



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
UPRAVA RS ZA GEOFIZIKO



POTRESI V LETU 1996

Ljubljana, 1997

POTRESI V LETU 1996
EARTHQUAKES IN 1996

UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA GEOFIZIKO
GEOPHYSICAL SURVEY OF SLOVENIA
Ljubljana 1997

POTRESI V LETU 1996
EARTHQUAKES IN 1996

IZDALA IN ZALOŽILA - PUBLISHED BY

Ministrstvo za okolje in prostor
Uprava RS za geofiziko

UREDNIK - EDITOR

Renato Vidrih

TEHNIČNI UREDNIK - TECHNICAL EDITOR

Peter Sinčič

LEKTOR - LECTOR

Brigita Lipovšek

TISK - PRINTED BY

Formatisk p.o.
Bobenčkova 4
Ljubljana

CIP - Kataložni zapis v publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica,
Ljubljana
UDK 550.34.100 "1997"
ISSN 1318 - 4792
Potresi v letu 1996/ur. R. Vidrih.-
Ljubljana:
Uprava RS za geofiziko, 1997

Po mnenju Ministrstva za znanost in tehnologijo Republike Slovenije
št. 415-01-166/97 z dne 24. 12. 1997 šteje publikacija med proizvode, za
katere se plačuje 5% davek od prometa proizvodov.

NASLOVNICA

Stoletnico prve potresne opazovalnice na Slovenskem, ki je začela delovati 18. septembra 1897 v prostorih višje realke na Vegovi ulici v Ljubljani (danes Srednja šola za elektrotehniko in računalništvo), in spomin na pionirja slovenske seizmologije dr. Albina Belarja (1864-1939) smo seizmologi počastili s postavitvijo spominske plošče na pročelje šole. Obležje, ki sta ga sofinancirala Ministrstvo za okolje in prostor - Uprava RS za geofiziko in Mestna občina Ljubljana, je odkril minister za okolje in prostor, dr. Pavel Gantar.

COVER PAGE

Seismologists marked the 100th anniversary of the first earthquake monitoring station in Slovenia by erecting a commemorative plaque on the front of the present day High School for Electrical Engineering and Computing in Vegova street in Ljubljana, the building where the station began operations on September 18, 1897, when the building was a higher school of real sciences. The plaque commemorates the first monitoring station and the pioneer of Slovenian seismology, Dr Albin Belar (1864-1939). The plaque was financed by the Ministry for the Environment and Physical Planning, the Geophysical Survey of the Republic of Slovenia and the Municipality of Ljubljana. It was unveiled by Dr Pavel Gantar, the Minister for the Environment and Physical Planning.

VSEBINA CONTENTS

<i>Uvod</i>	I
<i>Introduction</i>	II
<i>Predgovor</i>	III
<i>Preface</i>	V
Peter Sinčič, Renato Vidrih, Manfred Deterding <i>Potresne opazovalnice v Sloveniji v letu 1996</i> <i>Seismic Network in Slovenia in 1996</i>	1
Ina Cecić, Mladen Živčić, Andrej Gosar <i>Potresi v Sloveniji leta 1996</i> <i>Earthquakes in Slovenia in 1996</i>	11
Andrej Gosar, Ina Cecić, David Dolenc, Mladen Živčić <i>Potres 3. oktobra 1996 pri Žalcu in popotresni sunki</i> <i>The 3 October Earthquake and Its Aftershock Sequence</i>	51
Janez Lapajne, Blaž Zabukovec, Barbara Šket Motnikar, Polona Zupančič <i>Državna karta projektnega pospeška tal</i> <i>National Design Ground Acceleration Map</i>	63
Renato Vidrih, Matjaž Godec, Ina Cecić <i>Posledice septemberskih potresov v dubrovniškem primorju</i> <i>The Effects of the September Earthquakes in Southern Dalmatia, Croatia</i>	75
Renata Mukavec, Renato Vidrih, David Dolenc <i>Močnejši potresi po svetu leta 1996</i> <i>Largest World Earthquakes in 1996</i>	87

UVOD

Pred nami je že šesta publikacija o potresih v tekočem letu. Že naslovnica nam pove, da jo posvečamo 100. obletnici prve potresne opazovalnice na Slovenskem, zato smo jo razširili z večjim številom prispevkov sodelavcev Uprave RS za geofiziko.

Upam, da boste z zanimanjem prebirali številne podatke o potresih doma in po svetu. Sedem stalnih potresnih opazovalnic, ki so razporejene po Sloveniji, je v letu 1996 zapisalo 2 535 potresnih dogodkov, od tega 569 oddaljenih, 1 307 regionalnih, 463 lokalnih in 169 umetno povzročenih potresov.

Najmočnejša potresa v Sloveniji sta bila 25. septembra v okolici Medvod z magnitudo 3,7 in največjo intenziteto med IV. in V. stopnjo po EMS-lestvici ter 4. oktobra v okolici Žalca z magnitudo 3,5 in največjo intenziteto V. stopnje po EMS-lestvici. Intenzitete so tokrat prvič podane v novi evropski potresni lestvici - EMS, ki je, podobno kot MCS in MSK, 12-stopenjska.

V svetovnem merilu je nastalo več potresov, ki so presegli magnitudo 7,0, največ smrtnih žrtev pa je zahteval potres 3. februarja v severozahodnem delu kitajske pokrajine Yunnan z magnitudo 6,3. Ob potresu je umrlo 251 ljudi, 4 027 pa jih je bilo huje ranjenih. V letu 1997 je za posledicami rušilnih potresov umrlo 493 ljudi, kar je bistveno manj od povprečja zadnjih let (v letih 1991 do 1995 je zaradi posledic potresov umrlo 26 500 ljudi, samo v letu 1995 pa 7 900).

Renato Vidrih

Urednik

INTRODUCTION

We have in front of us the sixth publication about earthquakes which has come out in the last year. The title already shows that it is devoted to the 100th anniversary of the first earthquake monitoring station in Slovenia. For this reason, it has been expanded by a number of contributions by associates of the Geophysical Survey of the Republic of Slovenia.

I hope you find it interesting to go through the abundant data on earthquakes at home and abroad. Seven permanent earthquake monitoring stations located around Slovenia registered 2 535 earth-tremor events in 1996, of which 569 were distant, 1 307 were regional, 463 local and 169 were artificially-initiated quakes.

The strongest earthquakes in Slovenia occurred on September 25 around Medvode with a magnitude of 3.7 and the highest intensity between degrees IV and V according to the EMS scale, and on October 4 around Žalec with a magnitude of 3.5 and the highest intensity of degree V according to the EMS scale. For the first time, the intensity has been expressed in EMS - the new European Macroseismic Scale, which is also a 12 degree scale, similar to MCS and MSK.

In global terms, there were a number of earthquakes exceeding a magnitude of 7.0. The most fatalities occurred in the February 3 earthquake in the north-western part of the Chinese province of Yunnan with a magnitude of 6.3. 251 people died in the earthquake and 4 027 were seriously injured. In 1997, 493 people died as a result of destruction-causing earthquakes, significantly less than the average of the last few years (in the 1991 to 1995 period, 26 500 people died as a result of earthquakes, 7 900 died in 1995 alone).

Renato Vidrih

Editor

PREDGOVOR

Ob koncu prejšnjega stoletja, natančneje 18. septembra 1897, je naravoslovec in pionir slovenske seizmologije dr. Albin Belar v pritličju višje cesarsko-kraljeve realke v Vegovi ulici 4 v Ljubljani postavil prvi potresomer na našem ozemlju. To je bil temelj prve potresne opazovalnice in začetek instrumentalnega zapisovanja potresov ter seizmološke vede sploh na Slovenskem. Stoletnico rojstva nove dejavnosti sta Ministrstvo za okolje in prostor in v njegovem sestavu Uprava Republike Slovenije za geofiziko ter mesto Ljubljana počastila s postavitvijo spominske plošče na pročelju nekdanje realke, stavbe, v kateri je danes Srednja šola za elektrotehniko in računalništvo.

Potresna opazovalnica je v realki delovala do leta 1919. Čas med leti 1897 in 1919 pa je po zaslugi dr. Belarja eno najsvetlejših obdobj slovenske seizmologije. V letih 1924-1941 je bila ljubljanska opazovalnica v sestavu Zavoda za meteorologijo in geodinamiko in je delovala v zgradbi Univerze na Kongresnem trgu, vodil pa jo je geograf Oskar Reya. Ker se je večina zapisov tako iz prvega kot tudi drugega obdobja izgubila, je začel seizmolog dr. Vladimir Ribarič leta 1954 ponovno graditi temelje slovenske seizmologije in leta 1958 je na observatoriju Golovec v Ljubljani ponovno steklo instrumentalno zapisovanje potresov. Najprej se je seizmološka dejavnost odvijala na Geofizikalnem inštitutu Univerze v Ljubljani (ki je skupaj z Astronomskim inštitutom tvoril Astronomsko geofizikalni observatorij), od leta 1980 pa na Seizmološkem zavodu (Socialistične) Republike Slovenije, ki je bil ustanovljen kot republiška upravna organizacija. Ob koncu leta 1994 se je zavod preimenoval v Upravo Republike Slovenije za geofiziko. Uprava je v sestavu Ministrstva za okolje in prostor.

Danes zaposluje Uprava RS za geofiziko strokovnjake različnih strok - geofizike in posebej seizmologije, fizike, geologije, gradbeništva, elektronike, matematike in računalništva. Njene naloge so postavljanje državne mreže potresnih opazovalnic na ozemlju Slovenije, zapisovanje potresov in vrednotenje zapisov, obveščanje ustreznih služb in javnosti o potresih, ocenjevanje potresne nevarnosti, priprava zakonskih aktov ter skrb še za nekatera druga geofizikalna področja. Poleg trenutno 24 stalno zaposlenih sodelavcev lahko potresni službi prištejemo še okoli 4400 neplačanih prostovoljnih sodelavcev iz vse Slovenije, ki ob morebitnih potresih prispevajo pomembne podatke o potresnih učinkih v svoji okolici. Vsem se na tem mestu najlepše zahvaljujem za sodelovanje.

Od leta 1994 izdaja uprava (kot naslednik Seizmološkega zavoda) lastno letno publikacijo o potresih. Ker so bili pred tem v publikaciji Naše nebo in Zemlja objavljeni zadnji podatki o potresih za leto 1990, je Seizmološki zavod RS leta 1994 izdal tri publikacije, ki so obravnavale potrese v letih 1991, 1992 in 1993. Od leta 1995 dalje pa Uprava RS za geofiziko redno objavlja podatke o potresih za preteklo

letu. Tako obravnava letošnja publikacija potrese v letu 1996. Vseh pet dosedanjih publikacij je imelo tri dele: uvodni del z opisom potresnih opazovalnic, ki so zapisovale obravnavane potrese, obsežen vodilni prispevek s podatki in podrobnejšo razlago potresov v preteklem letu in nekoliko krajši prispevek o pomembnejših potresih v preteklem letu.

Naj ob tem dodam, da je dr. Belar od leta 1901 do 1910 izdajal mesečnik "Die Erdbebenwarte" (Potresna opazovalnica), v katerem so objavljali svoje prispevke znani evropski in japonski seizmologi, geologi in zgodovinarji. Belarjev mesečnik je bil med prvimi seizmološkimi revijami v svetu. Naša publikacija je torej le skromen naslednik Belarjeve revije. Zato smo šesto publikacijo nekoliko obogatili in jo posvečamo stoti obletnici slovenske seizmologije ter Belarjevemu spominu. Vsebino smo razširili in popestrili. Trem tradicionalnim prispevkom smo dodali še tri. V enem je podrobneje opisan potres pri Žalcu, ki je imel med vsemi potresi na ozemlju Slovenije v letu 1996 največje učinke, drug pa opisuje vtise ekipe Uprave RS za geofiziko, ki si je ogledala posledice niza potresov v Dubrovniškem primorju v istem letu. V letu 1997 je bila zaključena regionalna raziskava potresne nevarnosti v Sloveniji in izdelana državna karta projektnega pospeška tal, ki bo v standardih in predpisih o potresno varni gradnji zamenjala dosedanjo seizmološko karto. V posebnem prispevku sta nekoliko poenostavljeno opisana karta in postopek njene izdelave. K vsebinski popestritvi je prispevalo kar 13 sodelavcev uprave, kar je več kot polovica vseh stalno zaposlenih. Avtorjem prispevkov, uredniku in drugim sodelavcem se zahvaljujem za trud, ki so ga vložili v pripravo prispevkov in publikacije, bralcem pa želim prijetno in koristno branje.

