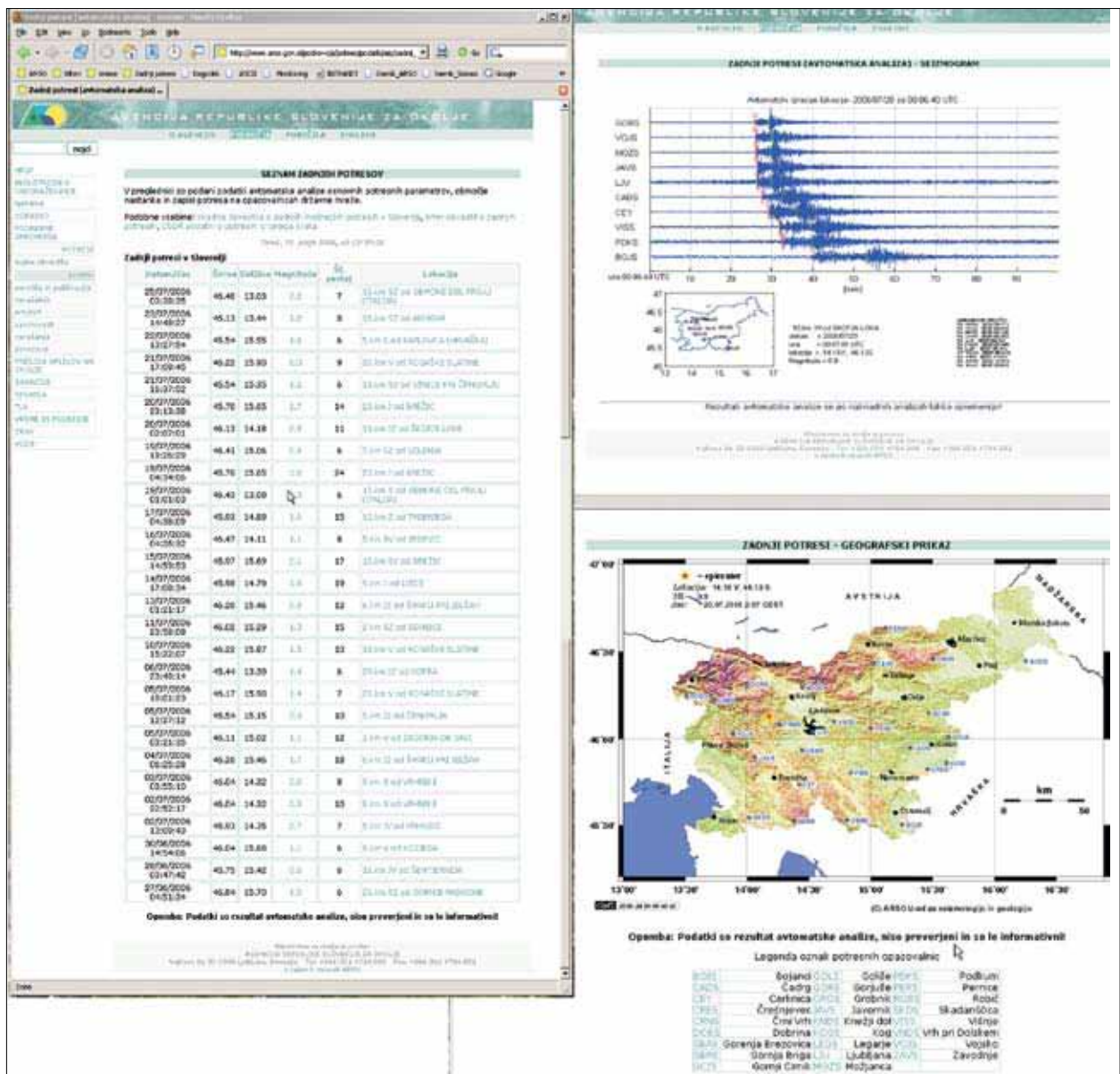
Svetovna seizmologija je napredovala, sledila so številna odkritja, predvsem v Združenih državah Amerike, takratni Sovjetski zvezi in na Japonskem. Jugoslavija in z njo Slovenija sta bili odmaknjeni od svetovnih razvojnih gibanj. Končno so se prebudili nekateri znanstveniki iz fizikalnega inštituta univerze in začeli leta 1954 obnavljati zelo načeto »vilo na Visokem«, kakor so imenovali dotrajan objekt na Golovcu. Obnovitvena dela so trajala do leta 1958, ko je končno nastal Astronomsko-geofizikalni observatorij Univerze v Ljubljani. V tem času pa so usposobili tudi seizmograf Wiechert. V prvi polovici leta 1958 so kupili še seizmograf Stuttgart konstruktorja Hillerja. Oba instrumenta sta začela redno beležiti potrese junija 1958, najprej poskusno, temu pa je sledilo neprekinjeno zapisovanje potresov, kar traja še danes. Instrument Hiller je bil zelo občutljiv, tako da je bilo mogoče z njim registrirati tudi močnejše potrese, ki so nastajali vsepovsod na Zemlji. Število zapisanih potresov se je znatno povečalo in omogočilo znanstveno obdelavo posameznih, predvsem domačih potresov. Začetek izdajanja rednih seizmoloških biltenov je slovensko seizmologijo ponovno uvrstil med enakopravne članice svetovne seizmologije.

Pomembna letnica je 1966, ko je uspelo slovenskim seizmologom kupiti več modernih instrumentov, predvsem kratkoperiodni Lehner-Griffith in dolgoperiodni seizmograf Sprengnether, oba ameriške izdelave. Nakup teh instrumentov je slovensko seizmologijo uvrstil v svetovno standardizirano seizmografsko omrežje in s tem med najboljše potresne opazovalnice na svetu.

V devetdesetih letih prejšnjega stoletja se je v Sloveniji začela gradnja samostojnih avtomatskih potresnih opazovalnic. Zaradi takratnih tehničnih zmožnosti je bila edina možna rešitev za povezavo med potresnimi opazovalnicami in središčem za obdelavo podatkov klicna telefonska linija. Potresno opazovalnico je sestavljala širokopasovni seizmometer Guralp CMG-40T, 16-bitni

A/D-pretvornik z dvostopenjskim predojačevalnikom z ločljivostjo 130 dB (pozneje 24-bitni) s frekvenco vzorčenja 200 vzorcev na sekundo hkrati na vseh treh kanalih, za manipulacijo podatkov pa je skrbel osebni računalnik IBM s procesorjem Intel 486 z operacijskim sistemom OS/2, posebno programsko opremo in vgrajenim sprejemnikom GPS. OS/2 je bil prvi večopravilni sistem za namizne računalnike. Omogočal je zajemanje podatkov v stvarnem času, neprekinjeno shranjevanje teh podatkov za vsaj štiri dni na lokalnem disku in manipulacijo podatkov ter vzpostavljane povezave s klicno telefonsko linijo.

Po potresu v zgornjem Posočju leta 1998 se je zanimanje za seizmologijo povečalo, tako je tudi vlada sprejela sklep o posodobitvi mreže potresnih opazovalnic. Potreba po zaznavanju in lociranju tudi šibkih potresov, ki sicer ne povzročajo škode, vendar veliko povedo o seizmičnih značilnostih posameznih območij, kar pomeni natančnejše poznavanje potresne dejavnosti in nevarnosti v Sloveniji, je narekovala začetek gradnje 25 potresnih opazovalnic. Obstoječe omrežje je do maja leta 2002 sestavljalo sedem opazovalnic, od tega šest opremljenih z digitalnimi seiz-



Slika 44. Ob potresu na območju Slovenije se nekaj minut po dogodku prikažejo osnovni podatki o potresu, zemljevid z lokacijo nadžarišča (rdeča zvezda) in zapisi potresa na opazovalnicah državne mreže.

Figure 44. A few minutes after an earthquake event in Slovenia, the basic data on it are displayed, including a map with the location of the epicentre (red star) and the recordings of the earthquake at seismic stations of the national network.

mografi, komunikacijsko povezanimi med seboj z najetimi linijami prek komunikacijske hrbtnice državnega računalniškega omrežja (HKOM), z avtomatskim prenosom podatkov in nadzorom delovanja ter konfiguriranjem instrumentov iz osrednjega računalnika na observatoriju na Golovcu v Ljubljani. Sedma opazovalnica je bila opremljena z analognim seizmografom z zapisom s črnilom na papir, seizmogrami pa so se pošiljali v centralo v Ljubljani po pošti. V prvih dveh letih po sprejetju sklepa vlade o posodobitvi mreže so bili kupljeni instrumenti, po pridobitvi potrebne dokumentacije pa se je začela gradnja potresnih opazovalnic. Sedanja državna mreža potresnih opazovalnic s 25-timi opazovalnicami in rezervnim središčem za obdelavo podatkov na Golovcu v Ljubljani zadostuje za preliminarno obveščanje javnosti, hkrati pa je to minimalno število, ki omogoča natančno opazovanje seizmičnosti Slovenije. Naloga izboljšane mreže potresnih opazovalnic je torej hitro in natančno avtomatično lociranje potresov, določanje potresnih parametrov, avtomatično alarmiranje in obsežnejše zbiranje podatkov o potresih. Prebivalci Slovenije lahko v nekaj minutah po potresu vidijo osnovne podatke na spletnih straneh Agencije RS za okolje. Na domači strani agencije <http://www.arso.gov.si/> izberemo v rubriki Bližnjice povezavo Zadnji potresi (slika 44).

Fotografije / Photos: arhiv Urada za seizmologijo in geologijo, Peter Sinčič, Matjaž Gostinčar, Renato Vidrih.

Literatura

- Gilmore, M., H., 1945. Operating manual for microseismic research, W. F. Sprengnether instrument company, 41 str.
- Gostinčar, M., Vidrih, R., 1997. Seizmograf Wiechert, Ujma 11, Ljubljana.
- Horizontal und Vertikal Seismographen nach Prof. Dr. E. Wiechert. Spindler & Hoyer G.m.b.H. Mechanische und optische Werkstätten, Gottingen.
- Lapajne, J., Sinčič, P., Živčič, M., 1998. Načrti za posodobitev opazovanja opotresov v Sloveniji. Ujma 12, Uprava RS za zaščito in reševanje, 153-155, Ljubljana.
- Lehner, F. E., 1965. Introduction to the Theory and design of seismographs, Earth Sciences Division, Tel-dyne Industries, 17 str.
- Mokrovič, J., 1981. Seizmološki zavod SR Slovenije, Acta seismologica Iugoslavica, No. 7, Beograd, str.87-91.
- Ribarič, V., 1960. Vertikalni kratkoperiodični seizmograf Hiller "Stuttgart", Obzornik za matematiko in fiziko 7, Društvo matematikov, fizikov in astronomov, Ljubljana, str.: 100-107.
- Ribarič, V., 1964. Zemlja se je stresla, Zbirka Planet, Cankarjeva založba v Ljubljani, 331 str.
- Ribarič, V., 1971. Seizmologija v Sloveniji 1971-1975, Stanje in perspektive, Astronomsko geofizikalni observatorij, Univerza v Ljubljani, 25 str.
- Ribarič, V., 1989. Albin Belar (1864-1939) in začetki slovenske seizmologije, Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike, Slovenska matica Ljubljana, str. 41-68
- Ribarič, V., 1994. Potresi v Sloveniji, Ob stoti obletnici velikega ljubljanskega potresa, Slovenska matica v Ljubljani, 175 str.
- Ribarič, V., 1995. Kratka zgodovina seizmologije na Slovenskem, Zgodovina slovenske geodezije in geofizike, Zbornik predavanj, Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko, str.: 31-47.
- Sinčič, P., Vidrih, R., 1993. Mreža potresnih opazovalnic v Sloveniji, Ujma 7, Ljubljana, str. 130-136.
- Sinčič, P., Vidrih, R., Deterding, M., 1997. Zapisi potresov skozi čas, Ujma 11, Ljubljana, str. 178-184.
- Sinčič, P., Vidrih, R., 1998. Razvoj instrumentalne seizmologije v Sloveniji (Ob 100-letnici prve potresne opazovalnice v Sloveniji). Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike. Slovenska Matica v Ljubljani, 13-14, 135-166, Ljubljana.
- Sinčič, P., Vidrih, R., 2000. Modernisation of the State Network of Seismic station. XXVII General Assembly of the European Seismological Commission, 10-15 september 2000, Lisbon, Lisbon University, Book of Abstract and Papers, str. 119.