Dr. Janez Lapajne

Direktor Uprave RS za geofiziko

PREFACE

At the end of the last century, or more precisely on September 18, 1897, Dr Albin Belar, scientist and Slovenian seismological pioneer, installed the first earthquake-measuring instruments in Slovenia on the ground floor of the higher regional-empire school of real sciences on no. 4 Vegova street in Ljubljana. These were the beginnings of the first earthquake monitoring station and the first recording of earthquakes using instruments. In fact, it was the beginning of seismological science in Slovenia. The Ministry of the Environment and Physical Planning, with the Geophysical Survey of the Republic of Slovenia as its integral part, and the town of Ljubljana celebrated one century since the birth of the new science in Slovenia by erecting a commemorative plaque on the front of the former higher school for the real sciences, which is the present day High School for Electrical Engineering and Computing.

The earthquake monitoring station functioned in the school up till 1919. Thanks to the achievements of Dr Albin Belar, the period between 1897 and 1919 was one of the brightest periods of Slovenian seismology. Between 1921 and 1941, the Ljubljana earthquake monitoring station was part of the Institute for Meteorology and Geodynamics and located in the University building on Kongresni trg. It was led by Oskar Reya, a geographer. As most earthquake recordings from both the first and second periods were lost, seismologist Dr Vladimir Ribarič began to rebuild the foundations of Slovenian seismology in 1954. In 1958, the instrument-assisted recording of earthquakes was reintroduced at the observatory in Golovec in Ljubljana. Seismological studies were first conducted at the Geophysical Institute (which was, together with the Astronomy Institute, a co-founder of the Astronomy and Geophysical Observatory) of the University of Ljubljana. After 1980, seismology was conducted at the Seismology Survey of the (then Socialist) Republic of Slovenia which was established as an administrative unit of the republic. At the end of 1994, the administrative unit was renamed the Geophysical Survey of the Republic of Slovenia. The Geophysical Survey is part of the Ministry of the Environment and Physical Planning.

Today the Geophysical Survey of the Republic of Slovenia employs experts drawn from different professions - geophysics and, in particular, seismology, physics, geology, civil engineering, electronics, mathematics and computing. Its task is to set up a national network of earthquake monitoring units in Slovenia, to record earthquakes and evaluate recordings, to inform the relevant public services and the public at large about earthquakes, to assess danger caused by earthquakes, to prepare legislation and monitor other geophysical fields. In addition to the current 24 people employed full time, another 4400 volunteers assist around Slovenia and can be considered as part of the earthquake units. In the event an earthquake occurs, these volunteers report important data on the effects of an earthquake in their neighbourhood. Here today I thank all of them for their co-operation.

From 1994, the Geophysical Survey (in its role as successor to the Seismological Survey of The Republic of Slovenia) issues its annual publication on earthquakes. As the previous publication "Our Sky and Earth" included data on earthquakes for 1990, the Seismological Survey issued three publications in 1994, covering earthquakes in 1991, 1992 and 1993. From 1995 on, the Geophysical Survey of the Republic of Slovenia publishes data on earthquakes for the previous year on a regular basis. Therefore, the 1997 publication covers earthquakes in 1996. All five publications issued to date comprise three segments: an introduction with a description of the monitoring stations which recorded the earthquakes being described, an extensive leading commentary including data and a more detailed description of the earthquakes in the previous year and a somewhat shorter commentary on the more important earthquakes in the previous year.

Let me add to all this that in the 1901 to 1910 period Dr Belar published a monthly journal entitled "Die Erdbebenwarte" (the Earthquake Monitoring Station) in which well-known seismologists, geologists and historians from across Europe and Japan published their work. Belar's monthly was one of the first seismological journals in the world. Therefore, our publication is only a modest successor to Belar's journal. This is one reason why we improved the sixth publication and expanded it for the hundredth anniversary of Slovenian seismology and the memory of Belar. We have extended and enriched the contents. In addition to the usual three commentaries we have added another three. One commentary describes in detail the earthquake at Žalec, which had the strongest effect of all earthquakes in 1996 in Slovenia. The second commentary describes the impressions of the Geophysical Survey of the Republic of Slovenia team upon viewing the impact of a series of earthquakes along the Dubrovnik coastline during 1996. In 1997, regional research was completed on earthquake dangers in Slovenia. A map of the country was prepared revealing earth volatility which will be replace the existing seismological map in determining standards and regulations on safe buildings and constructions. In a separate commentary, the map is described in a simplified manner together with the procedure used for preparing it. Also contributing to a more varied content are 13 management associates, or more than half of all full-time employees. I thank the authors of those articles, the editor and my other colleagues for their efforts expended in preparing the commentaries and the publication. I wish the readers pleasant and useful reading.

Dr Janez Lapajne

Director, Geophysical Survey

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

Peter Sinčič, Renato Vidrih, Manfred Deterding

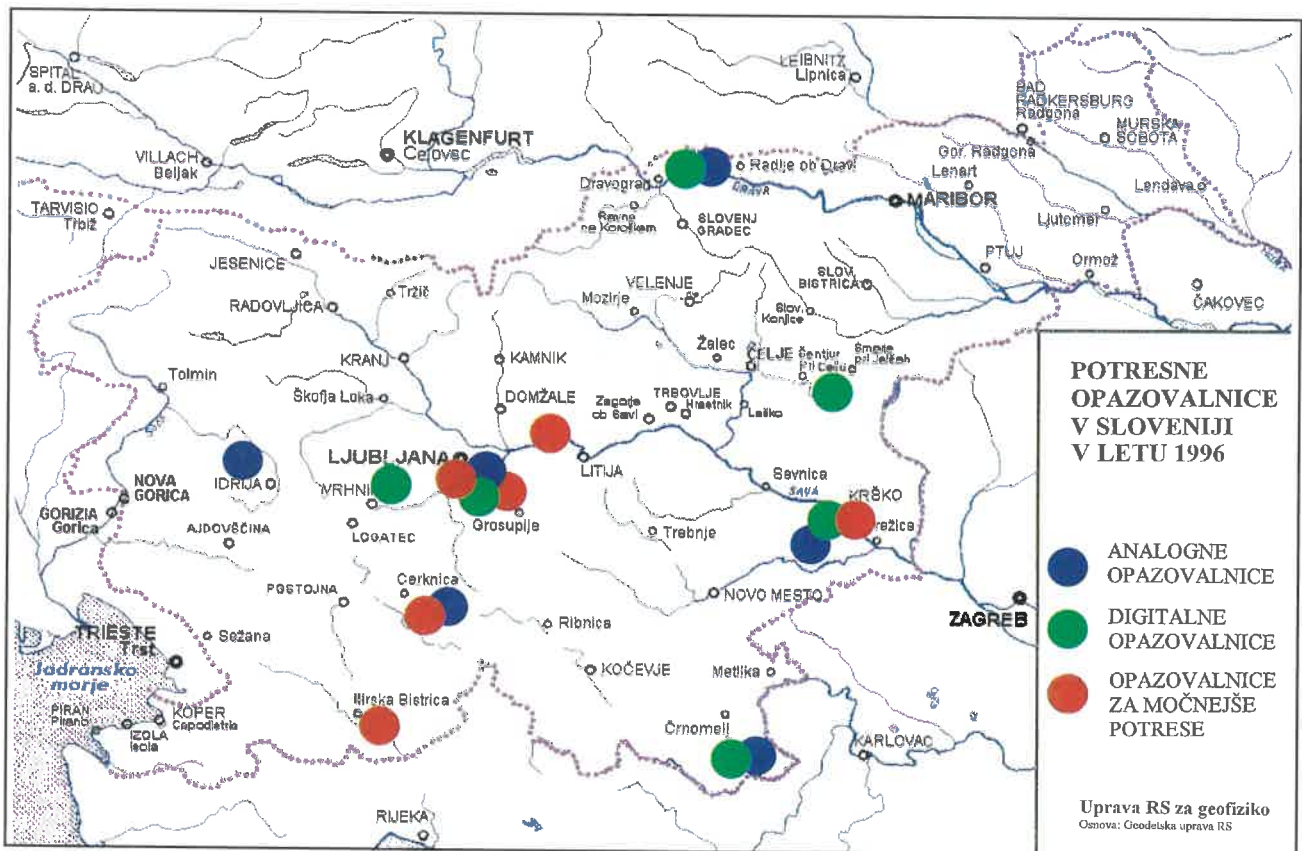
Izvleček. Konec leta 1996 je na ozemlju Republike Slovenije delovalo sedem stalnih potresnih opazovalnic, opremljenih z različnimi vrstami analognih in digitalnih seizmografov. V tem letu smo zgradili dve novi potresni opazovalnici, prvo v vasi Cesta nad Krškim in drugo v Dobrini na Kozjanskem. Z zgraditvijo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

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

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

Uvod

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



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

Opis potresnih opazovalnic

V Ljubljani (LJU) so instrumenti za beleženje potresov postavljeni v Observatoriju na Golovcu. Opazovalnica je zgrajena v karbonskih peščenjakih, ki v seizmogeološkem smislu pomenijo srednje ugodna tla. Opazovalnica ima koordinati 14,53°E in 46,04°N, leži pa na nadmorski višini 396 m. Postaja sodi med potresne opazovalnice prvega reda, kar pomeni, da beleži kratkoperiodne in dolgoperiodne potresne valove na velikih razdaljah ter je del svetovnega omrežja. Da bi bili podatki zanimivi za svetovno mrežo, morajo ustrezati svetovnim standardom. Enako velja za opremo in njeno delovanje. Dolgoperiodni sistem sestavljajo vertikalni in dva horizontalna seizmometra Sprengnether, galvanometri Lehner & Griffith pa zapisujejo signale s svetlobnim žarkom na fotopapir na pisaču Sprengnether. Povečava sistema je 1 300/1 s (vertikalna komponenta). V pogonu je tudi kratkoperiodni sistem podjetja Lehner & Griffith z zapisom na fotopapir. Povečava tega sistema je 12 000/1 s (vertikalna komponenta). Sistem z vidljivimi zapisi sestavljajo seizmometri Willmore MK-II, seizmografski ojačevalniki SO-01, ki so jih razvili strokovnjaki Seizmološkega zavoda, ter pisači Günter Volk z galvanometri Astromed. Maksimalna povečava vidljivega sistema je 46 700/0,4 s (vertikalna komponenta). Vsi zapisi so opremljeni s časovnimi signali, ki jih daje natančna ura. Elektronsko uro UK-03 so prav tako skonstruirali in izdelali strokovnjaki Uprave RS za geofiziko, njeno natančnost pa nadzorujemo s signali sprejemnika časovnih signalov DCF 77. Z letom 1990 je v

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

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

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

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

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

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

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

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

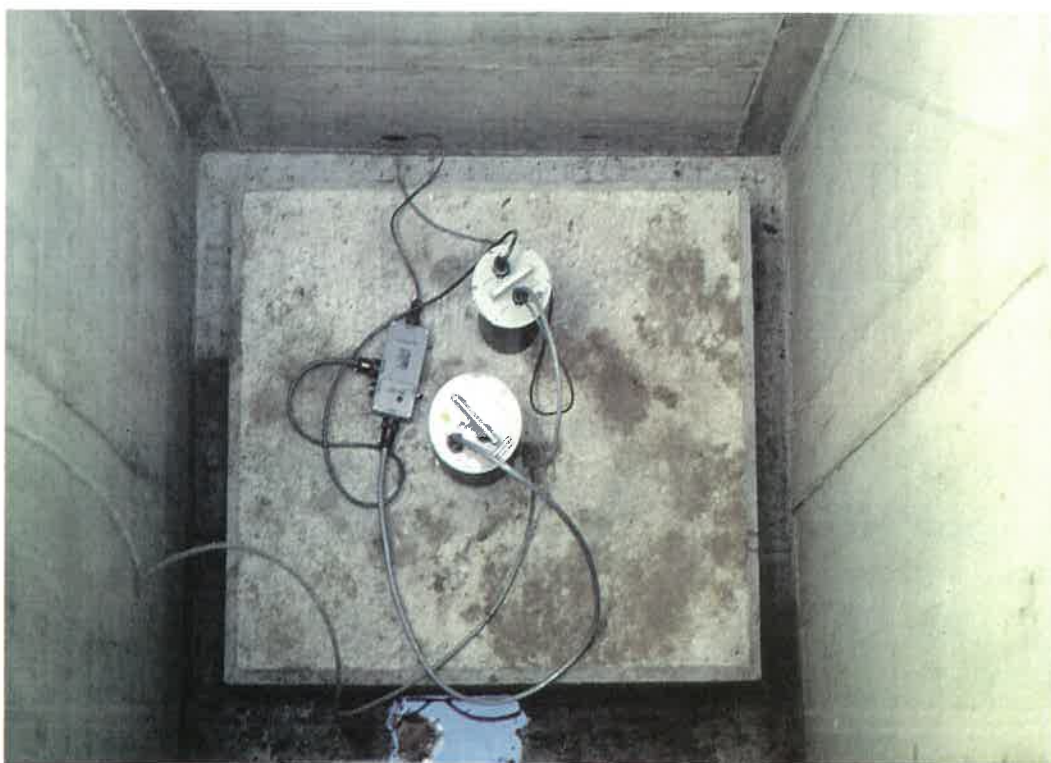
Uprava RS za geofiziko ima tudi dve začasni opazovalnici. Prva je postavljena v Brezju pri Senušah pri Krškem (KBZ). Opremljena je s prenosnim analognim enokomponentnim seizmografom Kinometrics Ps-2. Postavljena je v objektu, ki je zgrajen na krednih apnencih v izmenjavi z laporji, kar je dovolj ugodna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

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

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



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



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

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

Preglednica: Potresi v letu 1996, zabeleženi na slovenskih potresnih opazovalnicah

Table: Earthquakes in 1996 recorded at Slovenian earthquake stations.

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

Oddaljeni potresi / Distant earthquakes

$\Delta > 10^\circ$ (> 1100 km)

Regionalni potresi / Regional earthquakes

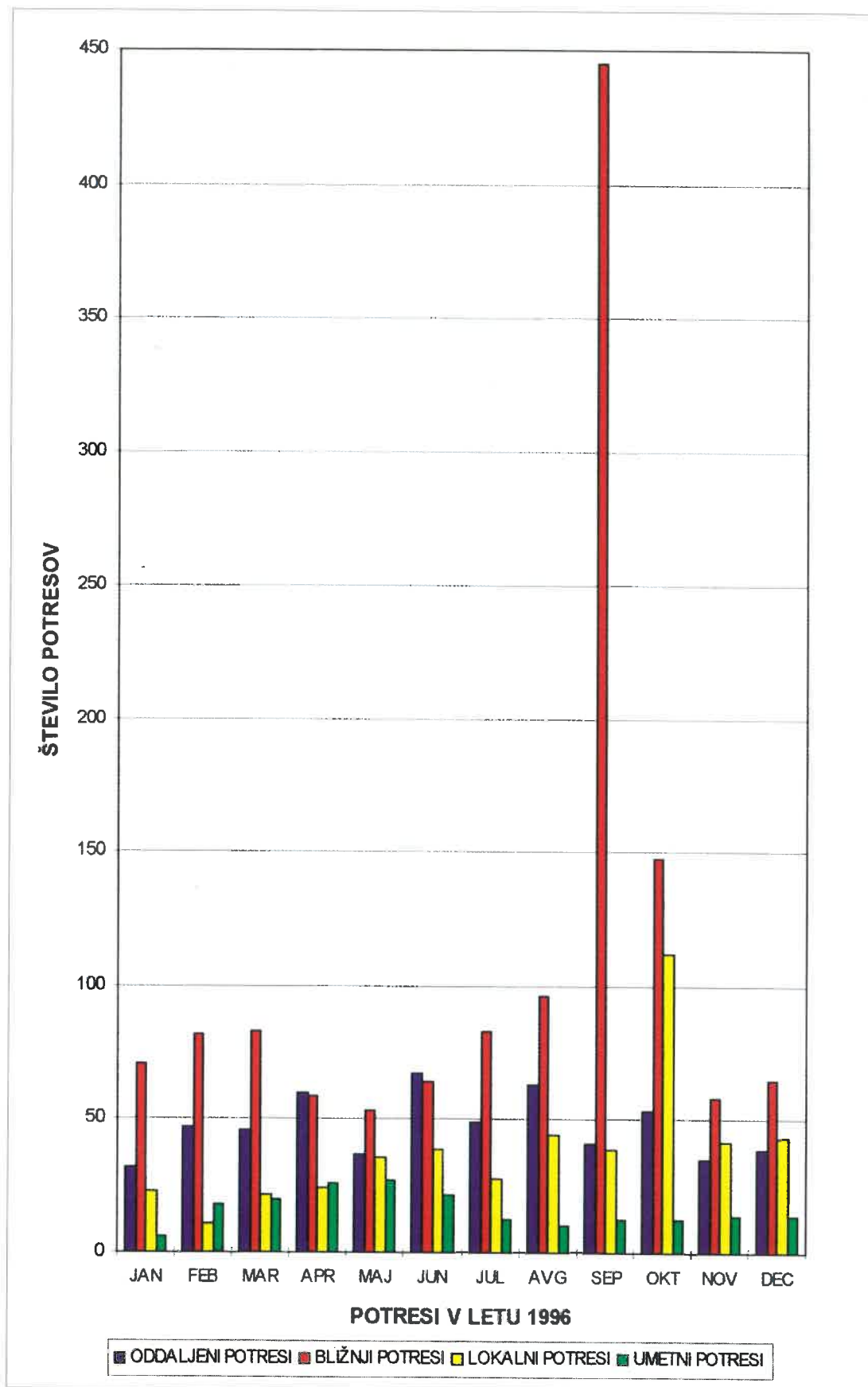
$\Delta < 10^\circ$ (< 1100 km)

Lokalni potresi / Local earthquakes

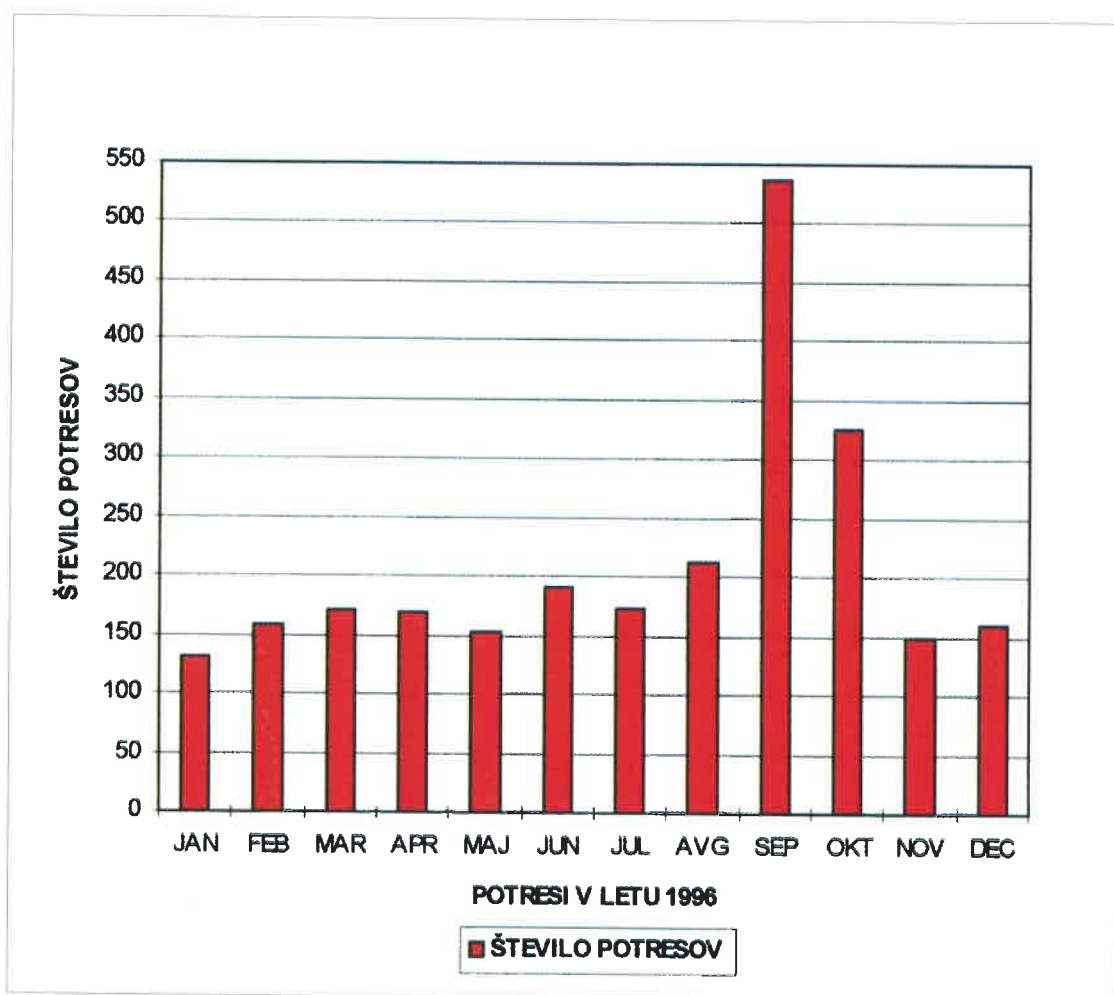
$\Delta \approx 1,5^\circ$ (\approx 160 km)

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

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



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



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

Literatura

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

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

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

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

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

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

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

POTRESI V SLOVENIJI LETA 1996 EARTHQUAKES IN SLOVENIA IN 1996

Ina Cecić, Mladen Živčić, Andrej Gosar

Izvleček. Leta 1996 v Sloveniji ni bilo močnejših potresov, šibkejših pa je bilo kar precej, predvsem septembra in oktobra. Takrat so prebivalci Slovenije čutili več kot 35 potresnih sunkov. Večina žarišč je bila v okolici Žalca, kjer je bil 3. oktobra ob 22. uri 41 minut po svetovnem času UTC (oz. 4. oktobra ob 00. uri in 41 minut po srednjeevropskem poletnem času) tudi drugi najmočnejši potres (po magnitudi) na ozemlju Slovenije v preteklem letu. Lokalna magnituda je bila 3,5, intenziteta pa V. stopnje evropske potresne lestvice (EMS). Potres je v nadžariščnem (epicentralnem) območju povzročil nekaj gmotne škode. Odpadli so drobni kosi ometa in ponekod so nastale lasaste razpoke v ometu.

Najmočnejši potres v Sloveniji je bil 25. septembra ob 17. uri 56 minut po UTC, z žariščem v okolici Medvod. Čeprav je bil po magnitudi močnejši od tistega v Žalcu, je zaradi globljega žarišča dosegel nekoliko šibkejše učinke na površini. Največje intenzitete so bile zaznane v Črnučah in Predosljah, in sicer IV-V EMS.

Najmočnejši potres zunaj naših meja, ki so ga občutili prebivalci Slovenije, je bil 5. septembra ob 20. uri 45 minut UTC v južni Dalmaciji. V nadžariščnem območju je imel učinke VIII. stopnje EMS. Iz zapisov instrumentov v Ljubljani smo izračunali, da je bila lokalna magnituda tega potresa 5,6.

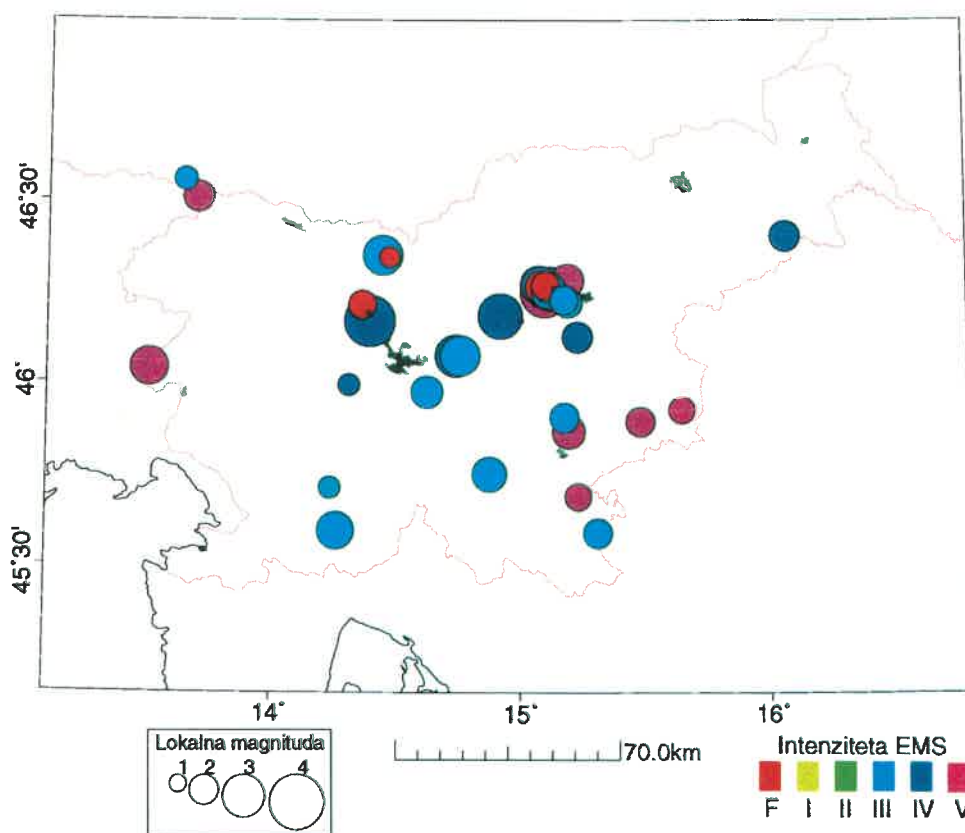
Abstract. Seismic activity in Slovenia was average in 1996. Although there were no strong events, 125 weak earthquakes were recorded. In September and October alone, the inhabitants of Slovenia felt more than 35 earthquakes. Most of them had their foci in the vicinity of Žalec. The strongest event (according to magnitude) in 1996 was recorded on 25 September at 17:56 UTC near Mavčiče. Its magnitude was 3.7 and the maximum intensity was IV-V EMS. The second strongest earthquake (according to magnitude) in 1996 was recorded on 3 October at 22:41 UTC near Žalec. Its local magnitude was 3.5 and had a maximum intensity of V EMS. The earthquake caused some light damage in the epicentral area in the form of hair-line cracks in plaster and dropping of tiny pieces of plaster on some houses. The strongest earthquake outside our borders that was felt in Slovenia occurred on 5 September at 20:45 UTC in the Slano area in Southern Dalmatia, Croatia. The maximum intensity in the epicentral area was VIII EMS. The local magnitude, calculated from the records in Ljubljana, was 5.6.