- Sinčič, P., Vidrih, R., 2001. Državna mreža potresnih opazovalnic. 15. posvetovanje slovenskih geologov, Geološki zbornik 16 – povzetki referatov (ur. A. Horvat), Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, 89-91, Ljubljana.
- Sinčič, P., Vidrih, R., 2003. Državna mreža potresnih opazovalnic. Življenje in tehnika LIV/8-9. Tehniška založba Slovenije, 55-62, Ljubljana.
- Sinčič, P., Vidrih, R., Deterding, M., 2003. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2001. Potresi v letu 2001 (ur. R. Vidrih), ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 1-8, Ljubljana.
- Sinčič, P., Vidrih, R., Gostinčar, M., Živčič, M., 2004. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2002. Potresi v letu 2002 (ur. R. Vidrih). Publikacije ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 1-11, Ljubljana.
- Sinčič, P., Vidrih, R., Gostinčar, M., Živčič, M., 2005. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2003. Potresi v letu 2003 (ur. R. Vidrih). Publikacije ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 7-20, Ljubljana.
- Sinčič, P., Vidrih, R., 2006. Potek izgradnje državne mreže potresnih opazovalnic. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2005. Zbornik predavanj. 7-21, Ljubljana.
- Sinčič, P., Vidrih, R., Gostinčar, M., Živčič, M., 2006. Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 2004. Potresi v letu 2004 (ur. R. Vidrih). Publikacije ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 1-15, Ljubljana.
- Tasič, I., 2003. Avtomatska lokacija dogodkov na mreži NMX, Potresi v letu 2001, ARSO, , 58-65, Ljubljana
- Tasič, I., 2005. Seizmometer CMG-40T, Potresi v letu 2003, 89-94
- Tasič, I., 2006. Akcelerometer Episensor FBA ES-T, Potresi v letu 2004, 165-170, Ljubljana.
- Trnkoczy, A., Gostinčar, M., Eržen, V., Rihtaršič, Z.: Čakajoči seizmometrični sistem, Astronomsko-geofizikalni observatorij, FNT, 1979, 57 str.
- Trnkoczy, A. Vidrih, R.: Seizmološka stanica Vojsko (VOY) u SR Sloveniji, Acta seismologica Iugoslavica, No. 12, Beograd, 1986, str. 17-34.
- Vidrih, R.: Seizmološka služba v Sloveniji. Seizmološki zavod SR Slovenije, Ljubljana, 1989, 12 str.
- Vidrih, R., Sinčič, P., 1997. Potresne opazovalnice v Sloveniji. 13. posvetovanje slovenskih geologov, Geološki zbornik 11 – Povzetki referatov (ur. A. Horvat et al.); Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Odelek za geologijo, 39-40, Ljubljana.
- Vidrih, R., Sinčič, P., 1997. Potresne opazovalnice v Sloveniji. Ob 100-letnici prve potresne opazovalnice v Sloveniji. Geološki zbornik 11 (uredila A. Horvat in N. Zupančič), Oddelek za geologijo, 119-130, Ljubljana.
- Vidrih, R., Sinčič, P., Gostinčar, M., 1997. Seismic network in Slovenia. A hundred years of the first Seismic Observatory in Slovenia. 29th General Assembly of the IASPEI, Abstracts, W 18 1775, Thessaloniki.
- Vidrih, R., 1998. Razvoj instrumentalne seizmologije na Slovenskem. Spremljanje potresov v preteklosti in danes. Feljton 3. april 1998 do 14. april 1998, Dnevnik, Ljubljana.
- Vidrih R., Gostinčar, M., 2000. Slovenian seismologist Albin Belar and his work. XXVII General Assembly of the European Seismological Commission, 10-15 september 2000, Lisbon, Lisbon University, Book of Abstract and Papers.
- Vidrih, R., 2002. A Modern Seismic Monitoring Stations Network. Slovenia Weekly, vol. 9, 16, July 2, 2002.
- Vidrih, R., Godec, M., Gosar, A., Sinčič, P., Tasič, I., Živčič, M., 2003. Modernization of the Slovenian National Seismic Network, Seismological Research Letters, Volume 74, No. 2, 252.
- Vidrih, R., Sinčič, P., Živčič, M., 2003. Modernizacija državne mreže potresnih opazovalnic. 16. posvetovanje slovenskih geologov, Geološki zbornik 17 – povzetki referatov (ur. A. Horvat), Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, 167-171, Ljubljana.
- Vidrih, R., Godec, M., Gosar, A., Sinčič, P., Tasič, I., Živčič, M., 2003. Modernization of the Seismic Network of Slovenia, International Conference in Earthquake Engineering to Mark 40 Years from Catastrophic 1963 Skopje Earthquake and Successful City Reconstruction SE 40EEE, Abstract, str. 49.
- Vidrih, R., Godec, M., Gosar, A., Sinčič, P., Tasič, I., Živčič, M., 2003. Modernization of the Seismic Network of Slovenia, EGS-AGU-EGU Joint Assembly, Nice, 06-11 April, Geophysical Research Abstracts vol. 5, EAE 03-A-13070.
- Vidrih, R., 2004. Državna mreža potresnih opazovalnic. Okolje & prostor 100, januar 2004. Informativni bilten, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Ljubljana.
- Vidrih, R., 2004. Environmental Agency of the Republic of Slovenia: Setting up the National Seismic monitoring stations network. The Parliament magazine 183, 17 May 2004.

- Vidrih, R., Godec, M., Gosar, A., Sinčič, P., Tasič, I., Živčič, M., 2004. Modernizacija državne mreže potresnih opazovalnic. Geografski Informacijski sistemi v Sloveniji 2003-2004. Založba ZRC, str 203-211, Ljubljana.
- Vidrih, R., Godec, M., Gosar, A., Sinčič, P., Tasič, I., Živčič, M., 2004. New seismic network in NW Slovenia. European Seismological Commission, 29. General Assembly, Potsdam, 12-17 september, 2004, Abstract, str. 63.
- Vidrih, R., Sinčič, P., Godec, M., 2005. New approach in seismic network design. International Conference on earthquake Engineering to mark 40 years of IZIS, 27 avgust - 1. september, Skopje-Ohrid, Abstract, str. T8-15.
- Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., 2006. Državna mreža potresnih opazovalnic je zgrajena. Življenje in tehnika LVII/10. Tehniška založba Slovenije, 55-62, Ljubljana.
- Živčič, M., Kobal, M., Kolar, J., Pahor, J., 2005. Performance of the New Seismic Network of the Republic of Slovenia - First Results, NATO Advanced Research Workshop: Earthquake Monitoring and Seismic Hazard Mitigation in Balkan Countries, Borovetz, Bulgaria, 11-17 September 2005.
- Živčič, M., Bragato P.L., Costa, G., Horn, N., 2006. Seismic Network of the Republic of Slovenia and Transnational Seismological Networks in the South-eastern Alps, Gulf Seismic Forum 2006, Muscat, Oman, 19-22 February 2006.
- Živčič, M., 2006. Seismic Network of the Republic of Slovenia, 30 anni dal Terremoto del Friuli 30 anni di Protezione Civile, Udine, Italy, 4-6 May 2006.

MOČNEJŠI POTRESI PO SVETU LETA 2007 WORLD'S LARGEST EARTHQUAKE IN 2007

Tamara Jesenko, Renato Vidrih

Povzetek

Vsako leto zatrese Zemljo več stotisoč potresov, ki presegajo magnitudo 2,0 (Dolgoff, 1998) in katerih žarišča so predvsem na stikih večjih geotektonskih plošč. Potresno najdejavnejši območji sta obtihoceanski in sredozemsko-himalajski pas, ki vključuje tudi naše kraje. Večina potresov je šibkih, ne povzročajo gmotne škode in ne zahtevajo človeških življenj, med njimi pa je vsako leto nekaj deset takih, ki povzročijo veliko razdejanje in zahtevajo smrtne žrtve. Med 76 potresi, ki so v letu 2007 dosegli ali presegli magnitudo 6,5 in povzročili večjo gmotno škodo ter zahtevali človeška življenja, je natančneje opisanih 34 potresov. Potres z največ smrtnimi žrtvami se je zgodil 15. avgusta blizu obale Peruja. V njem je umrlo najmanj 519 ljudi. Največ energije se je sprostito pri potresu 12. septembra na južni Sumatri, Indonezija. Imel je navorno magnitudo 8,4 in je zahteval 25 človeških življenj. Najgloblji potres je tudi v letu 2007 stresel otočje Fidži. Zgodil se je 6. maja in je imel žarišče v globini 676 km ter navorno magnitudo 6,5. Potresi v letu 2007 so zahtevali vsaj 704 žrtev.

Abstract

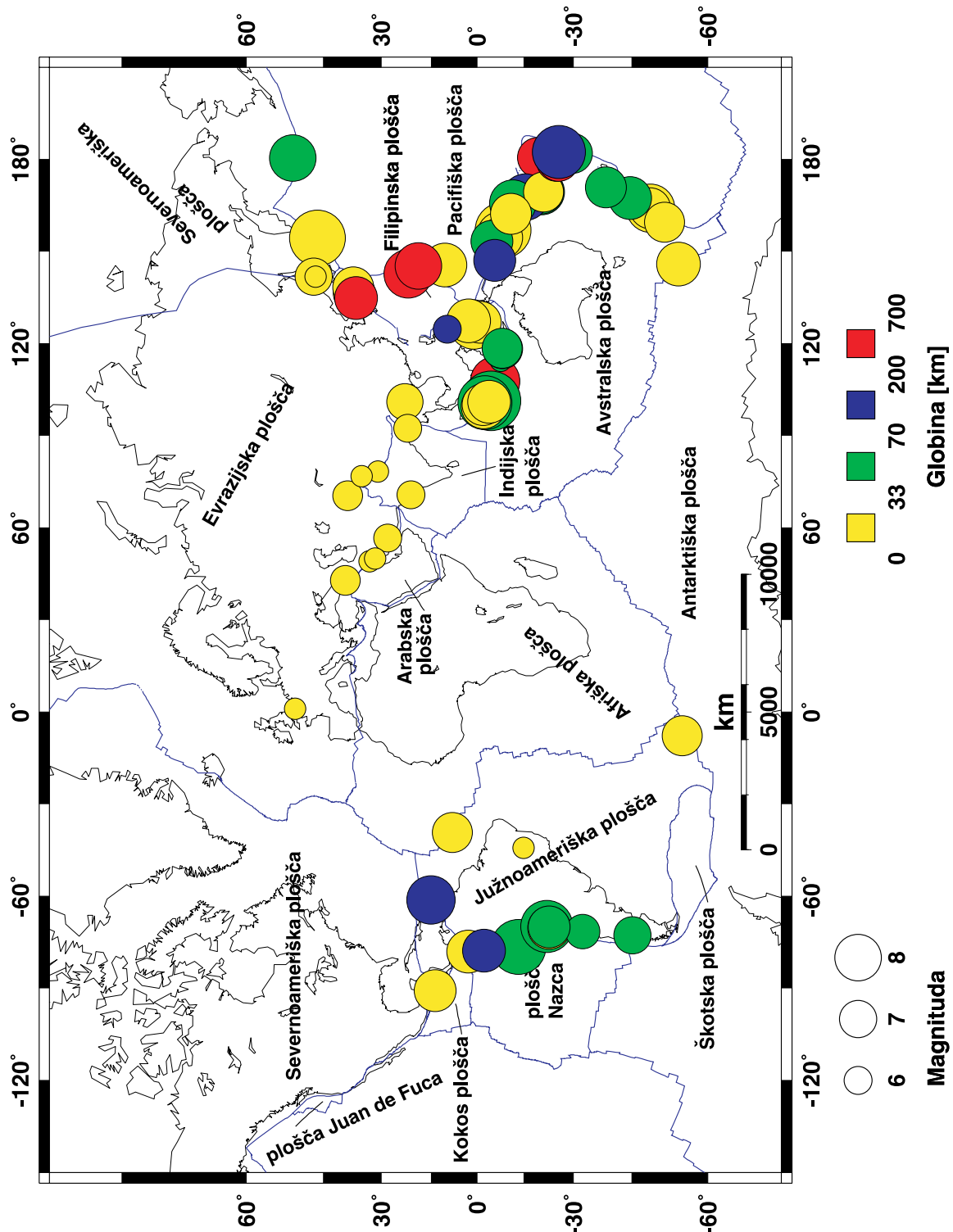
Every year the Earth is shaken by several hundred thousand earthquakes with magnitudes over 2.0 (Dolgoff, 1998), mostly originating at the geotectonic plate boundaries. Two well-defined seismic belts, the circum-Pacific and the Mediterranean-Himalayan belts, are subject to the most frequent earthquake shocks. The latter also includes the region of Slovenia. Most earthquakes are weak and do not cause any material damage and do not claim human lives. In addition to these, there are several earthquakes which result in extreme destruction and even death. There were 76 earthquakes in year 2007 that either reached a magnitude of 6.5 or more, caused minor or major material damage, or even claimed human lives. Thirty-four of them are mentioned in the text. The most devastating earthquake in 2007 happened on 15 August near the coast of central Peru, where at least 519 were killed. The 12 September earthquake on Southern Sumatra, Indonesia, ranks first in terms of released energy, with a moment magnitude of 8.4 and it claimed 25 human lives. The deepest earthquake happened on 6 May near Fiji with a hypocentre 676 km below the surface and the moment magnitude of 6.5. In 2007, earthquakes claimed more than 704 human lives.

Potresi in tektonika plošč

Zemljina litosfera je sestavljena iz nekaj večjih in več manjših tektonskih plošč. Najpomembnejše ploščeso Pacifiška (Tihooceanska), Severnoameriška in Južnoameriška, Evrazijska, Afriška, Avstralska in Antarktična. Za svetovno potresno dejavnost so pomembne tudi številne manjše plošče. Tektonske plošče so v stalnem počasnem gibanju. Med seboj se lahko premikajo (premične ali konvergentne meje), razmikajo (razmične ali divergentne meje) ali drsijo druga ob drugi (strižne meje plošč). Severnoameriška in Južnoameriška plošča se oddaljujeta od Evrazijske in Afriške plošče. Loči ju razmična meja, ki se kaže v srednjeatlantskem grebenu, za katerega je značilna povečana potresna dejavnost. Na nasprotni strani Evrazijska plošča tišči v Severnoameriško in drsi prek Filipinske, pod katero se podriva Pacifiška plošča. Ta se podriva pod več manjših plošč, ki ležijo med Severnoameriško in Filipinsko ploščo. Tu je podrivanje najhitrejše na Zemlji in znaša več kakor 100 mm/leto. Na območju Kalifornije drsita Pacifiška in Severnoameriška plošča druga ob drugi (znana so številna potresna žarišča). Med Pacifiško in Južnoameriško ploščo je vrinjena plošča Nazca.

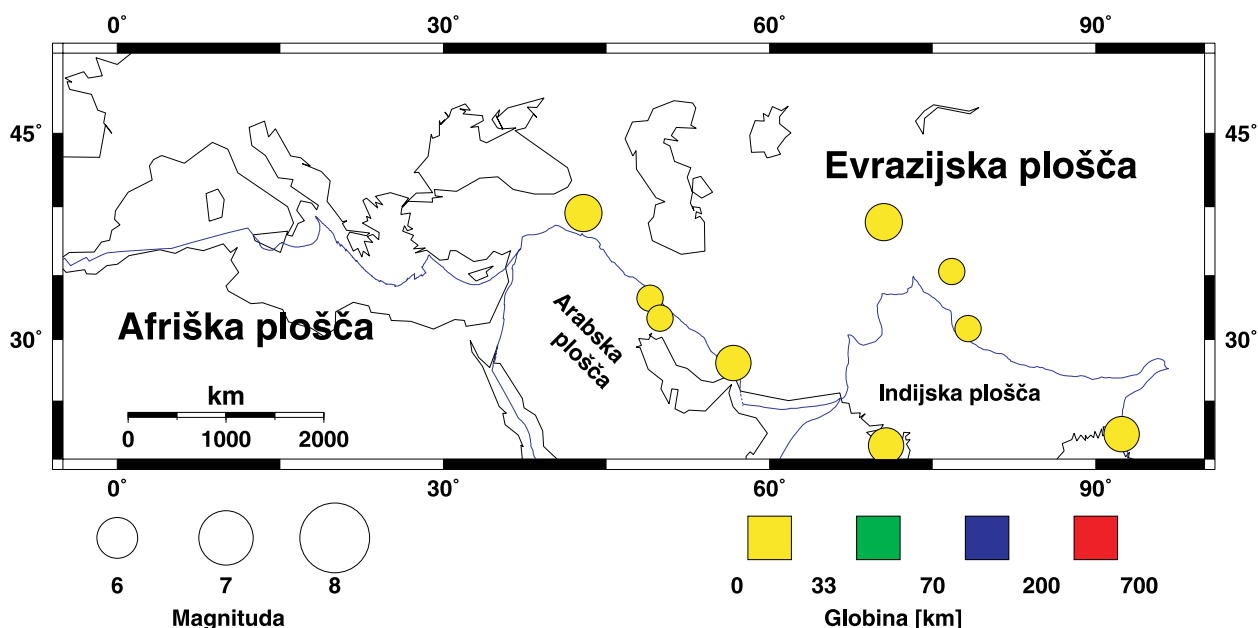
Omenjena stičišča plošč so med potresno najdejavnejšimi območji na Zemlji. Med Afriško in Pacifiško ploščo je Avstralska plošča, ki se odmika od Antarktične. Več manjših plošč je med Evrazijsko ploščo na severu in Afriško na jugu. Od vzhoda proti zahodu so Indijska, Arabska in Turško-Egejska plošča ter manjša Jadranska plošča, ki na slikah ni označena, vendar je

za geološki razvoj slovenskega ozemlja zelo pomembna. Gibanja celinskih in oceanskih plošč povzročajo potresno dejavnost, ki ponekod spremlja ognjeniške izbruhe, ponekod pa so potreši edini znanilci spreminjanja in nastajanja novih geoloških formacij. Leta 2007 so medsebojna premikanja plošč povzročila veliko potresov od Sredozemskega morja do Tihega oceana. Slika



Slika 1. Porazdelitev najmočnejših potresov v letu 2007 na Zemlji, njihove globine in magnitudo; velikost krožcev kaže potresno magnitudo, barva pa žariščno globino. Narisane so tudi glavne tektonske plošče (NEIC, 2007).