Uvod

Leta 1996 so instrumenti slovenskih opazovalnic zapisali zelo veliko potresov, ki so

imeli žarišča na ozemlju Slovenije ali v ozkem obmejnem območju sosednjih držav. Prebivalci so jih čutili več kot 50, pri čemer pa natančnega števila nismo mogli ugotoviti. Oktobra je bilo namreč v bližini Žalca izredno veliko šibkih potresnih sunkov in nismo mogli z zanesljivostjo opredeliti, katere med njimi so prebivalci občutili. Opazili smo še učinke devetih potresov, ki so imeli žarišča precej bolj oddaljena od Slovenije. Štirje so nastali v Italiji, pet pa na Hrvaškem. Za primerjavo: leta 1995 so prebivalci Slovenije čutili 38 potresov.

Sliki 1 in 2 kažeta, da se je v letu 1996 večina potresne energije sprostila na območju osrednje Slovenije. Na sliki 1 so nadžarišča (epicentri) potresov, ki so jih ljudje čutili. Intenzitete so podane v novi 12-stopenjski lestvici EMS, ki je izpopolnjena in posodobljena različica lestvice MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik). Na sliki 2 pa so predstavljena nadžarišča vseh potresov na ozemlju Slovenije, ki smo jim lahko določili lokacije (Cecić, Živčić, Ravnik, 1997).

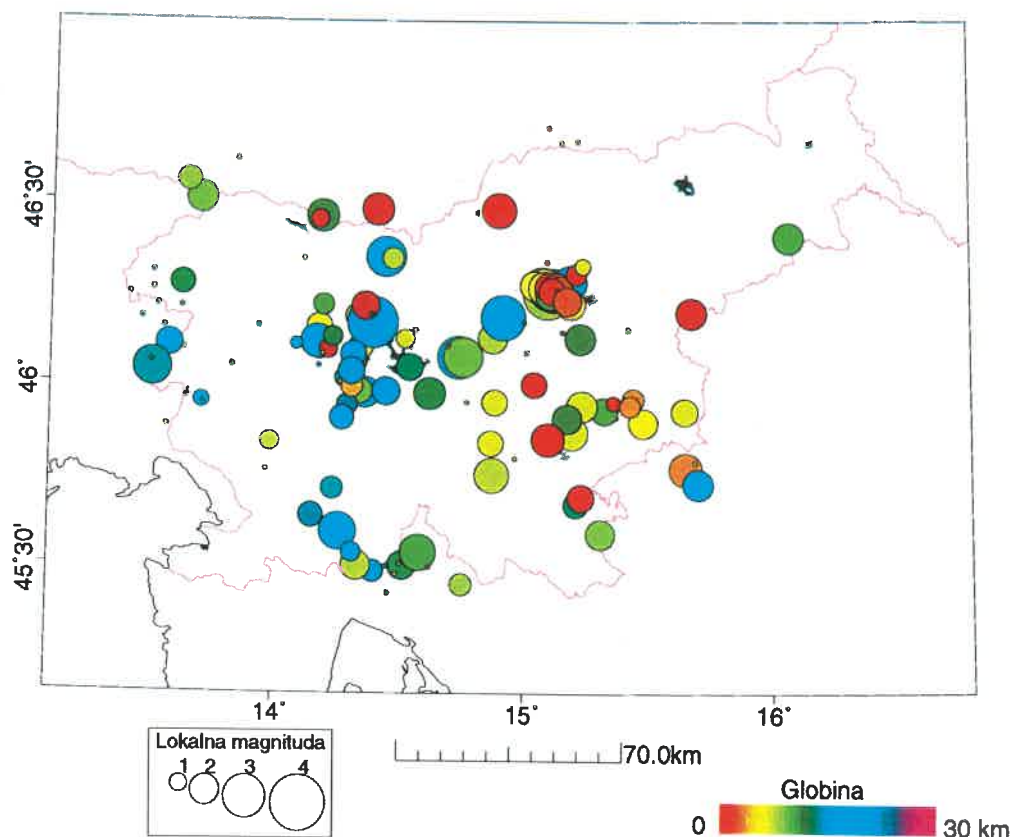


Slika 1. Nadžarišča (epicentri) potresov, ki so jih čutili prebivalci Slovenije v letu 1996. Intenzitete so v novi 12-stopenjski evropski potresni lestvici (EMS), ki je izpopolnjena in posodobljena različica lestvice MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik) (Grünthal, ed., 1993).

Figure 1. Epicentres of the earthquakes felt in Slovenia in 1996. Their intensities are estimated using the EMS scale.

Količinsko smo lahko opredelili 169 potresov (preglednica 1). Za potrese v Sloveniji smo izračunali koordinate nadžarišč, globine in žariščne čase. V seizmologiji uporabljamo svetovni čas UTC. Za našim srednjeevropskim lokalnim časom zaostaja poleti dve uri, sicer pa eno. Večini potresov smo lahko določili lokalne magnitude.

Pri potresih z žarišči v Italiji oziroma na Hrvaškem smo navedli podatek za največjo intenziteto v Sloveniji, čeprav so bili učinki potresa večji na območju nastanka (preglednica 2).



Slika 2. Nadžarišča vseh potresov na ozemlju Slovenije, ki smo jim lahko določili lokacije.

Figure 2. Epicentres of the earthquakes located in Slovenia in 1996.

Preglednica 1. Seznam potresov v letu 1996, ki smo jim lahko izračunali žariščni čas, koordinati nadžarišča (epicentra), globino žarišča in lokalno magnitudo. Pri nekaterih potresih je navedena tudi največja intenziteta v Sloveniji.

Table 1. List of the earthquakes in 1996 for which hypocentral time, coordinates of the epicenter, focal depth and local magnitude were assessed; for some earthquakes maximum intensity in Slovenia was also provided.

h - globina žarišča v kilometrih

nst - število opazovalnic, katerih podatki so uporabljeni za izračun lege žarišča

RMS - kvadratni koren srednje kvadratne napake v sekundah

M_{LV} - lokalna magnituda, določena kot srednja vrednost magnitud iz zapisov slovenskih opazovalnic

M_D - magnituda opredeljena iz trajanja potresa, določena kot srednja vrednost magnitud iz zapisov slovenskih in furlanskih opazovalnic

h - depth of the focus, in km

nst - number of stations used

RMS - Root Mean Square error in seconds

M_{LV} - local magnitude, mean value of the local magnitudes calculated from Slovenian network data

M_D - duration magnitude, mean value of the duration magnitudes calculated from Slovenian and Friuli, Italy network data

Zap. št.	Mesec	Dan	Ura	Min	Sek	Širina °N	Dolžina °E	h km	nst	RMS _s	M _{LV}	M _D	Imax EMS	Potresno območje
No.	Month	Day	Hour	Min	Sec	Lat °N	Lon °E	h km	nst	RMS _s	M _{LV}	M _D	Imax EMS	Epicentral area
1	01	01	16	41	38,6	46,02	14,31	6	5	0,6	1,3	1,6		Horjul
2	01	01	17	36	59,7	46,01	14,29	9	3	0,1		1,8		Horjul
3	01	03	03	52	05,8	46,46	14,19	12	15	0,4	2,2	2,1		Karavanke, meja Slovenija - Avstrija
4	01	03	03	55	19,9	46,45	14,18	1	8	0,4	1,1	1,7		Karavanke, meja Slovenija - Avstrija
5	01	11	07	12	44,2	45,91	15,37	7	2	0,0		2,1		Raka
6	01	16	02	42	23,2	45,90	15,15	7	2	0,1		1,7		Trebelno - Mokronog
7	01	18	00	05	01,9	46,67	15,22	3	3	0,2		1,7		Radej, meja Slovenija - Avstrija
8	01	20	13	16	43,7	45,49	14,40	15	5	0,2	1,4	1,6		Gorski Kotar, meja Slovenija - Hrvaška
9	01	22	20	32	57,5	45,77	13,97	7	3	1,0		1,5		Vrabče - Sežana
10	01	25	22	33	14,6	46,51	13,70	10	19	0,5	2,1	2,2	V	Rateče, meja Slovenija - Italija
11	01	31	11	02	29,3	46,71	15,10	2	2	0,1		0,8		Krumbach, meja Slovenija - Avstrija
12	02	02	02	18	12,7	45,84	13,99	8	15	0,5	1,1	2,4		Nanos
13	02	10	09	27	36,6	46,04	14,53	16	3	0,2		1,7		Ljubljana
14	02	10	09	30	13,6	46,07	14,36	16	5	0,2		1,5		Dvor pri Polhovem Gradcu
15	02	10	09	34	36,5	46,07	14,37	14	5	0,1		2,0		Dvor pri Polhovem Gradcu
16	02	27	17	28	42,0	45,95	13,71	16	3	0,1	0,9	1,7		Ajševica
17	02	27	19	11	00,9	45,95	13,71	18	4	0,1		2,1		Ajševica
18	02	28	04	33	54,9	46,26	13,51	7	5	0,1		1,6		Borjana
19	03	03	16	39	29,0	46,06	14,33	11	4	0,3	1,5	1,4		Polhov Gradec
20	03	09	22	33	42,9	45,95	14,78	10	4	0,4		1,2		Višnja Gora
21	03	11	08	52	54,1	46,13	14,53	7	2	0,0	1,1			Rašica
22	03	21	02	54	47,5	45,96	15,44	3	3	0,2	1,4	1,5		Veliki Trn - Krško
23	03	27	15	25	09,1	46,05	14,55	13	3	0,3	1,8	1,4		Ljubljana - Studenec
24	03	29	17	54	27,1	45,98	14,37	19	8	0,2	2,1	2,6		Bevke - Vrhnika
25	03	29	17	54	32,3	45,98	14,45	21	3	0,3	1,9	2,6		Ljubljansko barje

Zap. št.	Mesec	Dan	Ura	Min	Sek	Širina °N	Dolžina °E	h km	nst	RMS _s	M _{Lv}	M _b	Imax EMS	Potresno območje
No.	Month	Day	Hour	Min	Sec	Lat °N	Lon °E	h km	nst	RMS _s	M _{Lv}	M _b	Imax EMS	Epicentral area
26	04	03	21	51	32,3	45,98	14,34	10	7	0,3	1,7	1,7		Bevke - Vrhnika
27	04	05	19	36	51,9	45,98	14,63	13	8	0,3	2,2	2,4	IV	Šmarje - Sap
28	04	12	15	06	30,0	46,13	15,23	12	15	0,4	2,1	2,8	IV-V	Rimske Toplice
29	04	13	16	50	59,5	46,19	14,34	7	11	0,4	1,6	2,2		Žabnica
30	04	19	12	37	34,2	46,11	13,60	16	3	0,0		1,6		Lig, meja Slovenija - Italija
31	04	19	19	21	07,7	46,05	13,83	11	5	0,2				Gorenja Trebuša
32	04	21	01	46	22,2	46,10	14,70	11	3	0,1		1,1		Dragomej - Domžale
33	04	26	16	50	55,4	45,67	15,21	13	5	0,8	1,6	1,9		Štrekļjevec - Semič
34	04	27	02	25	31,6	45,60	14,26	19	12	0,6	2,6	2,9	IV	Šembije - Knežak
35	04	27	22	15	31,2	45,90	15,52	2	2	0,0	0,6			Gorica pri Leskovcu
36	04	28	03	28	26,7	45,89	15,48	6	14	0,4	2,0	2,1	V	Gorica pri Leskovcu
37	04	28	03	51	56,1	46,13	14,88	8	10	0,4	2,0	2,5		Mlinše - Izlake
38	04	28	19	25	23,5	45,93	15,65	7	9	0,6	1,8	2,5	V	Bukošek - Brežice
39	04	29	05	25	40,0	46,20	15,68	0	3	0,4	2,1			Hum, meja Slovenija - Hrvaška
40	05	14	11	11	30,6	46,11	14,73	9	4	0,2		2,1		Križevska vas - Dol pri Ljubljani
41	05	23	03	30	15,4	45,64	14,15	23	5	0,6	1,6	2,0		Mala Pristava - Šmarje pri Jelšah
42	05	27	16	01	35,0	45,50	14,34	8	12	0,4	2,0	2,4		Zabiče - Ilirska Bistrica
43	05	27	22	18	30,2	46,03	15,04	7	5	0,6		1,7		Dole pri Litiji
44	06	09	18	08	28,3	46,11	14,35	7	4	0,3	1,6	2,0		Trnovec - Medvode
45	06	14	07	35	18,8	46,18	13,47	15	10	0,1		2,1		Pulfero, meja Slovenija - Italija
46	06	19	07	49	52,6	46,11	13,58	16	16	0,2	1,8	2,7		Lig, meja Slovenija - Italija
47	06	24	02	06	32,4	46,11	14,18	15	4	0,1	1,8	1,4		Poljane nad Škofjo Loko
48	06	24	02	10	08,6	46,16	14,18	7	4	0,1	1,7	1,5		Javorje - Poljane nad Škofjo Loko
49	06	24	02	11	13,5	46,13	14,19	13	3	0,0	1,3	1,1		Poljane nad Škofjo Loko
50	06	24	02	50	11,4	46,11	14,18	9	4	0,2	1,7	1,5		Poljane nad Škofjo Loko

Zap. št.	Mesec	Dan	Ura	Min	Sek	Širina °N	Dolžina °E	h km	nst	RMS _s	M _{Lv}	M _b	Imax EMS	Potresno območje
No.	Month	Day	Hour	Min	Sec	Lat °N	Lon °E	h km	nst	RMS _s	M _{Lv}	M _b	Imax EMS	Epicentral area
51	06	24	02	58	09,6	46,11	14,17	14	4	0,3	1,6	1,5		Pojlane nad Škofjo Loko
52	06	24	07	53	26,6	46,10	14,18	18	5	0,1		1,2		Pojlane nad Škofjo Loko
53	06	24	07	53	40,1	46,11	14,17	2	5	0,1		1,3		Gorenja vas
54	06	24	07	56	58,1	46,12	14,18	17	8	0,1	1,7	2,1		Pojlane nad Škofjo Loko
55	06	24	09	08	30,1	46,12	14,17	17	17	0,3	2,3	2,4		Pojlane nad Škofjo Loko
56	06	25	01	01	30,7	45,77	15,65	4	16	0,6	2,3	3,0		Rude, meja Slovenija - Hrvaška
57	07	02	07	03	00,1	46,10	14,22	0	4	0,7	1,1	1,4		Pasja ravan
58	07	04	09	51	45,6	45,84	14,87	7	4	0,2	1,7	1,8		Šmihel pri Žužemberku
59	07	04	12	49	17,2	46,48	14,41	0	14	0,2	2,2	2,4		Zell Pfarre, meja Slovenija - Avstrija
60	07	10	10	05	27,6	46,13	14,24	12	4	0,1	1,2	1,4		Log nad Škofjo Loko
61	07	15	11	46	02,3	46,09	14,19	7	5	0,4		2,3		Pojlane nad Škofjo Loko
62	07	15	13	04	29,7	45,89	13,57	7	5	0,5		1,7		S. Martino, meja Slovenija - Italija
63	07	23	10	24	45,9	46,34	15,10	2	4	0,5		1,8		Velenje
64	07	23	15	58	43,5	46,35	14,12	7	4	0,4		2,3		Ribno pri Bledu
65	07	25	21	25	56,8	46,04	13,51	14	21	0,4	2,7	3,3	V	Kožbana, meja Slovenija - Italija
66	07	30	09	28	34,0	46,21	13,63	12	3	0,1		1,8		Kamno, meja Slovenija - Italija
67	08	02	01	17	20,9	46,40	16,07	11	10	0,6	2,1	2,6	IV-V	Zavrč, meja Slovenija - Hrvaška
68	08	02	11	19	40,8	46,02	14,28	14	4	0,8	1,1	1,9		Horjul
69	08	03	18	59	03,0	46,16	13,56	11	7	0,1		2,0		Clodig, meja Slovenija - Italija
70	08	05	09	24	16,5	46,48	14,90	0	3	0,8	2,4	1,6		Črna na Koroškem
71	08	07	11	30	50,7	46,15	15,16	27	3	0,5		2,1		Dol pri Hrastniku
72	08	08	10	42	14,7	45,79	15,69	9	3	0,0		2,1		Samobor, meja Slovenija - Hrvaška
73	08	11	05	24	37,4	46,06	13,51	15	3	0,1		1,7		Golo brdo, meja Slovenija - Italija
74	08	11	14	11	27,5	46,11	14,09	19	4	0,1	0,6	1,3		Stara Oselica - Gorenja vas
75	08	11	21	11	58,0	45,93	15,33	11	4	0,1	1,8	1,6		Bučka

Zap. št.	Mesec	Dan	Ura	Min	Sek	Širina °N	Dolžina °E	h km	nst	RMS _s	M _{Lv}	M _b	I _{max} EMS	Potresno območje
No.	Month	Day	Hour	Min	Sec	Lat °N	Lon °E	h km	nst	RMS _s	M _{Lv}	M _b	I _{max} EMS	Epicentral area
76	08	13	08	10	51,4	46,10	13,64	7	4	0,1		1,8		Kanal
77	08	14	10	02	26,0	45,95	15,36	0	3	0,3	0,8	1,5		Studenec
78	08	16	21	38	40,6	46,16	14,99	13	5	0,4		1,6		Kisovec
79	08	17	15	51	56,4	46,15	14,98	7	4	0,4		1,6		Kisovec
80	08	18	21	00	01,8	46,56	13,65	9	5	0,8	1,5	1,9	IV	Hohenthurn, meja Slovenija - Avstrija
81	08	24	16	34	22,1	45,94	14,30	23	6	0,3	1,3	1,2		Vrhnika
82	08	25	23	50	16,8	46,62	13,85	5	6	0,2		2,1		Villach, meja Slovenija - Avstrija
83	08	26	00	01	55,5	45,91	14,27	21	7	0,3	1,6	2,0		Logatec
84	08	26	12	00	11,5	45,87	15,20	7	15	0,4	2,3	3,0	V	Karteljevo - Novo mesto
85	08	30	05	09	09,2	46,00	15,05	0	8	0,6	1,7	2,1		Hude Ravne - Dole pri Litiji
86	09	01	11	57	56,4	45,95	15,40	3	8	0,3		2,1		Veliki Trn - Krško
87	09	03	08	23	29,9	45,73	15,70	20	6	0,5	2,1	2,3		Plešivica, meja Slovenija - Hrvaška
88	09	08	21	39	40,5	46,00	14,31	4	3	0,2	1,4	2,2	IV-V	Drenov Grič - Vrhnika
89	09	14	23	49	00,4	46,35	14,44	15	20	0,4	2,4	3,0	IV	Storžič
90	09	15	00	44	22,4	46,35	14,45	16	21	0,4	2,8	3,2	IV	Storžič
91	09	15	01	08	11,5	46,35	14,48	8	6	0,2	1,3	1,9	čutili	Kamniške Alpe
92	09	15	08	25	15,4	46,19	14,92	18	21	0,5	3,2	3,2	IV-V	Šentgotard - Trojane
93	09	24	16	58	16,5	46,17	14,41	17	18	0,5	2,4	3,0	IV	Podreča - Mavčiče
94	09	25	17	56	29,9	46,17	14,40	19	26	0,5	3,7	3,4	IV-V	Podreča - Mavčiče
95	09	25	17	58	09,8	46,22	14,37	0	6	0,5	1,9	2,0	čutili	Breg ob Savi - Mavčiče
96	09	26	00	30	35,9	46,19	14,39	13	5	0,3		1,7	čutili	Breg ob Savi - Mavčiče
97	09	27	11	51	38,8	46,07	14,76	12	15	0,3	2,2	2,7	IV	Jevnica
98	09	27	12	03	57,2	46,06	14,74	12	25	0,6	2,2	2,8	IV-V	Jevnica
99	09	27	12	05	20,8	46,08	14,74	17	10	0,6	3,0	3,0	IV-V	Jevnica
100	09	27	14	08	16,0	46,08	14,76	9	22	0,5	2,8	3,2	IV	Jevnica

Zap. št.	Mesec	Dan	Ura	Min	Sek	Širina °N	Dolžina °E	h km	nst	RMS _s	M _{Lv}	M _b	Imax EMS	Potresno območje
No.	Month	Day	Hour	Min	Sec	Lat °N	Lon °E	h km	nst	RMS _s	M _{Lv}	M _b	Imax EMS	Epicentral area
101	09	27	23	16	47,1	46,17	15,01	12	6	0,4		2,1	IV-V	Znojile - Čemšenik
102	09	30	18	19	56,4	45,43	14,46	13	3	0,3		1,6		Gorski Kotar, meja Slovenija - Hrvaška
103	10	03	22	40	59,9	46,25	15,10	9	24	0,5	3,5	3,4	V	okolica Žalca
104	10	03	22	42	21,9	46,26	15,12	0	4	0,4	3,1		čutili	okolica Žalca
105	10	03	22	43	39,2	46,25	15,10	7	17	0,7	2,3	3,0	IV	okolica Žalca
106	10	03	22	45	45,3	46,27	15,08	6	4	0,6	2,6		čutili	okolica Žalca
107	10	03	23	43	37,6	46,28	15,10	0	3	0,6	1,9			okolica Žalca
108	10	04	00	14	50,0	46,26	15,12	5	8	0,6	2,8	1,9	čutili	okolica Žalca
109	10	04	00	16	47,1	46,26	15,09	4	10	0,8	2,1	2,2	III	okolica Žalca
110	10	04	00	24	34,0	46,26	15,11	2	9	0,3	2,3	2,1	čutili	okolica Žalca
111	10	04	03	31	39,5	46,27	15,11	15	14	0,7	2,4	2,7	IV	okolica Žalca
112	10	04	19	11	37,1	46,27	15,08	7	10	0,8	2,2	2,6	čutili	okolica Žalca
113	10	05	00	31	18,5	46,28	15,08	12	8	0,6	2,1	2,1	III-IV	okolica Žalca
114	10	05	11	02	00,1	46,27	15,08	7	4	0,5	2,6	1,9	IV	okolica Žalca
115	10	05	12	03	16,5	46,27	15,05	6	4	0,5	2,0	2,0		okolica Žalca
116	10	05	14	18	49,4	46,26	15,11	11	14	0,6	2,4	2,9	IV	okolica Žalca
117	10	05	21	46	13,6	46,27	15,09	12	11	0,8	1,9	2,6	čutili	okolica Žalca
118	10	06	03	36	47,7	46,25	15,13	13	13	0,9	2,0	2,5	V	okolica Žalca
119	10	06	11	11	48,6	46,26	15,10	10	14	0,8	2,0	2,5	IV-V	okolica Žalca
120	10	06	21	22	43,5	46,28	15,19	19	15	1,2	2,3	2,5	V	okolica Žalca
121	10	06	23	30	01,0	46,27	15,09	6	8	0,8	2,3	2,1	čutili	okolica Žalca
122	10	09	13	06	06,9	46,26	15,13	7	8	0,4	2,0	2,3	IV-V	okolica Žalca
123	10	10	00	39	56,7	46,25	15,11	11	14	0,6	2,2	2,7	IV	okolica Žalca
124	10	10	00	46	20,2	46,26	15,13	7	4	0,1			IV	okolica Žalca
125	10	12	09	29	25,3	46,26	15,12	4	13	0,5	2,1	2,7	IV	okolica Žalca