Figure 1. Distribution of the most powerful earthquakes in 2007, their depths and magnitudes. The size of the circle indicates the magnitude and the colour designates the focal depth. Main tectonic plates are also shown (NEIC, 2007).



Slika 2. Porazdelitev najmočnejših potresov leta 2007 v sredozemsko-himalajskem potresnem pasu, ki je za obtiho-morskim drugo najdejavnejše potresno območje na Zemlji.

Figure 2. Distribution of the most powerful earthquakes in 2007 in the Mediterranean-Himalayan belt, which is, after the circum-Pacific belt, subject to the most frequent earthquake shocks.

1 kaže povezanost tektonike plošč s potresno dejavnostjo, saj so vsi močnejši potresi nastali na stikih tektonskih plošč. Narisani so le močnejši svetovni potresi. Če bi narisali nadžarišča (epicentre) vseh potresov, bi še boljše videli, da potresi nastajajo na mejah med posameznimi ploščami. Pravzaprav je prav porazdelitev potresov razkrila meje ali stičišča med ploščami.

Pregled najmočnejših potresov

V preglednici 1 so podatki o najmočnejših potresih v letu 2007 (NEIC, 2007, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 2007). Našteti so le tisti, ki so dosegli ali presegli navorno magnitudo 6,5, in tisti, ki so povzročili večjo gmotno škodo ali zahtevali človeška življenja. Vrednosti za Mb in Ms so srednje vrednosti, določene iz podatkov potresnih opazovalnic, ki so potres zapisale. Magnitude Mb, Ms in Mw se med seboj razlikujejo po območju veljavnosti, ki ga omejujejo oddaljenost in globina žarišča ter nihajni čas pri največji amplitudi. Magnituda Mb (angl. body wave magnitude) je določena na podlagi največjega odklona na zapisu navpične komponente telesnega valovanja v prvih 20 sekundah po prihodu vzdolžnega telesnega valovanja. Magnituda Ms (angl. surface wave magnitude) je določena na podlagi navpične komponente dolgoperiodnega površinskega valovanja. To se razvije pri potresih, katerih žarišče ni bilo globlje kakor približno 50 km. Mw je navorna magnituda, ki velja tudi za najmočnejše potrese in je določena s potresnim navorom. Globina potresov je izražena v kilometrih, preglednica pa je zaključena z imenom širšega nadžariščnega območja potresa. Svet je namreč razdeljen na 729 Flinn-Engdahlovih geometrijskih območij.

Potres 13. januarja (vzhodno od Kurilskega otočja). Cunami so zabeležili na Japonskem, Aljaski, v Kaliforniji in Oregonu (ZDA), največjo višino valov pa je dosegel s 37 cm pri kraju Crescent City v Kaliforniji.

Potres 21. januarja (vzhodna Turčija). Dve osebi sta bili ranjeni. Na območju Agre je bilo poškodovanih nekaj starejših hiš.

datum	čas (UTC)	koordinati		magnituda			globina	število žrtev	območje
	hh:min	širina	dolžina	Mb	Ms	Mw	km		
date	time (UTC)	coordinates		magnitude			depth	no. of victims	area
	hh:min	lat	lon	Mb	Ms	Mw	km		
13. 1.	4:23	46,27 N	154,45 E	7,9	8,2	8,1	10		vzhodno od Kurilskega otočja*
21. 1.	7:38	39,59 N	42,86 E	5,1		5,2	3		vzhodna Turčija*
21. 1.	11:27	1,07 N	126,28 E	6,7	7,3	7,5	22	4	Moluško morje*
30. 1.	4:54	54,88 S	145,93 E	6,2	6,9	6,9	11		zahodno od otoka Macquarie
30. 1.	21:37	20,97 N	144,74 E	6,5	6,5	6,6	20		otočje Maug, Mariansko otočje
31. 1.	3:15	29,73 S	177,98 W		6,3	6,5	34		otočje Kermadec
20. 2.	8:04	1,02 S	126,99 E	6,2	6,6	6,7	11		Kepulaulan Sula, Indonezija
6. 3.	3:49	0,51 S	100,52 E	5,9	6,4	6,4	19	67	južna Sumatra, Indonezija*
6. 3.	5:49	0,49 S	100,53 E	5,9	6,3	6,3	20		južna Sumatra, Indonezija*
6. 3.	13:05	2,08 N	76,49 W	5,0	5,0		43		Kolumbija
6. 3.	22:32	33,26 N	49,02 E	4,8			16		zahodni Iran*
25. 3.	0:40	20,66 S	169,43 E	6,5	7,0	7,1	34		Vanuatu
25. 3.	0:41	37,31 N	136,58 E	6,1	6,8	6,7	8	1	blizu obale Honšuja, Japonska*
25. 3.	1:08	20,78 S	169,41 E	5,9	7,1	6,9	35		Vanuatu
1. 4.	20:39	8,46 S	157,04 E	6,8	7,9	8,1	10	54	Salomonovi otoki*
1. 4.	20:47	7,17 S	155,78 E	6,6			10		Salomonovi otoki
1. 4.	21:11	7,31 S	155,74 E	6,3		6,9	10		Salomonovi otoki
15. 4.	3:19	34,78 N	136,27 E	5,4	4,6		16		zahodni Honšu, Japonska*
21. 4.	17:53	45,27 S	72,75 W	6,1	6,3	6,2	37	3	Aisen, Čile*
28. 4.	7:18	51,08 N	1,01 E	4,6			10		Anglija, Velika Britanija*
6. 5.	21:11	19,40 S	179,35 W	6,0		6,5	676		Fidži
2. 6.	21:34	23,02 N	101,05 E	5,7	6,3	6,1	5	3	Junan, Kitajska*
13. 6.	19:29	13,62 N	90,80 W	5,9	6,5	6,7	23		ob obali Gvatemale*
24. 6.	0:25	55,58 S	7,76 W			6,5	10		južni Srednjeatlantski hrbet
28. 6.	2:52	7,97 S	154,61 E	6,3	6,7	6,7	10		Bougainville, Papua Nova Gvineja
16. 7.	1:13	37,57 N	138,38 E	6,5	6,4	6,6	12	9	blizu zahodne obale Honšuja, Japonska*
16. 7.	14:17	36,80 N	134,87 E	6,2		6,8	350		Japoko morje
21. 7.	22:44	38,94 N	70,48 E	5,6	5,0	5,2	10	12	Tadžikistan*
22. 7.	23:02	30,89 N	78,27 E	5,0	4,3		13		Uttaranchal, Indija*
26. 7.	5:40	2,82 N	127,48 E	6,4	6,7	6,9	25		Moluško morje
1. 8.	17:08	15,59 S	167,68 E	6,2		7,2	120		otočje Vanuatu*
2. 8.	2:37	47,11 N	141,79 E	5,3	6,2	6,2	5	2	Tatarski preliv, Rusija*
2. 8.	3:21	51,31 N	179,97 W	6,3	6,6	6,7	21		otočje Andreanof, Aleuti Aljaska
4. 8.	22:21	46,66 N	141,77 E	4,9			9		Sakhalin, Rusija*
8. 8.	17:04	5,91 S	107,70 E	6,5		7,5	280		Java, Indonezija

datum	čas (UTC)	koordinati		magnituda			globina	število žrtev	območje
	hh:min	širina	dolžina	Mb	Ms	Mw	km		
date	time (UTC)	coordinates		magnitude			depth	no. of victims	area
	hh:min	lat	lon	Mb	Ms	Mw	km		
15. 8.	23:40	13,39 S	76,58 W	6,7	7,9	8,0	39	514	blizu obale Peruja*
20. 8.	22:42	8,02 n	39,27 W	6,3	6,4	6,5	10		osrednji Srednjeatlantski hrbet
25. 8.	4:24	28,10 N	56,67 E	5,0			10		južni Iran*
2. 9.	1:05	11,61 S	165,76 E	5,9	7,3	7,2	35		otočje Santa Cruz
9. 9.	18:36	7,78 S	114,34 E	4,8			35		Balijsko morje*
10. 9.	1:49	2,95 N	78,04 W	6,1	6,1	6,8	31		blizu zahodne Kolumbijske obale*
12. 9.	11:10	4,50 S	101,36 E	7,0	8,5	8,4	34	25	južna Sumatra, Indonezija*
12. 9.	23:49	2,52 S	100,79 E	6,6	8,1	7,9	35		Kepulauan Mentawai, Indonezija
13. 9.	3:35	2,15 S	99,58 E	6,3	7,2	7,0	22		Kepulauan Mentawai, Indonezija
20. 9.	8:31	2,02 S	100,14 E	6,4	6,8	6,7	30		južna Sumatra, Indonezija
26. 9.	12:36	4,88 S	153,40 E	6,2	6,6	6,7	40		Nova Irska, Papua Nova Gvineja
28. 9.	1:35	21,26 S	169,44 E	6,1	6,6	6,5	10		jugovzhodno od otočja Loyalty
28. 9.	13:38	21,98 N	142,68 E	6,7		7,4	276		Volcano Islands, Japonska
30. 9.	2:08	10,46 N	145,68 E	6,4	7,1	6,9	14		južno od Marianskega otočja
30. 9.	5:23	49,27 S	164,11 E	6,4	7,4	7,4	10		otočje Auckland, Nova Zelandija
30. 9.	9:47	49,14 S	164,11 E	6,6	6,7	6,6	18		otočje Auckland, Nova Zelandija
5. 10.	7:17	25,24 S	179,41 E	6,0		6,5	535		južno od otočja Fidži
15. 10.	12:29	44,75 S	167,49 E			6,8	50		South Island, Nova Zelandija
16. 10.	21:05	25,76 S	179,52 E	6,2		6,6	511		južno od otočja Fidži
24. 10.	21:02	3,88 S	101,03 E	6,1	6,9	6,8	20		južna Sumatra, Indonezija
26. 10.	6:50	35,30 N	76,75 E	5,3	4,8		10	1	severozahodni Kašmir*
31. 10.	3:30	18,89 N	145,32 E			7,2	224		Pagan, severno od Marianskega otočja
6. 11.	9:38	21,18 N	70,72 E	5,0			10	1	Gujarat, Indija*
7. 11.	4:12	9,72 N	124,65 E	5,1			72	1	Bohol, Filipini*
7. 11.	7:10	22,15 N	92,39 E	5,1	5,1		29		meja Indija - Bangladeš*
10. 11.	1:13	52,13 S	159,56 E			6,5	10		otok Maquarie
14. 11.	15:40	22,20 S	69,87 W	6,8	7,4	7,7	40	2	Antofagasta, Čile*
15. 11.	15:05	22,93 S	70,28 W	6,2	6,6	6,8	26		Antofagasta, Čile
16. 11.	3:13	2,27 S	77,80 W	6,3		6,8	123		meja Peru - Ekvador
20. 11.	5:20	31,68 N	49,93 E	4,9			7		zahodni Iran
22. 11.	8:48	5,79 S	147,11 E	6,1		6,7	73		vzhodni del Nove Gvineje, Papua Nova Gvineja
25. 11.	16:02	8,27 S	118,34 E	6,1	6,3	6,5	48	3	Sumbawa, Indonezija*
25. 11.	19:53	8,18 S	118,49 E			6,5	35		Sumbawa, Indonezija
27. 11.	11:49	10,99 S	162,22 E	5,8	6,7	6,6	16		Salomonovi otoki
29. 11.	19:00	14,97 N	61,24 W	6,8		7,4	147	1	Martinique*

datum	čas (UTC)	koordinati		magnituda			globina	število žrtev	območje
	hh:min	širina	dolžina	Mb	Ms	Mw	km		
date	time (UTC)	coordinates		magnitude			depth	no. of victims	area
	hh:min	lat	lon	Mb	Ms	Mw	km		
9. 12.	2:03	15,05 S	44,20 W	4,9			10	1	Minas Gerais, Brazilija*
9. 12.	7:28	25,87 S	177,52 W	7,0		7,8	148		južno od otočja Fidži
15. 12.	18:22	32,67 S	71,59 W	5,5	6,0	5,9	37		Valparaiso, Čile*
16. 12.	8:09	22,92 S	70,07 W	6,1	6,4	6,7	57		Antofagasta, Čile

Preglednica 1. Seznam potresov v letu 2007, katerih magnituda je bila enaka ali večja od 6,5; dodani so potresi, katerih magnituda je sicer manjša, a so povzročili gmotno škodo, ranjene ali smrtne žrtve; z zvezdico so zaznamovani potresi, opisani v besedilu.

Table 1. List of earthquakes in 2007 with magnitudes of 6.5 and over. Earthquakes with magnitudes below 6.5 which caused material damage, injuries or victims are included. The earthquakes described in the text are marked with an asteriks.

Potres 21. januarja (Moluško morje). Štiri osebe so izgubile življenje (ena zaradi srčnega napada), štiri so bile ranjene. Nekaj poškodb je bilo na zgradbah na Mindanau in Sulaveziju, Indonezija.

Potresa 6. marca (južna Sumatra, Indonezija). Šestega marca sta južno Sumatro stresla dva močna potresa z magnitudo 6,4 ali 6,3. Prvi se je zgodil ob 03:49 po UTC, drugi pa dve uri pozneje, ob 05:49 po UTC. Potresa sta zahtevala najmanj 67 življenj, še najmanj 826 oseb je bilo ranjenih. Veliko škode je bilo na območju Bukittinggi-Solok-Payakumbuh. Uničenih ali poškodovanih je bilo 43 719 zgradb.

Potres 6. marca (Kolumbija). Najmanj dve osebi sta bili ranjeni v kraju Cauca in dve v kraju Sotara. V Sierra Cauci je bila ena hiša uničena, sedem jih je bilo poškodovanih. V Sotaru je bilo uničenih šest in poškodovanih 38 zgradb. Ena zgradba je bila poškodovana tudi v Tambiu.