Zap. št.	Mesec	Dan	Ura	Min	Sek	Širina °N	Dolžina °E	h km	nst	RMS _s	M _{Lv}	M _b	Imax EMS	Potresno območje
No.	Month	Day	Hour	Min	Sec	Lat °N	Lon °E	h km	nst	RMS _s	M _{Lv}	M _b	Imax EMS	Epicentral area
126	10	12	09	56	00,8	46,27	15,10	0	6	0,6	1,9	1,9	čutili	okolica Žalca
127	10	13	10	01	20,4	46,27	15,14	0	3	0,7	1,9	1,5		okolica Žalca
128	10	14	04	49	31,0	46,22	13,53	14	6	0,2		1,9		Matajur, meja Slovenija - Italija
129	10	14	15	48	56,6	45,45	14,76	9	3	0,1	1,4	2,3		Gorski Kotar, meja Slovenija - Hrvaška
130	10	15	05	35	25,8	45,59	15,31	9	9	0,3	2,0	2,4	IV	Podzemelj, meja Slovenija - Hrvaška
131	10	16	09	26	37,5	46,25	13,42	8	5	0,1		1,5		Logje, meja Slovenija - Italija
132	10	21	10	43	59,0	46,26	15,15	3	3	0,1	1,7	1,7		okolica Žalca
133	10	26	06	30	59,2	46,05	14,18	22	4	0,1		1,6		Lučine - Gorenja vas
134	10	30	02	58	47,9	46,09	15,02	10	7	0,5		1,8		Šklendrovec - Zagorje ob Savi
135	11	01	00	07	14,5	45,75	14,88	8	9	0,7	2,4	2,6	IV	Hinje
136	11	02	08	30	38,6	45,94	15,24	7	6	0,2	2,1	2,0		Tržišče
137	11	07	04	38	23,0	46,15	14,57	4	3	0,0				Loka pri Mengšu
138	11	08	04	15	42,7	46,15	15,43	10	11	0,6		1,6		Kalobje
139	11	10	23	43	50,4	46,26	15,15	4	5	0,1		1,7		okolica Žalca
140	11	13	10	14	22,8	46,30	15,21	0	3	0,2	1,3	1,9		Galicija
141	11	16	11	50	17,2	46,31	13,51	15	3	0,0		1,9		Srpenica
142	11	19	05	48	07,1	45,80	14,97	5	8	0,4		1,9		Dvor pri Žužemberku
143	11	23	10	53	09,3	46,26	15,12	2	8	0,7	1,8	1,9		okolica Žalca
144	11	25	04	46	13,9	45,54	14,32	19	6	0,1	1,2	1,7		Jablanica - Ilirska Bistrica
145	11	25	13	38	23,4	45,50	14,52	13	17	0,9	1,9	2,5		Gorski Kotar, meja Slovenija - Hrvaška
146	11	25	16	46	54,1	45,48	14,49	5	3	0,3		1,5		Gorski Kotar, meja Slovenija - Hrvaška
147	11	25	20	46	40,0	45,51	14,51	9	4	0,2		1,6		Gorski Kotar, meja Slovenija - Hrvaška
148	11	27	01	06	39,8	45,50	14,46	15	4	0,1		1,4		Gorski Kotar, meja Slovenija - Hrvaška
149	11	27	23	20	20,8	45,50	14,45	20	3	0,1		1,3		Gorski Kotar, meja Slovenija - Hrvaška
150	11	29	16	42	27,3	46,28	13,63	12	8	0,1	1,6	2,5		Drežnica - Kobarid

Zap. št.	Mesec	Dan	Ura	Min	Sek	Širina °N	Dolžina °E	h km	nst	RMS _s	M _{Lv}	M _b	Imax EMS	Potresno območje
No.	Month	Day	Hour	Min	Sec	Lat °N	Lon °E	h km	nst	RMS _s	M _{Lv}	M _b	Imax EMS	Epicentral area
151	12	04	11	55	02,7	45,69	15,23	0	13	0,6	1,8	2,7	V	okolica Semiča
152	12	09	01	40	42,2	45,91	15,18	12	11	0,7	2,0	2,2	IV	Trebelno
153	12	09	13	03	50,6	46,01	14,27	9	4	0,5		1,6		Žažar - Horjul
154	12	09	13	46	53,5	46,67	15,16	7	11	0,5		2,2		Bistrica, meja Slovenija - Avstrija
155	12	09	16	21	44,6	46,16	13,94	14	7	0,2		2,4		Zakojca - Cerkno
156	12	11	05	38	48,9	45,71	14,24	14	18	0,3	1,4	2,5	III-IV	Petelinjsko jezero
157	12	12	22	08	55,2	46,26	15,14	1	3	0,0		1,9	čutili	okolica Žalca
158	12	13	11	30	10,0	46,33	15,24	7	4	0,7	0,9	2,2		Dobrna
159	12	15	10	43	33,7	46,08	14,32	17	11	1,0	1,7	2,3		Tošče
160	12	18	01	52	26,1	46,22	14,20	11	8	0,4	1,3	1,9		Železniki
161	12	22	02	23	01,6	45,54	14,58	11	20	0,7	2,5	2,5		Gorski Kotar, meja Slovenija - Hrvaška
162	12	22	02	33	47,4	45,50	14,63	0	5	0,6		1,7		Gerovo, meja Slovenija - Hrvaška
163	12	22	09	49	47,3	45,85	15,10	1	3	0,5	2,3	1,6		Mirna Peč
164	12	22	20	32	18,3	46,11	14,70	1	7	0,6		1,6		Vrhpolje pri Moravčah
165	12	23	09	43	53,8	45,94	15,43	3	2	0,0	1,3	0,3		Senuš - Leskovec pri Krškem
166	12	23	21	52	09,9	46,22	15,19	5	9	0,3	2,0	1,7	III-IV	okolica Žalca
167	12	24	00	08	41,3	46,23	15,18	2	8	0,1	1,9	1,6	IV	okolica Žalca
168	12	31	00	12	23,7	46,04	14,31	21	10	0,7	1,8	2,4		Polhov Gradec
169	12	31	06	42	27,8	45,95	14,89	7	7	0,4	1,7	2,0		Temenica

Preglednica 2. Seznam potresov z žarišči v drugih državah, ki so jih čutili prebivalci Slovenije; 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. Short descriptions of the events are given in the text.

Zap. št.	Mesec	Dan	Ura (UTC)	Min	Lokalna magnituda	Največja intenziteta v Sloveniji (EMS)	Kraj
No.	Month	Day	Hour (UTC)	Min	Local magnitude	Maximum intensity in Slovenia (EMS)	Location
1	2	27	11	13	4,1	III-IV	Furlanija, Italija
2	3	26	22	55	3,8	IV	južni Velebit, Hrvaška
3	3	26	22	58	4,4	IV	južni Velebit, Hrvaška
4	4	13	13	0	4,3	III	severna Italija
5	9	5	20	45	5,6	IV	Slano, Hrvaška
6	9	10	5	9	4,6	V	Petrinja, Hrvaška
7	9	17	13	46	4,4	čutili	Slano, Hrvaška
8	10	15	9	56	4,8	III-IV	Correggio, Italija
9	12	22	3	49	2,7	III	severna Italija

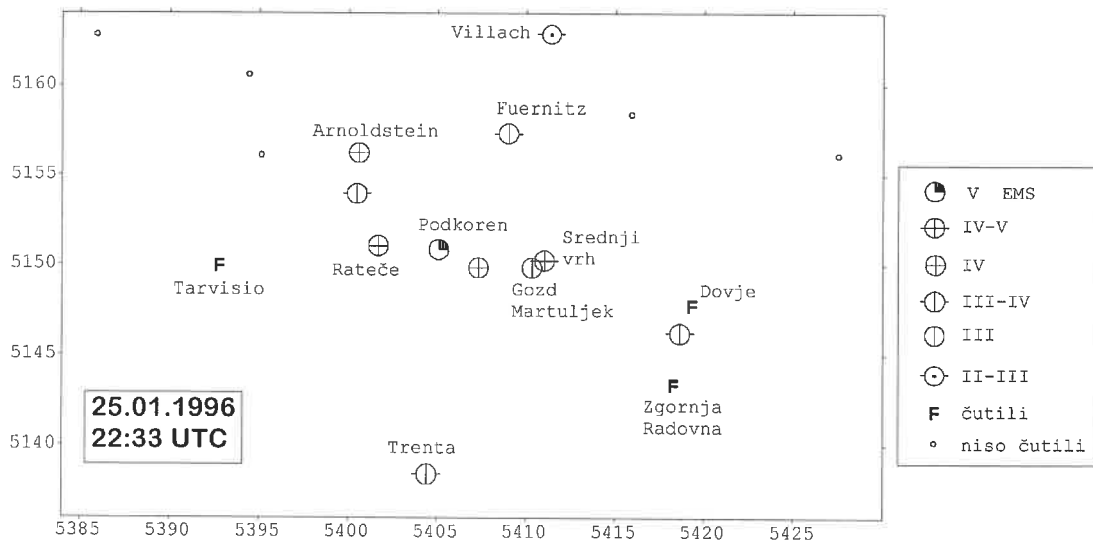
Preglednica 3. Seznam potresov, ki so jih čutili prebivalci Slovenije in za katere ne obstajajo instrumentalne lokacije žarišč; potresi so na kratko opisani v besedilu.

Table 3. List of earthquakes that were felt by the inhabitants of Slovenia and not instrumentally located. Short descriptions of the events are given in the text.

Zap. št.	Mesec	Dan	Ura (UTC)	Min	Največja intenziteta v Sloveniji (EMS)	Kraj
No.	Month	Day	Hour (UTC)	Min	Maximum intensity in Slovenia (EMS)	Location
1	4	29	20	30	III	Rakovec, Slogonsko
2	9	28	01	20	čutili	Zagorje ob Savi
3	10	3	22	44	čutili	Polzela
4	10	3	22	47	čutili	Polzela
5	10	3	22	49	čutili	Polzela
6	10	4	00	30	čutili	okolica Žalca
7	10	4	11	27	čutili	okolica Žalca
8	10	6	03	39	čutili	Griže
9	10	6	11	19	čutili	Prebold
10	10	7	10	40	čutili	Gotovlje
11	10	9	07	38	III	Šempeter v Savinjski dolini
12	10	16	02	16	čutili	Šempeter v Savinjski dolini

Nekaj podatkov o potresih, ki so jih prebivalci čutili

25. januar 1996 ob 22. uri 33 minut UTC. Prvi potres leta 1996 so čutili prebivalci na slovensko-avstrijsko-italijanski tromeji (slika 3). V Podkorenu je dosegel učinke V. stopnje EMS. Prebivalci so ga opisali kot enkratni močan sunek. Posamezniki so zbežali na prosto. Nekoliko slabše so potres čutili na območju od Beljaka (Villach, Avstrija) na severu do Trente na jugu ter od Trbiža (Tarvisio, Italija) na zahodu do Dovja na vzhodu.



Slika 3. Intenzitete potresa 25. januarja 1996 ob 22. uri 33 minut UTC. Avtor te in vseh naslednjih kart intenzitet je Ina Cecić.