Potres 6. marca (zahodni Iran). V Dorudu je bilo ranjenih 35 oseb. Poškodovanih je bilo nekaj hiš.

Potres 25. marca (blizu obale Honšuja, Japonska). Najmanj ena oseba je izgubila življenje, 359 je bilo ranjenih. Uničenih je bilo več kakor 13 556 zgradb. Na in v bližini Noto-hantoja se je sprožilo 60 zemeljskih plazov. Poškodovane so bile tudi ceste. Motena sta bila železniški prevoz in oskrba z vodo. Zabeležili so tudi cunami, največjo višino valov pa je dosegel (22 cm) pri Suzushi Nagahashiju.

Potres 1. aprila (Salomonovi otoki). Potres in cunami sta zahtevala vsaj 52 žrtev. Uničenih je bilo nekaj vasi. Na Sasamungi je bilo uničenih okoli 300 hiš, šolska poslopja in bolnica. Na Gizu je bilo poškodovanih okoli 500 hiš. Škoda zaradi cunamija je bila tudi na Lefaru in Taru. Na Ranonggi sta zaradi zemeljskih plazov življenje izgubili dve osebi. Cunami z največjo višino valov 3,5 metra so zabeležili pri Unumatani, z višino valov 2 metra pa pri Kelau (Papua Nova Gvineja), kjer je bilo uničenih 17 hiš in poškodovana cerkev. Istega dne sta Salomonove otoke stresla še dva močnejša popotresna sunka. Prvi se je zgodil osem minut pozneje ob 20:47 UTC, drugi pa ob 21:11 UTC.

Potres 15. aprila (zahodni Honšu, Japonska). Na območju Mie-Nara-Shiga je bilo ranjenih najmanj 12 oseb in poškodovanih najmanj 63 zgradb.

Potres 21. aprila (Aisen, Čile). Tri osebe so izgubile življenje, 7 pa je pogrešanih zaradi sedem-inpol metrskega vala, ki ga je povzročil skalni podor v ožino fjorda blizu Aisna.

Potres 28. aprila (Anglija, Velika Britanija). Na območju Folkestonea je bila ena oseba ranjena, rahlo poškodovanih je bilo nekaj zgradb. Potres so čutili tudi v Franciji in Belgiji.

Potres 2. junija (Junan, Kitajska). Tri osebe so izgubile življenje, še najmanj 329 je bilo ranjenih. Sprožilo se je nekaj zemeljskih plazov, ki so prekinili cestne povezave na območju Ning'era.

Potres 13. junija (ob obali Gvatemale). Na območju mesta Guatamala je bilo poškodovanih nekaj hiš. Potres so čutili tudi v Salvadorju, Mehiki in Hondurasu.

Potres 16. julija (blizu zahodne obale Honšuja, Japonska). Na območju mest Nagano, Niigata in Toyama je življenje izgubilo 9 oseb, najmanj 1088 je bilo ranjenih. Uničenih je bilo 875 hiš, poškodovane so bile ceste in mostovi. Sprožilo se je nekaj zemeljskih plazov. Pri Kashiwazaki je iztiril vlak. Pri Sadoha-shimi so opazili manjši cunami.

Potres 21. julija (Tadžikistan). V potresu so tri osebe izgubile življenje, devet pa v zemeljskih plazovih, ki jih je sprožil.

Potres 22. julija (Uttaranchal, Indija). Tri osebe so se ranile. Poškodovanih je bilo nekaj zgradb v Uttarkashi, Chamoli, in Muzaffarnagarju. Sprožilo se je nekaj zemeljskih plazov.

Potres 1. avgusta (otočje Vanuatu). V Luganvillu je bilo poškodovanih nekaj stavb, cest in mostov.

Potres 2. avgusta (Tatarski preliv, Rusija). V Nevel'skem sta dve osebi izgubili življenje, 12 je bilo ranjenih. Uničenih je bilo 11 hiš, še 20 jih je bilo poškodovanih. Na Hokaidu (Japonska) so zabeležili cunami z največjo višino valov 30 cm.

Potres 4. avgusta (Sakhalin, Rusija). V Nevel'skem sta bili dve osebi ranjeni.

Potres 15. avgusta (blizu obale Peruja). Vsaj 514 oseb je izgubilo življenje, 1090 je bilo ranjenih. Uničenih ali poškodovanih je bilo preko 39 700 zgradb. Največ škode je bilo v mestih Chinja Alta, Ica in Pisco. Sprožilo se je nekaj zemeljskih plazov, motena je bila oskrba z energijo ter pretrgane komunikacijske povezave. Potres je povzročil tudi tsunami, ki je največjo višino (100cm) dosegel v Callau in La Punti.

Potres 25. avgusta (južni Iran). Na območju Haji Abad-Orzuiyeh so bile ranjene najmanj štiri osebe.

Potres 9. septembra (Balijsko morje). V Sitobondu je bilo ranjenih najmanj 13 oseb in poškodovanih nekaj zgradb.

Potres 10. septembra (blizu zahodne Kolumbijske obale). V Narinu je bilo pet oseb ranjenih. Nekaj hiš je bilo poškodovanih v mestih El Charo, Iscuande, La Tola in Mosquera. Motena je bila oskrba z električno energijo.

Potres 12. septembra (južna Sumatra, Indonezija). Na območju Benkula in Sumatra Barata je potres zahteval 25 življenj. 161 oseb je bilo ranjenih. Poškodovanih ali uničenih je bilo 56 425 zgradb ter nekaj cest. V Padangu so zabeležili cunami z največjo višino valov 90 cm. Pretrgane so bile telefonske povezave. Potresu je sledilo več močnejših popotresov. Najmočnejša sta se zgodila ob 23:49UTC istega dne z navorno magnitudo 7,9 in 13. septembra ob 03:35UTC z navorno magnitudo 7,0.

Potres 26. oktobra (severozahodni Kašmir). Ena oseba je izgubila življenje, najmanj 12 je bilo ranjenih.

Potres 6. novembra (Gujarat, Indija). V Talali je ena oseba izgubila življenje, ranjenih je bilo 5

oseb. Več zgradb se je porušilo.

Potres 7. novembra (Bohol, Filipini). V Mabiniju je ena oseba izgubila življenje.

Potres 7. novembra (meja Indija-Bangladeš). Pet oseb je bilo ranjenih. Nekaj poškodb je bilo v mestih Bandarban, Chittagong in Rangamati, Bangladeš.

Potres 14. novembra (Antofagasta, Čile). V Tocopilli sta dve osebi izgubili življenje, 45 je bilo ranjenih. Na območju Maria Elena-Tocopilla je bilo uničenih več tisoč hiš, brez strehe nad glavo je ostalo okoli 15 000 oseb. Potres so čutili tudi v Peruju, Argentini in Braziliji.

Potres 25. novembra (Sumbawa, Indonezija). Na območju Bima-Dompu-Raba so tri osebe izgubile življenje, več sto jih je bilo ranjenih. Uničenih je bilo več sto hiš. To območje se je streslo še enkrat ob 19:53UTC istega dne.

Potres 29. novembra (Martinique). Na Martiniquu je ena oseba izgubila življenje. Najmanj sto je bilo ranjenih. Uničenih ali poškodovanih je bilo nekaj zgradb. Dva ranjena sta bila tudi na Barbadosu. Potres so čutili vse do Brazilije na jugu.

Potres 9. decembra (Minas Gerais, Brazilija). Ena oseba je izgubila življenje, šest je bilo ranjenih. Na območju Itacarambi-Januaría-Manga je bilo poškodovanih 76 poslopij.

Potres 15. decembra (Valparaiso, Čile). V kraju Vina del Mar so bile ranjene štiri osebe. Poškodovanih je bilo nekaj zgradb.

Potres 20. decembra (Severni otok, Nova Zelandija). Ena oseba je zaradi srčnega napada umrla. V Gisbornu so se porušile tri hiše, več jih je bilo močno poškodovanih.

Literatura

- ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, 2007. Preliminarni seizmološki bilten, 2007. Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo, Ljubljana.
- Dolgoff, A., 1998. Physical Geology. Updated version. Houghton Mifflin co. Boston-New York, str. 638.
- NEIC, 2007. Significant Earthquakes of the World. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center.

POTRES 15. AVGUSTA 2007 V PERUJU

THE 15 AUGUST 2007 EARTHQUAKE IN PERU

Matjaž Godec, Renato Vidrih

Povzetek

15. avgusta 2007 ob 23. uri in 40 minut po svetovnem času (UTC) oz. 18. uri in 40 minut po lokalnem času so se v Zemljini skorji pod morsko gladino Tihega oceana močno stresla tla okoli 145 km jugo-jugo-vzhodno od Perujske prestolnice Lime. Po znanih podatkih je potres z magnitudo ($M_w=8,0$) zahteval najmanj 519 življenj in povzročil ogromno gmotno škodo. Žarišče je nastalo na stičišču dveh velikih tektonskih plošč, Južnoameriške na severovzhodu in plošče Nazca na jugozahodu. Ker je na tem območju najbolj poznano obalno mesto Pisco, je potres dobil tudi ime »Potres Pisco«.

Abstract

On 15 August 2007, at 23:40 UTC (Universal Time, Coordinated) or at 6:40 PM local time a subduction earthquake shook Central Peru. The epicentre was located offshore in Pacific Ocean, 145 km south-south-east from Peruvian capital Lima. The earthquake with magnitude 8,0 caused a lot of damage and at least 519 people were killed. Hypocentre of the earthquake was in rupture area where Nazca Plate converges with the South American Plate. The earthquake got named Pisco Earthquake, after the largest city in the epicentral area.

Nastanek in osnovne značilnosti potresa

Zahodna obala južne Amerike je del cirkum Pacifiškega seizmičnega pasu ali kakor ga imenujejo nekateri pacifiškega ognjenega obroča, kjer se sprosti več kot 70% celotne potresne energije na planetu. Če naštejemo le nekaj najmočnejših potresov, ki so nastali v tem prostoru, potres leta 1875 na meji Kolumbija Venezuela je zahteval 16 000 življenj, potres leta 1797 v Ekvadorju je zahteval 41 000 življenj, potres leta 1746 v Peruju je zahteval 5 000 življenj in potres leta 1939 v Čilu je zahteval 30 000 življenj. Zadnji potres se je sprožil na stiku med Nazca in Južnoameriško tektonsko ploščo. Ti plošči se primikata za 77 milimetrov na leto. Žarišče je nastalo v narivnih strukturah med ploščama, kjer se Nazca plošča podriva (subdukcija) pod Južnoameriško ploščo. Pri tem se plošča Nazca potaplja pod Južno ameriško ploščo. Rezultat tega potapljanja je velika seizmičnost vzdolž obal Peruja in Čila. Potres leta 2007 iz seizmološkega vidika predstavlja vmesni dogodek, ki je nastal na že predhodno opredeljenem seizmičnem prostoru med prelomnima območjema potresa Lima 1974 magnitude 8,1 in potresa Nazca 1996 magnitude 7,7 (slika 1).

Med ruševinami potresa je umrlo vsaj 519 ljudi, 1090 pa jih je bilo ranjenih. Večina poškodb in žrtev je bila v mestih Chincha (90.000 prebivalcev), Ica (120.000 prebivalcev) in Pisco (90.000 prebivalcev), potres pa so močno čutili tudi v 150 km oddaljeni prestolnici Lima. Kar 30% smrtnih žrtev je bilo v le dveh objektih v Piscu – stari cerkvi Sv. Klementa in hotelu Embassy (projektiran je bil kot 3-etažni objekt, zgrajen pa je bil kot 5-etažni).

Večina porušениh zgradb je bila zgrajena iz na zraku sušene opeke (adobe). Poškodovane pa so bile tudi javne ustanove kot bolnice, šole in podobni objekti, zgrajeni večinoma iz armirano betonskih okvirjev s togimi opečnatimi polnili.

Potres je povzročil poškodbe tudi na komunikacijah in oskrbi z energijo. Najpomembnejša transportna in povezovalna cesta (avtocesta Pan Americana) je bila na več mestih pretrgana zaradi proženja plazov, ponekod pa zaradi likvefakcije. Potres je sprožil tudi manjši cunami, ki je največjo višino (okoli 100 cm) dosegel v obalnih mestih Callao in La Punta (NEIC, 2007, Godec in Vidrih, 2007).

magnituda / magnitude	Mw = 8,0
datum / date	15. avgust 2007
čas / time	23:40:58 UTC (18:40 lokalni čas / local time)
koordinate žarišča / hypocentre coordinates	13.76°J, 76.97°Z
globina / depth	39 km
oddaljenost od prestolnice / distance from capital	145 km JJV od Lime
število mrtvih / number of dead	vsaj / at least 519
število ranjenih / number of wounded	vsaj / at least 1090
število porušениh zgradb / number of destroyed buildings	več kot / more than 35 500
število poškodovanih zgradb / number of damaged buildings	več kot / more than 4 200
trajanje močnega dela potresa / duration of the strong part of earthquake	2 minuti / minutes

Preglednica 1. Osnovni podatki o potresu.

Table 1. Basic earthquake's data.

Zgodovinska seizmičnost Peruja

Najstarejši znan potres je nastal leta 1553, prvi znani potres, ki je zahteval žrtve pa je bil v Arequipi leta 1582 in je zahteval 30 življenj. Največ žrtev je bilo ob potresu oktobra 1970 v Limi (Chimbata). Priobalna območja Peruja je v zgodovini prizadelo veliko potresov. Na tem območju (južneje od potresa 15. 8. 2007) je bil oktobra 1974 potres magnitude 8.1, severneje od zdajšnjega potresa pa sta bila močna potresa avgusta 1942 (magnituda 8.2) in leta 1966 (magnituda 8,1). Največji potres na perujski obali je bil leta 1868 (magnituda 9,0) okoli 700 km jugovzhodno od lokacije potresa 15. avgusta 2007. Potres leta 1868 je sprožil tudi cunami, ki je povzročil smrt več tisoč prebivalcev na južno ameriških obalah, povzročil pa je škodo tudi na oddaljenih Havajih.

Na podlagi zgodovinske seizmičnosti, recentne potresne dejavnosti, seizmotektonskih, seizmogeoloških in drugih geoloških in seizmoloških značilnosti, so seizmologi izrisali karto potresne nevarnosti (slika 2). Ocenili so, da je največja potresna nevarnost v priobalnih delih Peruja, kjer lahko ob potresih nastajajo pospeški do 50% g. Proti notranjosti se pospeški zmanjšujejo, vendar je kljub temu celotno ozemlje Peruja potresno nevarno, kar dokazuje tudi tokratna potresna dejavnost. Potres 15. avgusta 2007 perujskih seizmologov ni presenetil, saj so na tem območju tovrstni potresi pričakovani.