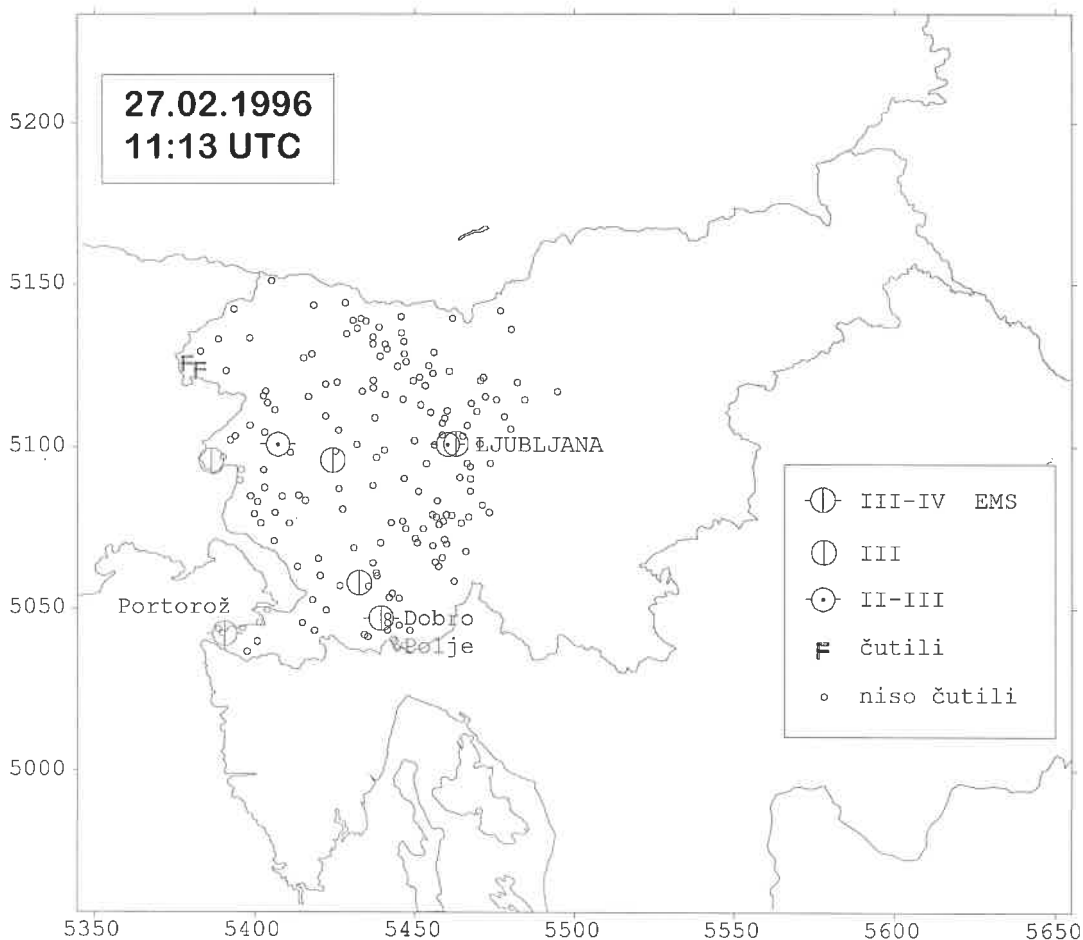
Figure 3. Intensities of the earthquake on 25 January 1996 at 22:33 UTC. The author of all intensity maps is Ina Cecić.

27. februar 1996 ob 11. uri 13 minut UTC. Potres, ki je imel žarišče v Furlaniji, je po poročilih naših opazovalcev v Sloveniji dosegel najmočnejše učinke v Dobrem Polju pri Ilirski Bistrici in Portorožu (slika 4). Tam je bila intenziteta III-IV EMS. Potres so čutili tudi posamezni prebivalci Ljubljane, predvsem v višjih nadstropjih.

26. marec 1996 ob 22. uri 55 minut in 22. uri 58 minut UTC. Žarišči obeh potresov sta bili na Hrvaškem, na območju južnega Velebita (slika 5). Prvi potres z intenziteto IV. stopnje EMS so v Sloveniji najmočnejše čutili v Kosezah pri Ilirski Bistrici. Drugi, močnejši sunek so z enako intenziteto čutili tudi v Loki pri Dobrni. Polje učinkov obeh potresov zajema veliko območje do Kopra, Ljubljane in Velenja.

5. april 1996 ob 19. uri 36 minut UTC. Šibek potresni sunek je vznemiril prebivalce v krajih vzhodno od Ljubljane. Učinke IV. stopnje EMS je dosegel v Grosupljem in v Velikem Lipoglavu (slika 6). V Plešah so prebivalci slišali le bobnenje, tresenja tal pa niso čutili. Tudi iz drugih krajev so poročali o bobnenju, ki je spremljalo potres.

12. april 1996 ob 15. uri 6 minut UTC. Potres z žariščem v bližini Rimskih Toplic je tam in v Trbovljah dosegel učinke IV. stopnje EMS (slika 7). Ljudje, ki so bili na prostem, so slišali zamolklo bobnenje. V hišah so opazili nihanje luči, žvenket šip



Slika 4. Intenzitete potresa 27. februarja 1996 ob 11. uri 13 minut UTC. Žarišče potresa je bilo v Furlaniji v Italiji.

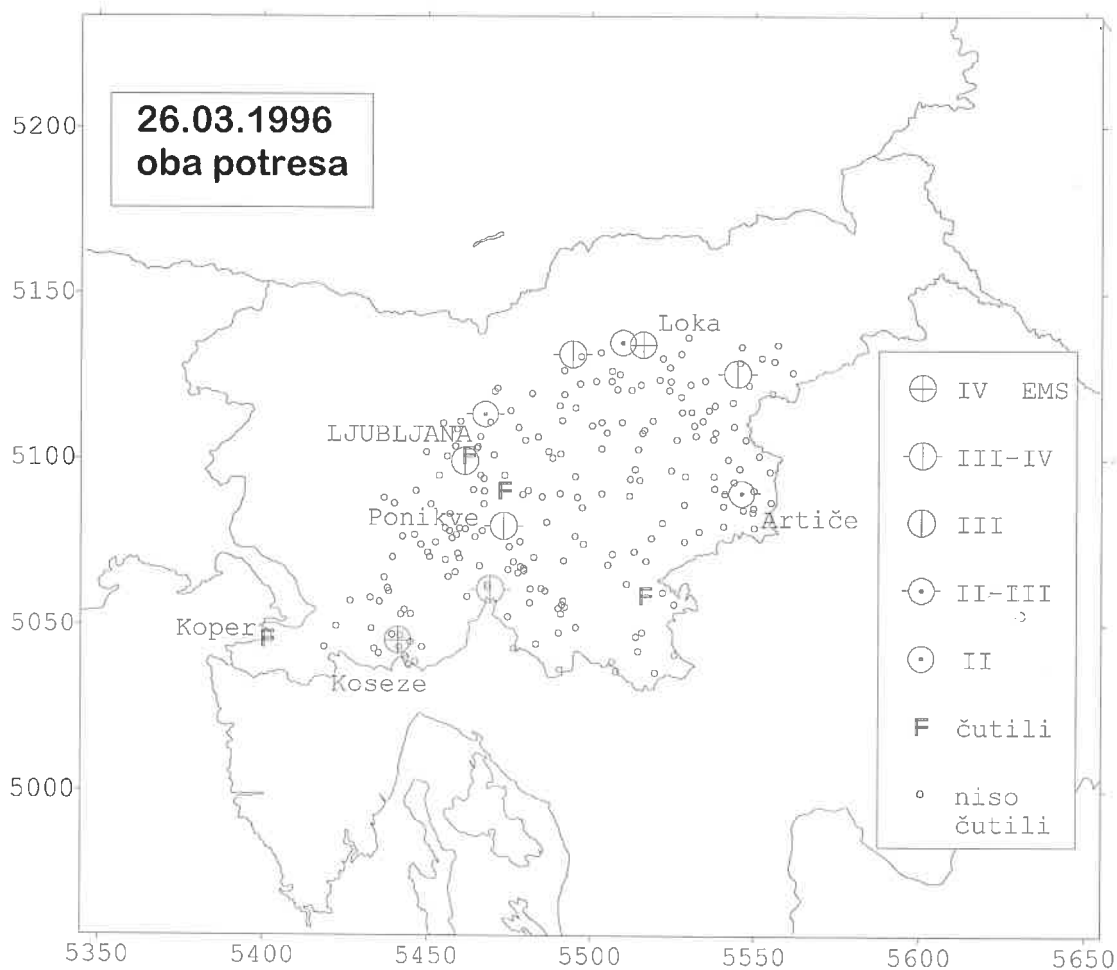
Figure 4. Intensities of the Friuli, Italy earthquake on 27 February 1996 at 11:13 UTC.

in škripanje streh. Iz več kot 15 km oddaljenega Šentruperta pri Gomilskem so poročali celo o močnejših učinkih (IV-V EMS), vendar nimamo dovolj podatkov, da bi pojasnili, zakaj je do tega prišlo.

13. april 1996 ob 13. uri 0 minut UTC. Še en potres z žariščem v severni Italiji, ki so ga čutili le redki prebivalci v Sloveniji. V Poljanah nad Škofjo Loko in Gradišču pri Prvačini je dosegel učinke III. stopnje EMS, šibko pa so ga čutili tudi na Viču v Ljubljani.

27. april 1996 ob 2. uri 25 minut UTC. Potres so najmočneje čutili prebivalci Podgrada, Koritnic, Novokračin, Knežaka, Jelšan in Nove Sušice. Tam je dosegel učinke IV. stopnje EMS (slika 8). Potres je prebudil posamezne prebivalce, saj je povzročil tresenje pohištva in močno žvenketanje šip. Podobne učinke je imel tudi v hrvaški Rupi. Učinki potresa so na sever segali do Postojne.

28. april 1996 ob 3. uri 28 minut UTC. Potres je nastal na jugovzhodnem robu Krško-Brežiškega polja. Prebudil in nekoliko prestrašil je posamezne prebivalce Cerkelj ob Krki in okoliških naselij. V Cerkljah je dosegel največjo intenziteto V. stopnje EMS (slika 9). Ponekod ga je spremljalo močno bobnenje.



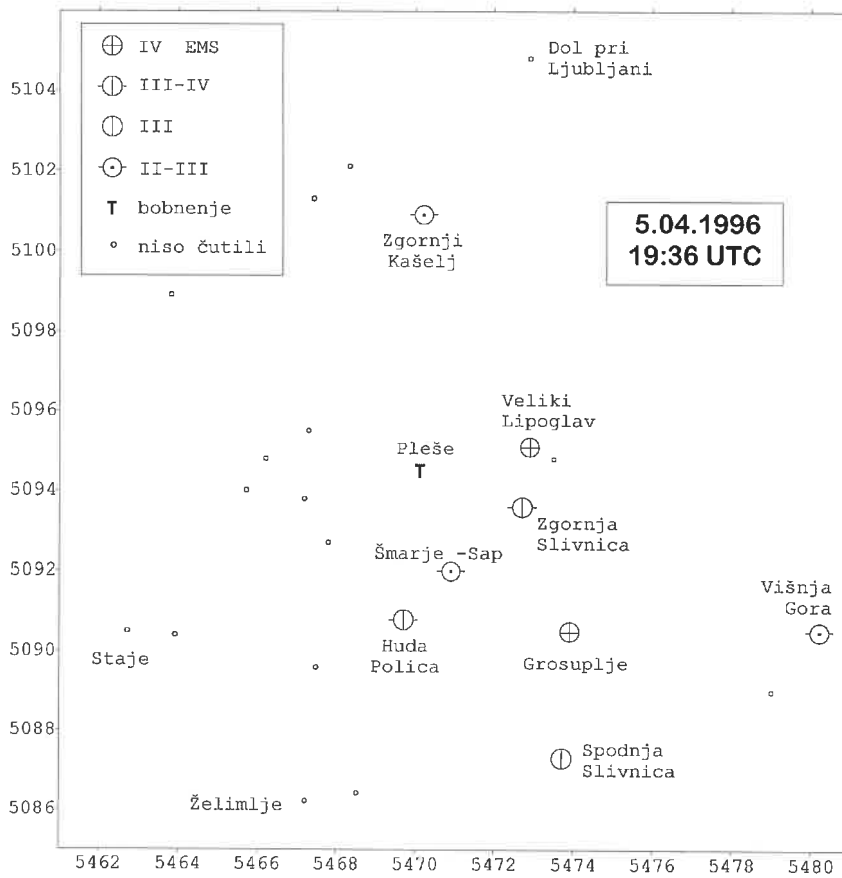
Slika 5. Skupni učinki dveh potresov 26. marca 1996 ob 22. uri 55 minut in 22. uri 58 minut UTC. Žarišči potresov sta bili v južnem Velebitu na Hrvaškem.

Figure 5. Map of the combined effects of the Velebit Mt., Croatia earthquakes on 26 March 1996 at 22:55 and 22:58 UTC.