Značilnosti gradnje – geotehnični problemi

Večina najhujših poškodb je nastala v predelih mest, kjer so hiše grajene iz na zraku sušene opeke. Pri takšni gradnji je običajno vezivo blato. V razvijajočih državah Južne Amerike, Afrike in Indijskega podkontinenta živi v takšnih hišah več kot 50% prebivalcev. Takšna gradnja je predvsem zelo poceni. Pri gradnji se uporablja lokalni material, objekte pa gradijo ljudje sami oz ljudje povezani v lokalni skupnosti. Končna cena takšne zgradbe pa znaša okoli 15 EUR/m² (to so predvsem stroški za okna, vrata in inštalacije) (Fajfar, 1990).

Poškodovana območja

Večina poškodb in žrtev potresa je bila v krajih Chincha Alta, Ica in Pisco. Potres pa so čutili tudi v oddaljeni prestolnici Lima. Na nadžariščnem območju je prišlo do izpadov tako na elektro omrežju kot na telekomunikacijskem omrežju. Avtocesta Panamerikana je bila na tem območju močno poškodovana zaradi sproženih plazov in razpok na cestišču.

datum nastanka origin date	kraj site	magnituda magnitude	število žrtev number of victims
14. 02. 1619	Trujillo	7,7	350
12. 05. 1664	Ica	7,3	400
20. 10. 1687	Lima	8,5	600
28. 10. 1746	Lima		5 000
10. 07. 1821	Camana	8,2	162
13. 08. 1868	Arica (sedaj Čile)	9,0	25 000
12. 12. 1908	Obala centr. Peruja	8,2	
04. 11. 1913	Abancay		150
24. 05. 1940	Callao	8,2	249
24. 08. 1942	Obala centr. Peruja	8,2	30
30. 01. 1943	Yanaoca		200
10. 11. 1946	Ancash	7,3	1 400
01. 11. 1947	Satipo	7,3	233
11. 05. 1948	Moquegua	7,4	70
21. 05. 1950	Cusco	6,0	83
12. 12. 1953	Tumbes	7,4	7
15. 01. 1958	Arequipa	7,3	28
13. 01. 1960	Arequipa	7,5	57
17. 10. 1966	ob obalah Peruja	8,1	125
19. 06. 1968	Moyobamba	6,9	46
01. 10. 1969	Comos	6,4	136
31. 05. 1970	Chimbote	7,9	66 000
03. 10. 1974	Obala centr. Peruja	8,1	
23. 06. 2001	Obala Peruja	8,4	138
07. 07. 2001	Obala Peruja	7,6	1
12. 10. 2002	meja Peru-Brazilija	6,9	
26. 09. 2005	Severni Peru	7,5	5
20. 10. 2006	Obala centr. Peruja	6,7	
15. 08. 2007	Obala centr. Peruja	8,0	514

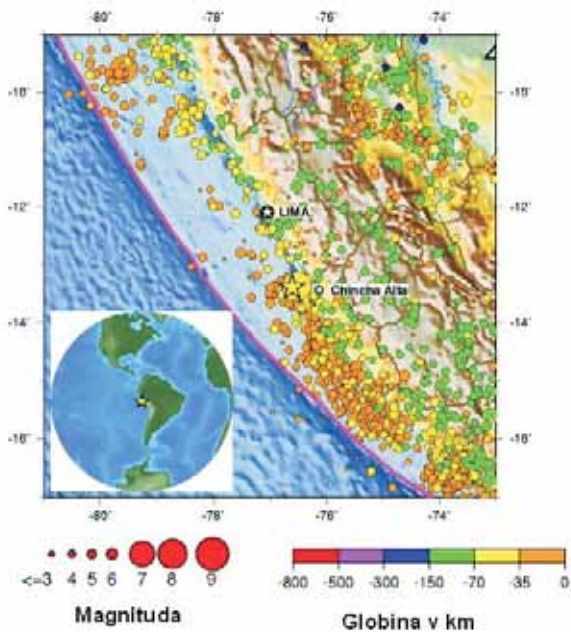
Preglednica 2. Pregled najmočnejših zgodovinskih potresov, ki so presegli magnitudo 6,0 na celotnem ozemlju Peruju.

Table 2. Review of the strongest historical earthquakes with magnitudes greater than 6.0 on territory of Peru.

Največ žrtev je bilo v mestu Pisco, saj je bilo porušeni kar 80% objektov in 430 žrtev (od tega jih je 100 umrlo v ruševinah katedrale na glavnem trgu).

Glavnemu potresu sta sledila močna popotresa in sicer prvi ob 19. uri in 2 minuti po lokalnem času z magnitudo ($M=5,8$) in drugi ob 19. uri in 19 minut po lokalnem času z magnitudo ($M=5,9$). Skupno je bilo zabeleženih več kot deset popotresov magnitude večje od 5,0.

Potres je povzročil tudi manjši cunami, ki so ga zabeležile številne opazovalnice. Cunami je dosegel višino 16 cm v Antofagosti, 36 cm v Arici, 23 v Calderi, 28 v Colombu, 18 cm v San An-



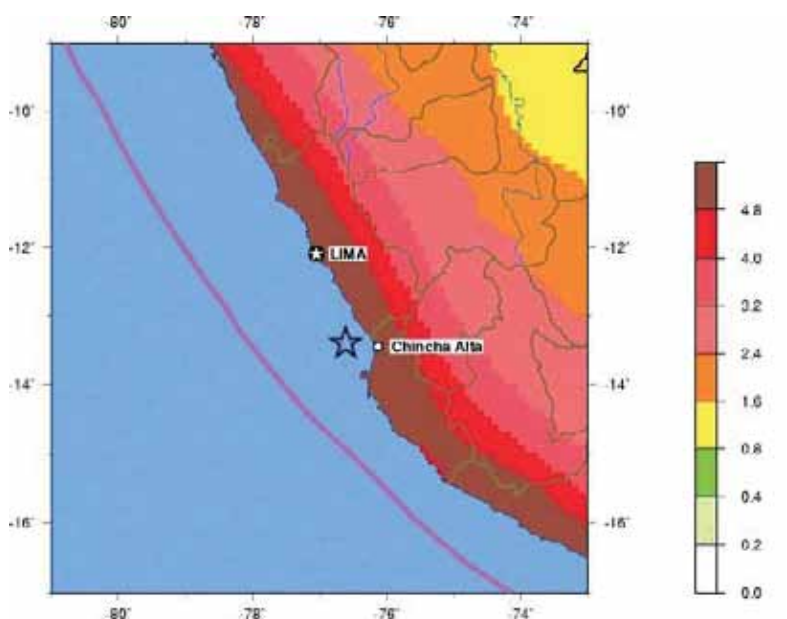
Slika 1. Seizmičnost Peruja od leta 1900 do danes. Velikost krogcev pomeni magnitudno stopnjo, barva pa globino žarišč. Velika rumena zvezda označuje potres 15. avgusta 2007. Vijolična linija kaže mejo med Južnoameriško in Nazca ploščo (USGS, 2007).

Figure 1. Seismic activity of Peru from 1900 till today. Coloured circles of varying sizes give information on focal depth and local magnitude. The earthquake on 15 August 2007 is marked with yellow star. Boundary between South American and Nazca plates is denoted with violet line (USGS, 2007).

toniu, 17 cm v Valparaisu (Čile), 27 cm na Galapagosu (Ekvador), 30 cm v Nuku Hiva otočju (Francoska Polinezija), 13 cm v Tosa-Shimizu na Japonskem, 20 cm v Acapulcu (Mehika), 26 v Tinaru (Nova Zelandija), 100 cm v Callau in La Punti (Peru), 12 cm v Apii (Samoa), 10 cm v Dutch Harboru (Aljaska), 12 cm v Kawaihau (Havaji), 14 cm v Port Vili (Vanuatu) in 0,12 cm v Crescent City v Kaliforniji (ZDA).

Pri potresu Pisco je prišlo tudi do primerov likvefakcije, ki je povzročila poškodbe tako objektov kot tudi transportnega sistema. Poleg tega se je sprožilo mnogo plazov, ki so tudi poškodovali ceste. Zaradi plazov so bile nekatere ceste zaprte po več dni.

Posledica likvefakcije je bilo pogrezanje objektov, poškodbe cestnih nasipov, prevračanje električnih drogov, temeljenih na utekočinjena tla, pretrg vodovodnih in kanalizacijskih cevi, poškodbe objektov v pristaniščih. Do likvefakcije je kot običajno prihajalo na peščenih, z vodo zasičenih tleh in sicer na precej velikem območju, ki se je vzdolž obale raztezalo okoli 90 km severno in 40 km južno od mesta Chincha, ki je na obali najbližje žarišču potresa.



Slika 2. Karta potresne nevarnosti. Največja nevarnost je v priobalnih delih Peruja, kjer lahko ob potresih nastajajo pospeški do 50% g. Proti notranjosti se pospeški zmanjšujejo, vendar je kljub temu celotno ozemlje Peruja potresno nevarno. Zvezda označuje zadnji potres (USGS, 2007).

Figure 2. The seismic hazard map. The coastal region of Peru is at highest risk, where the acceleration of 50% g are possible. Acceleration is reducing towards interior, although the seismic hazard is high over whole country. The star designates mentioned earthquake (USGS, 2007).



Slika 3. Pogled na tipično adobe hišo. Med posameznimi hišami na ulici ni nobenih dilatacij.

Figure 3. View of typical adobe house. There is no dilatation between houses in the street.

Adobe hiše

Potres je naredil ogromno škode na hišah grajenih iz na zraku sušene opeke (adobe). Takšen način gradnje je zelo razširjen v Peruju, saj je večina hiš starejših od 50 let zgrajenih iz tega materiala. V zadnjem času se sicer vlada trudi spremeniti takšno prakso in kot materiale uvesti opeko in potrebno armaturo. Sodobnejših materialov pa si mnogi še vedno ne morejo privoščiti, tako da tradicionalna gradnja ostaja še vedno edina izbira za mnoge družine.

Na Perujski obali je večina hiš pritličnih – zidanih iz prej omenjene na zraku sušene opeke. Kadar pa ima takšna hiša še eno etažo je ta ponavadi iz lesenega opaža s polnilom iz zmletega trsa ter ometana z blatom – temu pravijo quincha. Na večjem delu perujske obale ne dežuje, tudi zato so strehe ravne. Strešno konstrukcijo predstavljajo leseni tramiči, ki so položeni neposredno na adobe stene. Na tramove so položene deske ali plast mletega trsa, ki je včasih prekrit z slamo in potem še z blatom.

Debelina in višina stene sta odvisni predvsem od starosti. Stare hiše imajo debelejšje in višje stene (debelina do 80 cm, višina pa tudi do 4 m), novejšje pa imajo tanjše in nižje stene (običajno debeline 25 cm in višine do 2,5 m). Predelne stene so narejene bodisi iz adobe zidakov ali pa iz prej omenjene quinche. Stene nimajo nobene dodatne ojačitve za prevzem potresnih sil. Na kratko – adobe stene so masivne, šibke in krhke. Velika masa sten se pri potresu spremeni v velike vztrajnostne sile, ki jih te šibke stene ne morejo prevzeti in zato pride do krhkih lomov. Tudi trajanje potresa – v tem primeru je to bilo okoli 100 sekund – je pripomoglo k še večjemu številu porušitev. Da v potresu ni bilo še več žrtev lahko pripišemo dejstvu, da so prebivalci Peruja na potrese navajeni in vedno ob njih stečejo iz svojih hiš. Tako je bilo veliko primerov, da so ljudje opazovali, kako se jim rušijo hiše, ko so pritekli na prosto.



Sliki 4a,b. Značilna porušitev hiš zgrajenih iz na zraku sušene opeke. Tovrstne poškodbe so prevladovali v krajih Pisco, Ica in Chincha Alta (foto: A. Pedemonte).

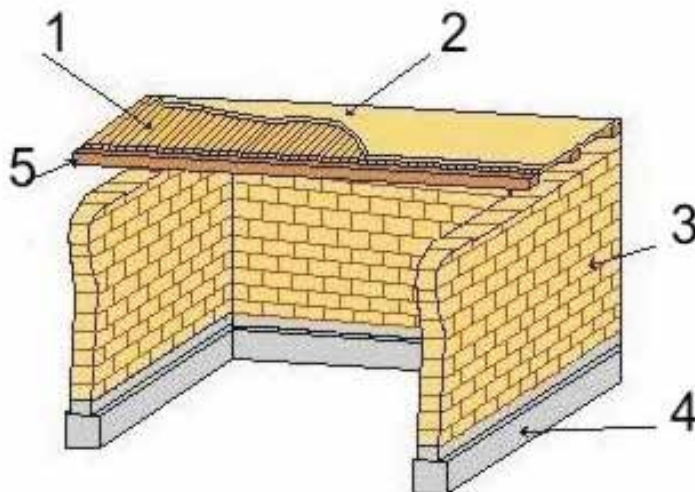
Figures 4a,b. Typical ruins of houses built of bricks being dried on air. This type of damages were prevalent in Pisco, Ica in Chincha Alta (Photo: A. Pedemonte).

Slika 5. Osnovni elementi adobe hiše v obalnem delu Peruja:

- 1- lesene deske,
- 2- plast blata,
- 3 - stena iz adobe zidakov, kjer je kot vezivo uporabljeno blato,
- 4 – plitvi pasovni temelji iz lomljenega kamna,
- 5 – tramiči.

Figure 5. Basic elements of adobe house on coastal part of Peru:

- 1 - wooden boards
- 2 - layer of mud
- 3 - wall of adobe bricks
- 4 - shallow foundation of broken stones
- 5 - beams



Slika 6. Porušitev stanovanjskega objekta z lokalom v pritličju. Objekt je zgrajen iz mešanega materiala brez vertikalnih in horizontalnih povezav.

Figure 6. Dwelling house with a store in ground floor fell to ruin. The building was built from mixed materials without vertical and horizontal reinforcements.

V kraju Pisco, ki je najbližji nadžarišču potresa, je bilo porušениh ali hudo poškodovanih več kot 80% adobe hiš. Lokalna posebnost je, da je v materialu (tako malto kot adobe blokih) mnogo več peska in manj gline, kar je imelo za posledico še slabšo povezanost med adobe bloki in malto.

Kako so se rušile te hiše? Najprej so se pojavile vertikalne razpoke na vogalih zunanjih sten.





Slike 7a,b,c,č. Osrednja cerkev v mestu Pisco (Katedrala San Clemente) se popolnoma zrušila. V njej so našli 148 mrtvih in dva preživela človeka. Zgrajena je bila iz adobe opeke. Oba stolpa cerkve sta ostala nepoškodovana, ker sta bila pred časom pri obnovi ojačana z armiranim betonom (spodnja slika na prejšnji strani: Betlehemska cerkev).

Figures 7a,b,c,č. The central church in the town Pisco (Catedral San Clemente) was completely collapsed and 148 were found dead and two survived. It was built by adobe structure. Two towers, which were remained safe, had signs of repair works with flames of reinforced concrete (opside page below: Bethlehem Church).



Sliki 8a,b. Porušitev 4-etažnega zidanega objekta. Etaže so se sesedle kot "palačinke".

Figures 8a,b. The four stories building made of brick fell to ruin. The stories collapsed as "pancakes".

Temu je sledila prevrnitev sten, ki ji je sledila porušitev strešne konstrukcije (posebej če so bili tramovi naloženi na dotično steno). Ta tip porušitve bi učinkovito preprečila povezanost sten na nivoju stropne konstrukcije (slike 4 do 6).

V Piscu in tudi v drugih krajih so hiše grajene druga do druge. Med posameznimi hišami ni potrebne seizmične dilatacije. Tako hiše v primeru potresa neposredno vplivajo druga na drugo. Prihajalo je do »trka« sosednjih hiš. Tu je šibkejša konstrukcija služila kot element za sproščanje energije.

Ojačene adobe zgradbe.

Leta 1999 je Katoliška Univerza v Peruju opravila projekt v sklopu katerega so ojačili 19 adobe hiš na različnih lokacijah v Peruju. Ojačitev je predstavljal sistem armiranega zidovja. Na posameznih delih zidovja in na višini stropne konstrukcije so na adobe zid pritrdili od 60 do 100 cm široke trakove iz armaturne mreže. Tako postavljeno armaturo so obložili s cementno malto. Takšen primer ojačitve je bil tudi objekt v kraju v bližini Pisca. Med potresom tako ojačen objekt ni utrpel nobenih poškodb, medtem ko so bili sosednji klasični adobe objekti hudo poškodovani ali pa porušeni. Kljub vsemu, da se je v tem primeru ta sistem obnašal ugodno, ga strokovnjaki ne priporočajo. Kasnejše raziskave so namreč pokazale, da so na ta način sicer uspeli povečati nosilnost konstrukcije, oblika porušitve pa še vedno ostaja krhka.

Cerkve

Starejše cerkve so grajene na enak način kot hiše. Gre za adobe konstrukcije sten, pri ostrejši in obokih pa je bila kot material uporabljena že prej opisana quinchá. Tako grajene cerkve so delile usodo ostalih adobe zgradb. Mnoge so se namreč med potresom porušile. Najhuje je bilo v cerkvi Sv. Klementa v Piscu, kjer se je porušil del obokov in pod seboj pokopal 160 ljudi. Duhovnik je preživel, ker je bil pod kupolo, ki so jo po enem od predhodnih potresov potresno utrdili (slika 7).

Zidane zgradbe s potresnimi vezmi

V bogatejših predelih večjih mest (Pisco, Ica, Chincha) so običajne stanovanjske hiše eno ali dvo - etažne. Zgrajene so iz opeke z vertikalnimi in horizontalnimi vezmi na nivoju stropne konstrukcije vzdolž nosilnih zidov. Same stropne konstrukcije so običajno armirane betonske plošče ali pa polmontažni opečni rebrasti oz. rebričasti stropi. Večina teh novejših in moderno zasnovanih objektov je bila med potresom nič ali le malo poškodovana. Izjema so bili le objekti z mehki pritličji (velike odprtine v pritličju namenjene uvozu in parkiranju vozil), ki so se podrli ali pa bili hudo poškodovani (slike 8 do 11).

Ostali objekti visoke gradnje

Novejši objekti visoke gradnje, razen stanovanjskih hiš, so običajno armiranobetonski okvirji ali armirane betonske stenaste konstrukcije. Pri okvirnih konstrukcijah je prišlo predvsem do poškodb predelnih sten (predelne stene so se porušile ali pa so bile močno poškodovane). Takšne poškodbe so bile na mnogih šolah in bolnicah v Ica in Piscu. Polnila (predelne ali fasadne stene v okvirjih) lahko popolnoma spremenijo obnašanje konstrukcije. Pri tem se šibke predelne stene porušijo, močne predelne stene pa povzročijo poškodbe na nosilni konstrukciji. V takšnih primerih prihaja do strižnih poškodb stebrov ali pa vozlišč okvirrov. V primeru visokih parapetov pa lahko pride do oblikovanja kratkih stebrov, ki so običajno zelo obremenjeni in pri njih pride do krhkega strižnega loma.

Med potresom so se mnogo bolje kot okvirni obnašali stenasti objekti. Tipično konstrukcijo starejših šol v Peruju predstavljajo armirane betonski okvirji, katerih polnila so predelne stene.



Sliki 9a,b. Armirano betonska konstrukcija hotela Embassy v kraju Pisco se je porušila zaradi krhkega loma stebrov v pritličju.

Figures 9a,b. Reinforced concrete construction of the Hotel Embassy in Pisco knocked down because of fragile diffraction of columns in ground floor.



Sliki 10a,b. Porušitev zidanega objekta zaradi slabega materiala in nepovezanosti konstrukcije.

Figures 9a,b. The building made of poor materials and without joins of construction knocked down.



Sliki 11a,b. Porušitev armirano betonskega okvirja s polnili zaradi učinka mehkega pritličja.

Figures 11a,b. Reinforced concret frame with filler collapsed because of soft story.

V nekaterih primerih so bile močne predelne stene zelo togo vpete v okvirje, tako da povzročajo krhke lome stebrov. Ponekod pa so med predelno steno in okvir dali 2,5 cm polnilo iz stiropora. Vendar, ko so tako dilatirano steno z obeh strani obložili z 3 – 5 cm debelim ometom, so zopet ustvarili togo monolitno močno steno, ki je prav tako povzročala strižne poškodbe okvirja. Konstrukcijsko so novejši šole v Peruju grajene iz okvirjev in sten, ki so postavljene približno vsakih 5 m in so široke okoli 1 m. Predelne stene niso vpete v nosilno konstrukcijo, so samonosilne in od okvirja ločene z okoli 3 cm debelim slojem elastomernega materiala. Prav tako ni dovoljen nikakršen omet preko vozlišč (stičišč stebrov in prečk). Tako grajene šole so se med potresom obnašale zelo dobro. Na njih ni bilo opaženih nobenih poškodb – ne na okvirjih, ne na stenah.

Komunikacije

Mostovi. Najpomembnejši prometni žili, ki prečkata nadžariščno območje sta avtocesta Pan Americana, ki vzdolž obale poteka v smeri sever – jug, in avtocesta Osvoboditeljev, ki poteka približno v smeri vzhod – zahod. Avtocesta osvoboditeljev vodi vzdolž reke Pisco in ima mnogo manjših mostov, ki prečkajo namakalne kanale ali manjše potoke oz. rečice. Ker je v nadžariščnem območju zelo malo padavin so rečne struge plitke in mostne konstrukcije majhne. Največji razponi na tej cesti so okoli 20 m, medtem ko so mostovi na avtocesti Pan Americana starejši in večji.

V splošnem je bilo ocenjeno, da so mostovi potres dobro prestali. Poškodbe so bile le tam, kjer je prišlo do likvefakcije.

Ceste. Avtocesta Pan Amricana je bila na delu blizu Pisca zaprta, ker je del ceste splazel. Na posameznih delih pa je prišlo do likvefakcije, vendar je bila tam cesta še vedno prevozna. Pomembna cesta, ki iz Pisca vodi v Arequipo, pa je bila več dni zaprta, zaradi dveh velikih in mnogih manjših skalnatih podorov (slika 12).

Plinska napeljava. Na prizadetem območju ni plinske napeljave, plin uporabljajo le v jeklenkah. Obstaja pa plinovod, ki iz oddaljenih Andov vodi do pristanišča v Piscu. Na nobenem od delov tega plinovoda ni bilo nobenih poškodb.

Električna napeljava. Električna napeljava prihaja iz hidroelektrarn v Andih. Pri daljnovodu je prišlo do poškodb treh stebrov daljnovoda. Zaradi porušitev objektov, pa je prišlo do podrtja mnogih drogov v naseljih, posebej v Piscu, zato je dalj časa primanjkovalo elektrike.

Telefonija. Sistem klasične žične telefonije je razpadel (tudi tu je prišlo do podrtja mnogih drogov zaradi porušitev objektov), zaradi preobremenitve pa tudi brezžična telefonija ni delovala. Ponekod brezžična telefonija ni delovala tudi zato, ker so nekatere bazne postaje ostale brez napajanja z električno energijo. Problem, ki se je pojavil po nekaj dneh, je bilo tudi polnjenje baterij mobilnih telefonov (ker so bili mnogi deli mest zaradi porušitev začasno brez elektrike). Tako so v bolnici v Piscu kmalu po vključitvi generatorjev zagotovili meščanom polnjenje baterij njihovih mobilnih telefonov.

Vodovodno omrežje. Vodno zajetje za mesto Pisco je 30km vzhodno od mesta. Poškodbe na vodovodu so zmanjšale pretok vode iz običajnih 300 litrov/sek na 170 litrov/sek. Vodo so potem razdeljevali s cisternami. Poškodbe so nastale na vodovodnem stolpu 1400m³ velikega zbiralnika vode v Piscu, podzemni vodni bazen, prostornine 4500 m³, pa ni utrpel poškodb. Do pretrgov vodovodnega omrežja je prišlo predvsem ponekod na območjih, kjer je prišlo do likvefakcije.

Kanalizacija. Kanalizacijski sistem v Piscu je bil tako močno poškodovan. Čistilna naprava, čeprav nepoškodovana, ni delovala, ker ni bilo dotoka odpadnih vod.

Zaključek

V Chinchi, Ici in Piscu je bilo okoli 25% vseh zgradb porušениh, 60% pa poškodovanih. Večina



Slike 12a,b,c. Delna porušitev cestišča na obalni cesti Panamericana v okolici nadžarišča.

Figures 12a,b,c. The Pan American Highway from Lima to Pisco and Ica suffered from liquefaction/cracking in the vicinity of epicentre.

žrtev (poškodovani in umrli) je bilo v adobe hišah. Gre za zelo poceni gradnjo, za katero običajno ni potrebno imeti gradbenega dovoljenja. Običajno so stroški gradnje take hiše le okoli 15 eurov po kvadratnem metru. Kljub temu predstavlja cena takšne hiše približno pet letnih prihodkov revne družine, ki v tej hiši živi. Takšna hiša je zgrajena zelo hitro – v približno mesecu, vendar so tudi tu možni ceneni ukrepi za izboljšanje potresne odpornosti. Takšne ukrepe skušajo uvesti v vsakodnevno prakso. Tako nepovezane zidovje povezujejo vsaj z lesenimi prečkami na nivoju stropne konstrukcije. Adobe zidove pa ojačujejo z bambusom za preprečitev oziroma omejitev horizontalnih premikov.

Zahvala

Zahvaljujemo se g. Anatoly Alexei Pedemonte Ku za dovoljenje za objavo fotografij s potresnega območja.

Acknowledgments

We thank Mr. Anatoly Alexei Pedemonte Ku for a license for the publication of photos from earthquake zone.

Literatura

- Fajfar, P., 1990. Osnove potresnega inženirstva, 1990. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.
- Godec, M., Vidrih, R., 2007. Potres v Peruju. Mesečni bilten ARSO, št. 8, letnik XIV, 89-92, Ljubljana.
- NEIC, 2007. Significant Earthquakes of the World. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center.
- <http://www.world-housing.net/>
- http://www.eeri.org/lfe/pdf/peru_pisco_adobe.pdf
- http://www.absconsulting.com/resources/Catastrophe_Reports/PeruReport.pdf
- <http://www.kenken.go.jp/english/contents/activities/other/disaster/jishin/2007pisco/20070903/3.pdf>
- http://www.eeri.org/lfe/pdf/peru_pisco_eeri_preliminary_reconnaissance.pdf



VAJA »IDASSA 2007« EXERCISE »IDASSA 2007«

Renato Vidrih, Peter Sinčič, Ina Cecić

Povzetek

NATO-ov koordinacijski center za reagiranje v primeru nesreč - Euro-Atlantic Disaster Response Coordination Centre (EADRCC) in hrvaška Državna uprava za zaščito i spaševanje (DUZS) v sodelovanju z nekaterimi drugimi partnerskimi državami in članicami zveze, sta organizirala največjo mednarodno civilno vajo v letu 2007. Potekala je v času od 19. do 24. maja 2007 v okolici Zadra na Hrvaškem. Na njej je sodelovalo 21 držav iz Euro-Atlantic Partnership Council (EAPC) ter več kot 1200 pripadnikov civilne zaščite in podobnih inštitucij, ki so bili razdeljeni v 55 reševalnih ekip. Med njimi so bile tudi štiri ekipe iz Slovenije. Vajo je spremljalo več kot 120 opazovalcev iz 35 držav, med njimi tudi iz Slovenije.

Cilj vaje IDASSA 2007 je napredovanje v povezavah in koordinaciji dežel NATO-a in Partnerstva za mir ter preizkušanje odziva na morebitno katastrofo, zmožnosti in skupnega delovanja v krizni situaciji. Scenarij vaje je bil pripravljen tako, da so bili preizkušeni načini kako odgovoriti na naravno nesrečo in teroristični napad v istem času. Civilne inštitucije in vojaške enote so delovale skupno.

Namišljeni scenarij za delovanje na terenu je vseboval rušilni potres, kemično onesnaženje v pristanišču in teroristične grožnje z uporabo bioloških snovi na potniškem letalu.

Abstract

The Euro-Atlantic Disaster Response Coordination Centre (EADRCC) conducted the disaster response exercise IDASSA 2007 in the coastal Zadar county of Croatia from 19 to 24 May 2007. Twenty-one Euro-Atlantic Partnership Council (EAPC) nations participated in the exercise, by deploying some 55 national expert teams each with the expertise and capability to deal with a different aspect of the fictitious emergency situation. All together, approximately 1,200 participants, including more than 120 observers from 35 countries took part in the event.

IDASSA 2007 allowed NATO and Partner countries to practice disaster response mechanisms and capabilities and to enhance co-operation in emergency situations. The exercise scenario was designed to test best practices of how to respond a natural disaster and a terrorist threat at the same time, providing an opportunity for civilian responders and military units to work together.

The fictional scenario for the field exercise comprised a devastating earthquake, further aggravated by chemical leaks in an industrial seaport and a threat of terrorists using a biological agent onboard a passenger plane.

Uvod

Vaja IDASSA 2007 je bila dosedaj največja civilna vaja NATO-a. Glavni cilj je bila koordinacija držav NATO-a in Partnerstva za mir predvsem v preverjanju sodelovanja v primeru velikih nesreč. Nadalje je bila vaja namenjena preverjanju usklajenosti opreme in komunikacij ter obveščanju javnosti. O pomenu vaje pričajo tudi visoki gostje, ki so spremljali dogajanja na deloviščih, med njimi predsednik Republike Hrvaške Stjepan Mesić, Maurits Jochems, namestnik pomočnika glavnega tajnika NATO-a ter številni eminentni gostje kot npr. slovaški minister obrambe František Kašický, hrvaška ministra obrambe Berislav Rončević in notranjih zadev Ivica Kirin, vojaški atašeji akreditirani na Hrvaškem itd.

Scenarij vaje

Republika Hrvaška je organizirala velik mednarodni glasbeni koncert, katerega denarni izkupiček bi bil namenjen skladu za borbo proti AIDS-u. Koncert naj bi bil v Zadru, sodelovalo pa naj bi več kot 150 odličnih glasbenikov iz več kot 40 dežel. Pričakuje se, da se bo koncerta

udeležilo med 500.000 in 700.000 poslušalcev, trajal pa naj bi od poldneva 20. maja do polnoči 21. maja. Republika Hrvaška je zaprosila za mednarodno pomoč pri zagotavljanju varnosti med koncertom. Zahteva je bila poslana EADRCC (Euro-Atlantic Disaster Response Coordination Centre) za pomoč pri zagotavljanju CBRN (Chemical Biological Radiological & Nuclear) zaščitnih ekip in določeno število SAR (Search and rescue) ekip.

- 20. maja ob 8.43 je južni del Hrvaške prizadel potres z magnitudo 6,5. Epicenter potresa je bil severozahodno od Knina, intenziteta potresa VII-VIII po MCS. Potres je močno poškodoval stanovanjske zgradbe v Kninu in okoliških mestih in visoko in nizkonapetostno električno omrežje v Šibeniški in Zadarski županiji. Vodovodna povezava Krka-Zadar-Zrmanja je bila poškodovana in obe pokrajini sta ostali brez pitne vode. Telefonske linije so bile prekinjene, prav tako ni delovalo GSM omrežje. Ceste so bile prekrivane s plazovi in ruševinami. Avtocesta Zagreb-Split in most preko Krke sta ostala nepoškodovana, železniški promet pa je bil začasno prekinjen. Zaradi potresa je bil koncert odpovedan, mednarodne ekipe CBRN in SAR, ki so že bile na mestu so bile dane na razpolago hrvaškemu vodstvu za pomoč pri odpravi posledic.
- Vsi gostje, ki so že prišli na koncert so bili evakuirani po cesti in morju. Vlada Republike Hrvaške je na podlagi prvih ocen zaprosila za mednarodno pomoč EADRRRC. V prošnji je izrazila potrebo bo SAR in medicinskih ekipah in šotorih za namestitev okrog 10 000 ljudi. Zaradi



Slika 1. Iz višjih nadstropij poškodovanih objektov so po vrveh na nosilih spuščali ranjence.

Figure 1. From the higher floors of damaged buildings, the injured were let down by rope on stretchers.



Slika 2. Ranjence so oskrbovali v šotorih v neposredni bližini poškodovanih objektov (desno).

Figure 2. The injured are cared for in tents in the immediate vicinity of damaged buildings (right).

Slika 3. Ranjence, rešene iz porušениh zgradb, so odvažali v bližnjo poljsko bolnico (spodaj).

Figure 3. Injured rescued from collapsed building were taken to a nearby field hospital (below).



Slika 4. Vzporedno je potekalo tudi reševanje iz prevrnjenih in poškodovanih avtomobilov (levo).

Figure 4. Rescue from overturned and damaged cars took place at the same time (left).



Slika 5. Različne reševalne ekipe so demonstrirale reševanje iz različnih tipov ruševin (spodaj).

Figure 5. Various rescue teams demonstrated rescue from different types of ruins (below).



koncerta je Državna uprava za zaščito i spašavanje (DUZS) že imela vzpostavljeno poveljniško središče LEMA (Local Emergency Management Authorities), ki je takoj začelo z odpravljanjem posledic potresa in s koordiniranjem vseh aktivnosti na prizadetem območju.

- Letalo, ki je bilo 21. maja ob 10.00h po lokalnem času iz Denverja namenjeno v Frankfurt z vmesnim pristankom v Londonu, je bilo nad Nemčijo ugrabljeno. Vodja teroristične skupine »Black Magic Vixen Union« je obvestil kontrolo leta, da bo letalo takoj nadaljevalo polet proti Egiptu. Zaradi pomanjkanja goriva je bilo letalo prisiljeno pristati na zadarskem letališču 22. maja ob 7.30 uri. Med točenjem goriva so približno ob 8.40 hrvaške policijske enote napadle ugrabitelje in zavzele letalo in premagale ugrabitelje ob 8.45 uri. Letalo je bilo lažje poškodovano, medtem ko je bilo 7 ugrabiteljev in 30 potnikov v spopadu ranjenih. Letalo je bilo izpraznjeno. Ob 8.50 je vodstvo »Black Magic Vixen Union« poslalo sporočilo vodstvu zadarskega



Slika 6. Na zadarskem letališču so policijske enote uspešno zajele sedem ugrabiteljev in rešile 30 potnikov.

Figure 6. At Zadar airport, police units successfully captured seven hijackers and rescued 30 passengers.



Slika 7. Ugrabitelji so uporabili biološko orožje, zato je bila potrebna dekontaminacija potnikov in pripadnikov policijskih enot.

Figure 7. The hijackers used biological weapon, so it was necessary to decontaminate passengers and members of police units.



Slika 8. Dekontaminacija je potekala v šotorih na letališču, neposredno ob ugrabljenem letalu.

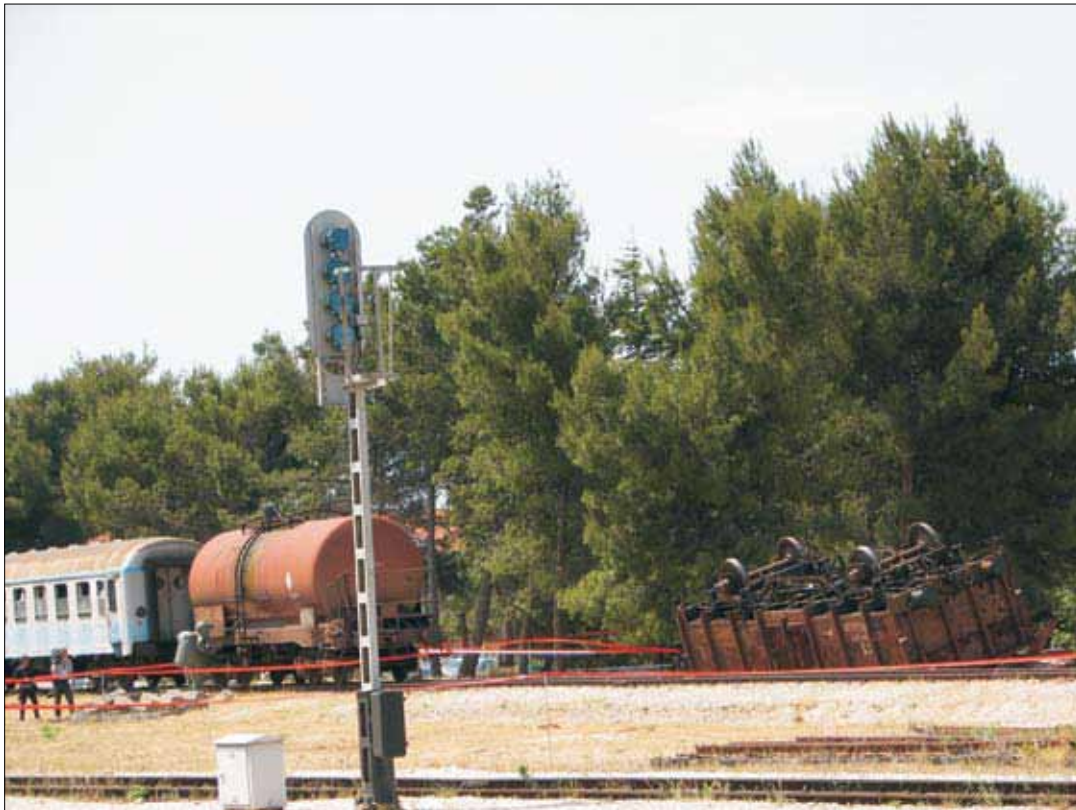
Figure 8. Decontamination took place in tents at the airport immediately beside the hijacked plane.

letališča, da imajo ugrabitelji zelo agresiven biološki material, ki ga bodo spustili v okolico, če jih bo napadla policija. Oseba, ki je telefonirala, očitno ni vedela, da je policija že napadla letalo. Policijski poveljnik na letališču in službujoči vodja medicinske ekipe MEDEVAC (medical evacuation) sta bila takoj obveščena. Sklenjeno je bilo, da se takoj prično izvajati zaščitni zdravstveni postopki in zdravniški pregledi vseh potnikov in oseb na širšem območju letališča.

- Ne glede na poškodbe industrijskega pristanišča Gaženica v Zadru, ki so nastale med potresom, so 22. maja začeli pretakati styren iz tankerja v rezervoarje v pristanišču. Približno ob 9.30 je styren začel iztekati v okolico in morje iz razpoke na cevovodu, ki je verjetno nastala ob potresu. Styren je preplaval zaščitno pregrado in onesnažil približno 2 km² veliko površino morske površine. Madež se je začel širiti proti Bibinjam. Politi styren na obali se je vžgal in ogenj se je pričel širiti proti železniškim vagonom polnim nafte, ki so bili v bližini in jih ni bilo mogoče umakniti zaradi prekinjenega železniškega prometa. Nastalo je več eksplozij, v katerih so bile poškodovane pristaniške naprave v Gaženici. Veliko delavcev je bilo zastrupljenih in poškodovanih. Strupeni oblak se je začel pomikati proti Bibinjam. Ogenj se je razširil proti ladji »Sea Star AA«, ki je pripeljala styren in je bila poškodovana v eksploziji. To je povzročilo izlitje goriva v morje. Oljni madež se je začel širiti po površini, medtem ko so gasilci poskušali pogasiti požar na ladji in evakuirati posadko. Ob 10.00 uri je LEMA začela uporabljati mednarodne ekipe na zadarskem letališču in v pristanišču Gaženica.

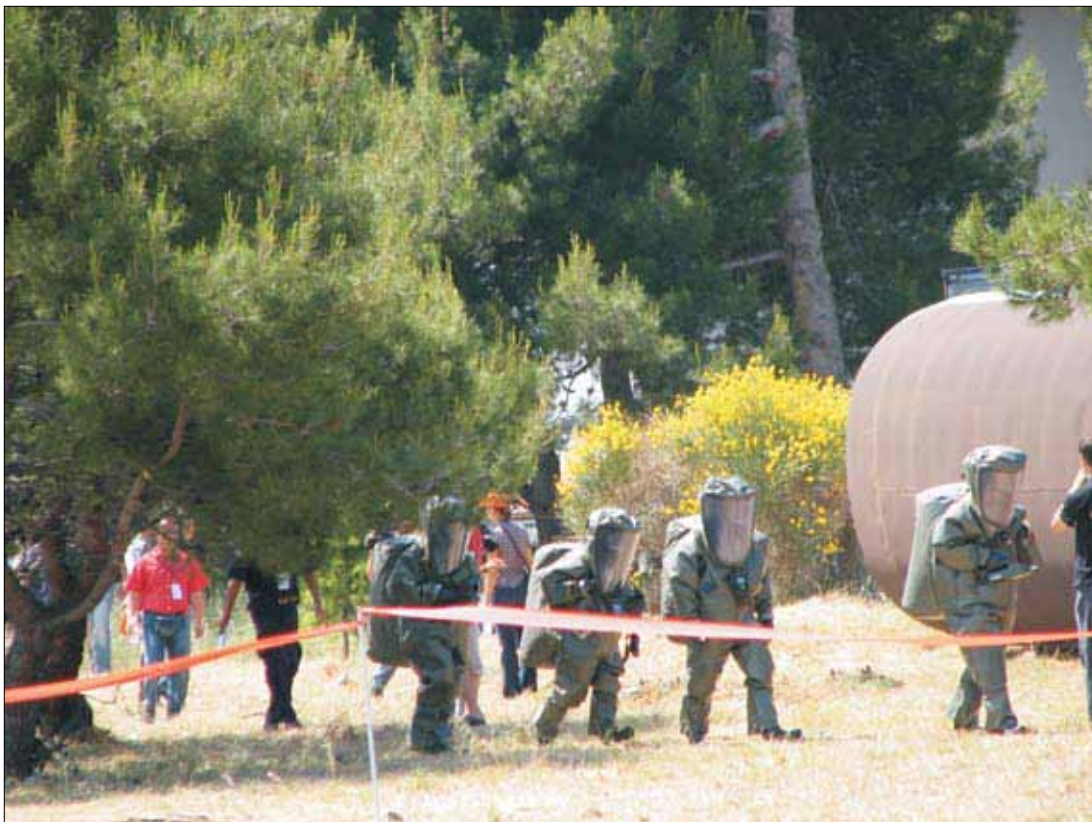
Udeleženci

Avstrija (23 vozil, 69 reševalcev), Belgija (4 vozila, 10 reševalcev), Bosna in Hercegovina (3 vozila, 17 reševalcev), Bolgarija (7 vozil, 22 reševalcev, 1 pes), Finska (3 vozila, 17 reševalcev),



Slika 9. Na železniški postaji Bibinje je prišlo do iztirjenja vlaka, ki je vozil nafto.

Figure 9. A train carrying oil was de-railed at Bibinje railway station.

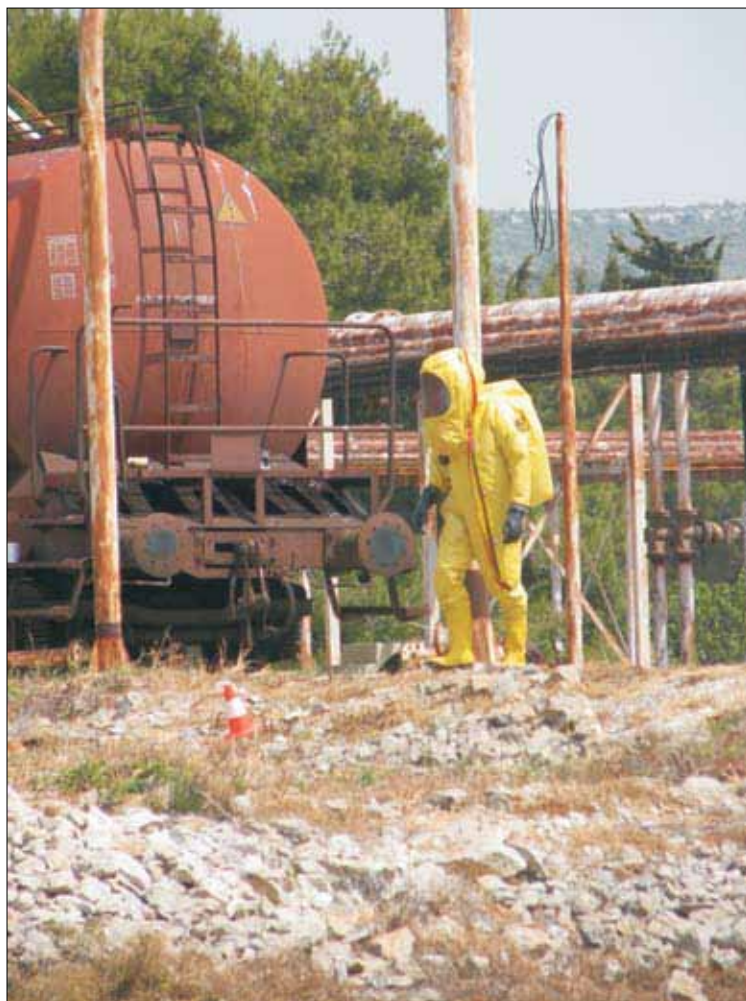


Slika 10. Neprodušno zaščiteni reševalci so reševali človeška življenja.

Figure 10. Hermetically protected rescuers saved human lives.

Slika 11. V pristanišču Gaženica je ob potresu prišlo do poškodb cevi za raztovarjanje tekočih tovorov in s tem do razlitja nevarnih snovi.

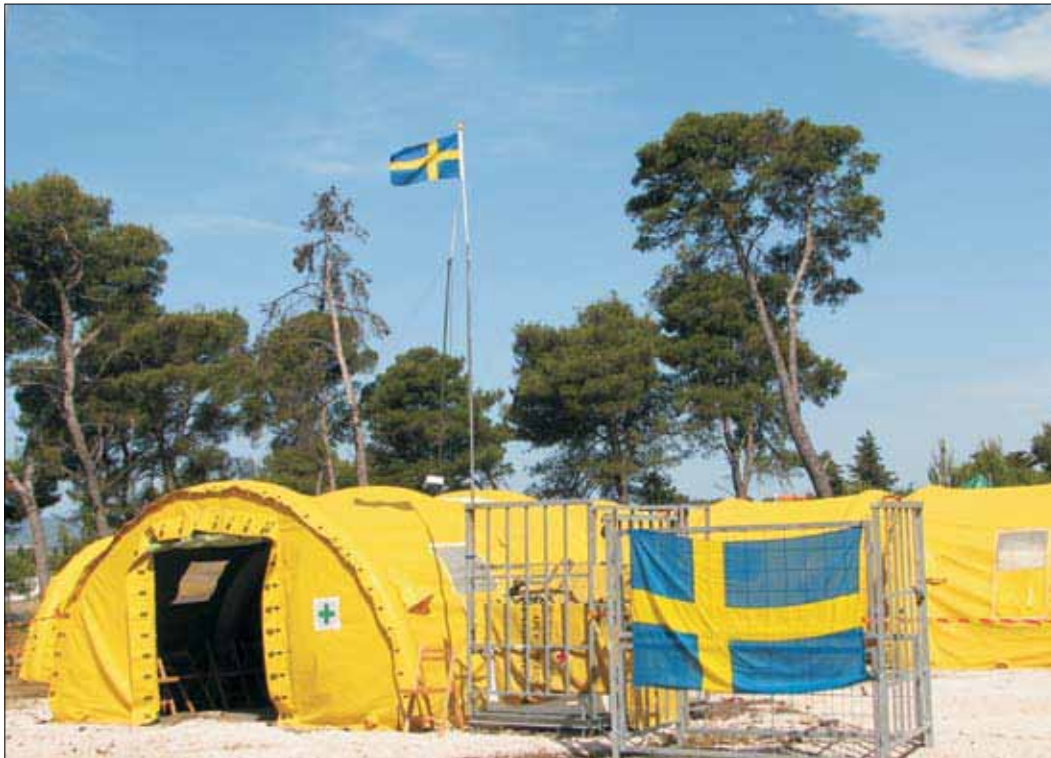
Figure 11. At the port of Gaženica, damage occurred during an earthquake to pipes for unloading liquid cargos and thus to a spillage of a hazardous substance.



Slika 12. Ranjence so odvažali gasilci in reševalna vozila.

Figure 12. The injured are taken away by firefighters and ambulances.





Slika 13. V kampu Bošana pred Biogradom na moru je bila postavljena poljska bolnica, ki je že reševala življenja v Darfurju, pa tudi drugod po svetu.

Figure 13. A field hospital was set up in a camp at Bošana by Biograd na moru, which had already saved lives in Darfur as well as elsewhere in the world.



Slika 14. V bolnici lahko nudijo prvo pomoč, najnujnejše operacije in ambulantno zdravljenje bolnikov in poškodovanih.

Figure 14. The hospital provides first aid, the most urgent operations and a clinic for treating patients and the injured.



Slika 15. Na morju je potekalo gašenje požara na ladji, ki je v pristanišče pripeljala nevarni tovar.

Figure 15. At sea, a fire was extinguished on a ship carrying hazardous cargo to the port.



Slika 16. Ponesrečence v morju so reševale helikopterske enote.

Figure 16. The injured from the sea were rescued by a helicopter unit.

Armenija (6 reševalcev), Madžarska (9 vozil, 31 reševalcev, 2 psa), Kazahstan (9 reševalcev), Litva (6 vozil, 23 reševalcev, 2 psa), Makedonija (3 vozila, 8 reševalcev), Črna Gora (6 vozil, 20 reševalcev), Moldavija (2 vozili, 9 reševalcev), Poljska (5 vozil, 21 reševalcev, 3 psi), Romunija (7 vozil, 24 reševalcev), Srbija (1 vozilo, 5 reševalcev), Slovaška (13 vozil, 39 reševalcev), Švedska (6 vozil, 30 reševalcev), Ukrajina (2 vozili, 9 reševalcev), ZDA (1 reševalec), Slovenija (5 vozil, 19 reševalcev) in Hrvaška (170 reševalcev). Iz Slovenije so sodelovale naslednje enote: enota za hiter odziv – poveljstvo, potapljaška enota, enota za nuklearno, biološko in kemično dekontaminiranje in enota za prečiščevanje vode. Poveljnik vaje je bil Guenter Bretschneider, vodja EADRCC.

Zaključek

Vaja je potekala v okolici Zadra, na lokacijah v Bokanjcu (reševanje iz ruševin), istočasno je potekalo reševanje v morju in industrijskem pristanišču v Gaženici. V kampu Bošana pred Biogradom so bili nameščeni prebivalci, rešeni iz ruševin in terenska bolnica. Na letališču v Zadru je potekala demonstracija saniranja posledic ugrabitve letala in terorističnega napada z biološkimi sredstvi. Zadnje prizorišče je bilo reševanje in odpravljanje posledic železniške nesreče na postaji Bibinje.

Za nas najbolj zanimiv je bil prikaz reševanja ponesrečencev iz ruševin (Bokanjac) kot tudi iz visokih stavb (Gaženica). Pri tem so sodelovali reševalci iz Avstrije, Bolgarije, Finske, Gruzije, Hrvaške, Madžarske, Moldavije in Poljske.



Slika 17. Vajo IDISSA 2007 si je poleg drugih pomembnih predstavnikov NATO-a, Partnerstva za mir, predstavnikov različnih evropskih inštitucij in združenj, ministrov in drugih pomembnih gostov, ogledal tudi predsednik Republike Hrvaške Stjepan Mesić. Fotografija je povzeta iz Zadarskega lista (24. maj 2007).

Figure 17. The exercise IDASSA 2007 was watched by President of the Republic of Croatia Stjepan Mesić, as well as other important representatives of NATO, the Partnership for Peace, representatives of various European institutions and integrations, ministries and other important guests. The photograph is take from Zadarski list (24 May 2007).



Slika 18. Ob zaključku vaje so predstavniki različnih mednarodnih komisij, ki so spremljale potek posameznih dejavnosti, izrazili podporo tovrstnim vajam, ki prispevajo k boljšemu sodelovanju in povezovanju posameznih držav v primeru katastrofalnih nesreč.

Figure 18. At the conclusion of the exercise, representatives of the various international commissions who had monitored the course of individual activities expressed support for such exercises, which contribute to better cooperation and linkage among various countries in the event of catastrophic accidents.

To je bila že druga večja vaja na Hrvaškem. Prva, »Krotitev zmaja«, je bila maja 2002 v okolici Makarske. Poleg predstavnikov NATO-a in Partnerstva za mir, so vajo spremljali tudi predstavniki različnih teles NATO-a, predstavniki Evropske unije, Pakta stabilnosti za jugovzhodno Evropo, Sveta Evrope in številni drugi opazovalci. Vajo so v celoti spremljale mednarodne komisije, ki so tudi naredile končno analizo dogajanj k boljšemu sodelovanju v prihodnosti.

Konec vaje IDASSA 2007 je bil v znaku skupne demonstracije reševanja ponesrečenih v požaru na ladji na odprtem morju, kot tudi pri eksplozijah in iztekanju strupenih snovi v industrijskem pristanišču. V vaji so bili udeleženi potapljači, gasilci, CBRN enote, medicinski reševalci, gorske reševalne službe, nameščene so bile ovire za razširjanje onesnaženja na morju, SAR ekipe, ki so zadolžene za iskanje in reševanje ponesrečencev, najbolj atraktivna je vsekakor bila udeležba reševalnega helikopterja.

Po ogledu predstavljenih aktivnosti lahko rečemo, da so vsi udeleženci prispevali po svojih najboljših močeh in sodelovali ne glede na jezikovne, politične ali kakršnekoli druge ovire. Vse to je premagal skupni cilj – pomagati v nesreči.

Literatura

<http://www.mup.hr/4670.aspx> (28. maj 2007)

http://www.morh.hr/vijesti_main.asp?id=1203 (28. maj 2007)

<http://www.nato.int/eadrcc/2007/05-idassa/index.htm> (29. maj 2007)

<http://duzs.hr/page.aspx?PageID=269> (29. maj 2007)

<http://www.sos112.si/slo/clanek.php?catid=27&id=1728> (29. maj 2007)



GENERALNA SKUPŠČINA EVROPSKEGA ZDRUŽENJA GEOZNANOSTI GENERAL ASSEMBLY OF EUROPEAN GEOSCIENCES UNION

Izidor Tasič, Peter Sinčič

Povzetek

Na Dunaju je od 15. do 20. aprila 2007 potekala v Austria Centru Vienna generalna skupščina EGS (European Geophysical Society), ki pokriva področja geofizikalnih znanosti. Množica plakatov in predavanj, skupaj več kot 11.000, je nudila vpogled kaj se na področjih kot so geologija, geofizika, geokemija, planetologija, oceanografija, hidrologija, meteorologija, seizmologija, itd. trenutno dogaja in kateri projekti tečejo. Marsikateri od njih so bili prvič predstavljeni. Imeli smo več delovnih sestankov s proizvajalci seizmološke opreme, obiskali pa smo tudi Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.

Abstract

The General Assembly of the European Geophysical Society conference covering all areas of geophysics was held in the Austria Center in Vienna between 15th and 20th April, 2007. Great number, more than 11 000, of lectures and poster presentations offered insight on novelties in geophysics, geochemistry, mineralogy, petrology, volcanology, geodesy, geodynamics, geomorphology, geosciences instrumentation and data systems, seismology, stratigraphy, sedimentology, paleontology, tectonics and structural geology, etc. We had several working meetings with the manufacturers of seismic equipment, and also visited Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.

Na Dunaju je od 15. do 20. aprila 2007 potekala v Austria Centru Vienna generalna skupščina EGS (European Geophysical Society), ki pokriva področja geofizikalnih znanosti. Namen konference je bil prikaz dejavnosti in vzpodbujanje sodelovanja med znastveniki na različnih področjih kot so geologija, geofizika, geokemija, planetologija, oceanografija, hidrologija, meteorologija, seizmologija, itd., razvrščenih v 24 programskih skupin. Srečanja se je udeležilo več tisoč obiskovalcev, ki so imeli odlično priložnost dobiti pregled, kaj je novega na mnogih področjih s katerimi se ukvarjajo. Množica plakatov in predavanj, skupaj več kot 11.000, je nudila vpogled kaj se v naštetih področjih znanosti trenutno dogaja in kateri projekti tečejo, marsikateri od njih so bili prvič predstavljeni.

Iz Urada za seizmologijo in geologijo Agencije RS za okolje, smo se konference udeležili: Izidor Tasič, Marko Mali in Peter Sinčič. Pozornost smo posvetili predvsem prispevkom s področja seizmologije: seizmološke mreže, kalibracija inštrumentov, prezentacija seizmoloških podatkov, seizmični hazard, nova intenzitetna lestvica poškodb v naravi, avtomatično razpoznavanje posameznih faz valovanja. Predstavili pa smo tudi dva prispevka.

V prispevku »Automatic Control of Stability of Slovenian Strong Motion Network« smo predstavili avtomatiziran postopek kalibracije akcelerometrov na opazovalnicah mreže za beleženje močnih potresov in programsko opremo, ki smo jo razvili v ta namen.

V drugem prispevku »Analysis of Real Time Seismic Data Transmission Used by Slovenian Seismic Network« v sekciji Geosciences Instrumentation and Data Systems - Open session on Geoscience Instrumentation smo predstavili različne prenosne sisteme, ki jih uporabljamo za prenos podatkov s potresnih opazovalnic v središče za obdelavo in analizo izpada podatkov zaradi prekinitev delovanja posameznih prenosnih sistemov.

Pogovori so potekali tudi z različnimi proizvajalci seizmološke opreme. Pomemben je bil pogovor s predstavnikom podjetja Güralp Systems Ltd. v zvezi s povečanim šumom na horizontalnih komponentah seizmometrov CMG-3ESPC, ki so nam jih poslali v letu 2006. Predstavniku podjetja Güralp Systems Ltd. gospodu Nathanu Pearceju smo pokazali šum posameznih komponent seizmometrov CMG-3ESPC, ki je prisoten na vseh seizmometrih, se pogovorili o možnih vzrokih nastanka šuma in o nadaljnem ukrepanju. G. Pearce je napako spoznal kot sistemsko napako tega tipa seizmometra in zagotovil brezplačno zamenjavo vseh seizmometrov z novimi.

Obiskali smo tudi Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), oddelek za geofiziko v zvezi s projektom povečanega seizmičnega opazovanja Krško-Brežiškega polja, pri katerem bo vložek ZAMG seizmološka oprema. Že na sestanku v Ljubljani 2. marca 2007 smo se dogovorili o možnostih sodelovanja med ZAMG in Uradom za seizmologijo in geologijo Agencije RS za okolje, katerega glavni del naj bi bila izmenjava seizmoloških podatkov. Realizirali smo sklep o posoji seizmološke opreme, kompatibilne z opremo, nameščeno na potresnih opazovalnicah državne mreže. Naš del dogovora obsega namestitve in vzdrževanje opreme ter po potrebi posredovanje seizmoloških podatkov zainteresiranim partnerjem.