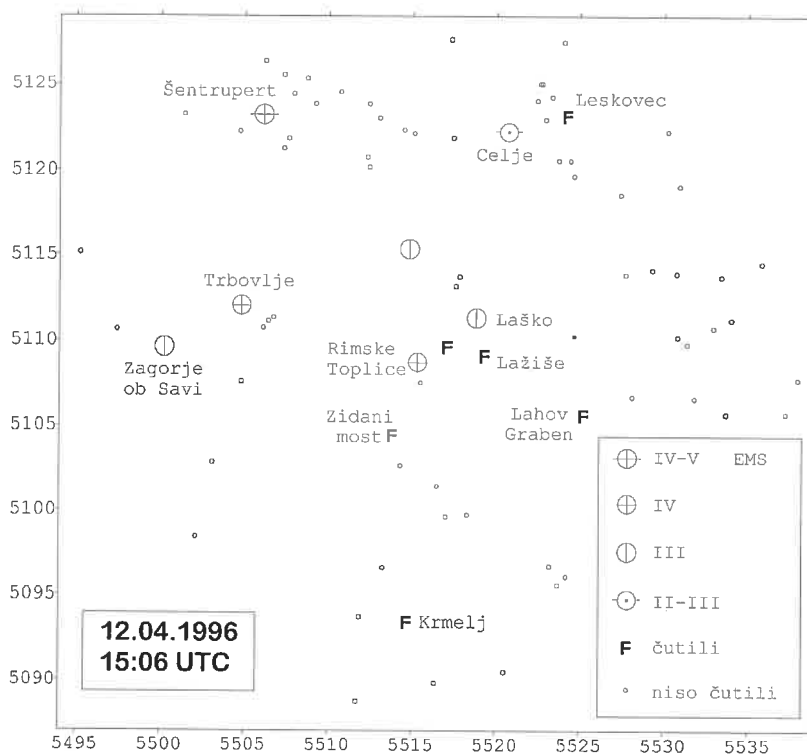
28. april 1996 ob 19. uri 25 minut UTC. Žarišče tega potresa je bilo nekoliko bolj severovzhodno od prejšnjega. Čutili so ga v krajih ob hrvaški meji, najbolj pa v Mostecu, Selih, Dobovi in Ločah, in sicer z intenziteto V. stopnje EMS (slika 10). Prebivalci so slišali topi zvok iz tal ter škripanje ostrejšij. Psi so bili zelo nemirni. Potres so čutili tudi prebivalci obmejnih naselij na Hrvaškem.

29. april 1996 ob 20. uri 30 minut UTC. Tega potresa ni zabeležila nobena opazovalnica, vendar so poročila o tem, da so ga prebivalci čutili, prispela iz Rakovca in Slogonskega. Dosegel je intenziteto III EMS.

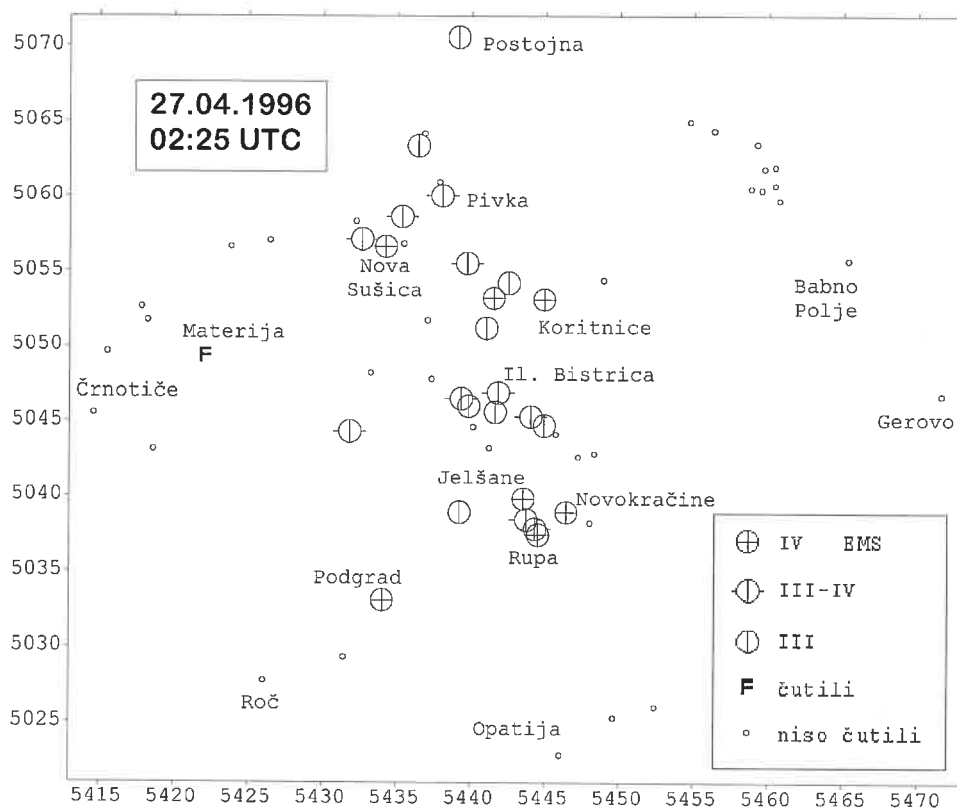
25. julij 1996 ob 21. uri 25 minut UTC. Po dvomesečnem mirnem obdobju je nastal potres z žariščem na zahodu države (slika 11). V Anhovem, Desklah, Ložicah, Šmartnem in Fojani so opazili največje učinke potresa. Ocenili smo jih s V. stopnjo EMS. Poročevalci so menili, da je bil potres najmočnejši v zadnjih letih. Slišati je bilo bobnenje, ki je marsikoga prebudilo. Šipe so šklepetale in pohištvo se je močno treslo. Bilo je, "kot bi se hiša sesedla navzdol". Potres so čutili tudi v Italiji, najmočnejše (IV-V EMS) v kraju Grmek (Grimacco).



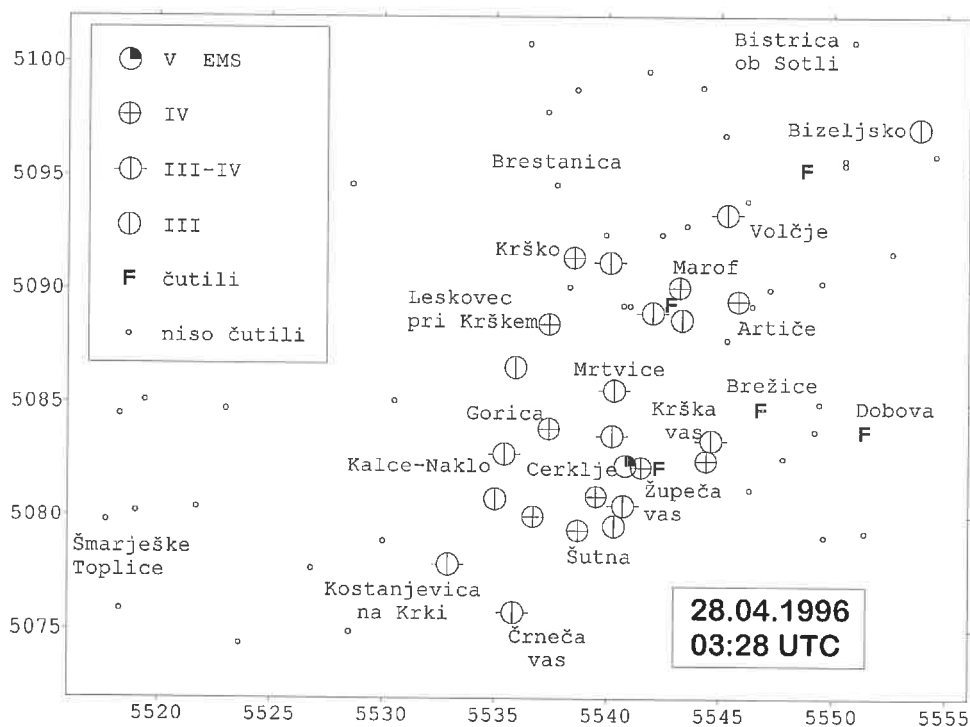
Slika 6. Intenzitete potresa 5. aprila 1996 ob 19. uri 36 minut UTC.
 Figure 6. Intensities of the earthquake on 5 April 1996 at 19:36 UTC.



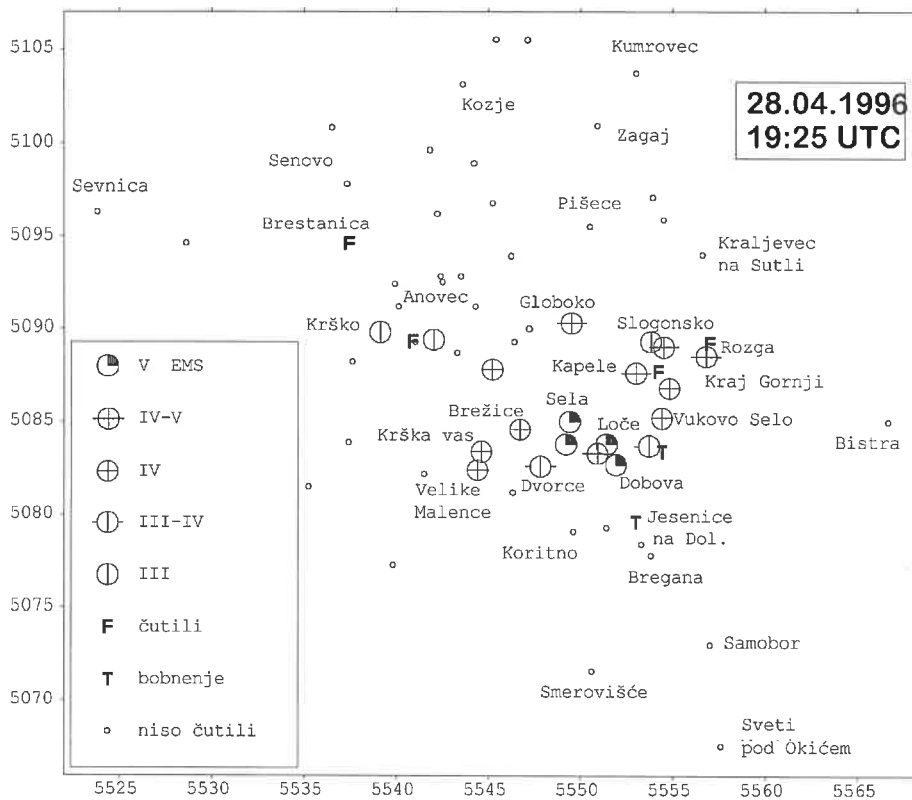
Slika 7. Intenzitete potresa 12. aprila 1996 ob 15. uri 6 minut UTC.
 Figure 7. Intensities of the earthquake on 12 April 1996 at 15:06 UTC.



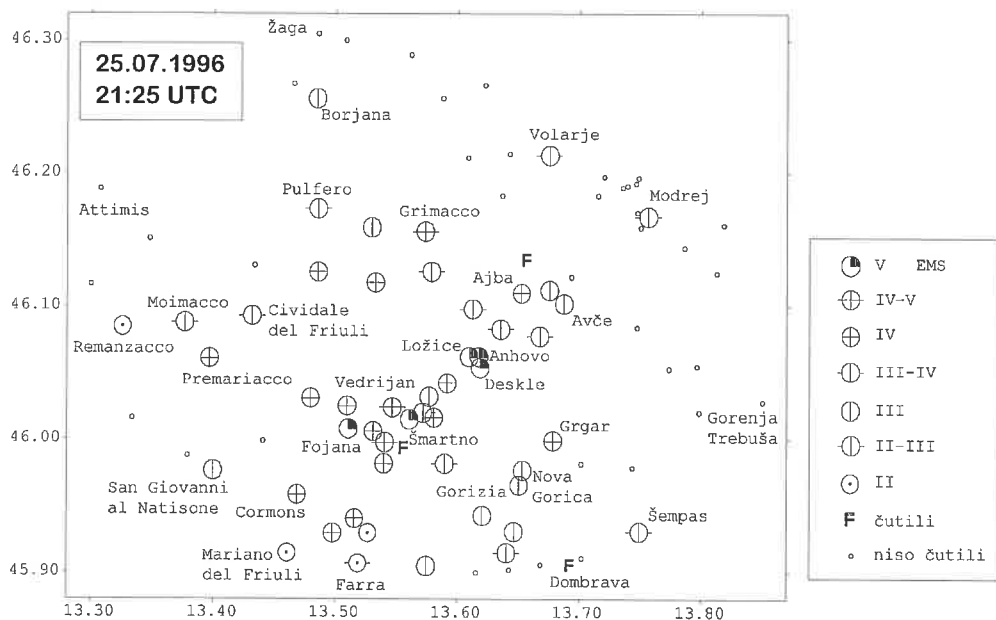
Slika 8. Intenzitete potresa 27. aprila 1996 ob 2. uri 25 minut UTC. Podatke za Hrvatsko je posredovao mag. Ivica Sović iz Seizmološke službe RH, Zagreb.
Figure 8. Intensities of the earthquake on 27 April 1996 at 02:25 UTC. The data for Croatia were collected by Ivica Sović, Croatian Seismological Survey, Zagreb.



Slika 9. Intenzitete potresa 28. aprila 1996 ob 3. uri 28 minut UTC.
Figure 9. Intensities of the earthquake on 28 April 1996 at 03:28 UTC.

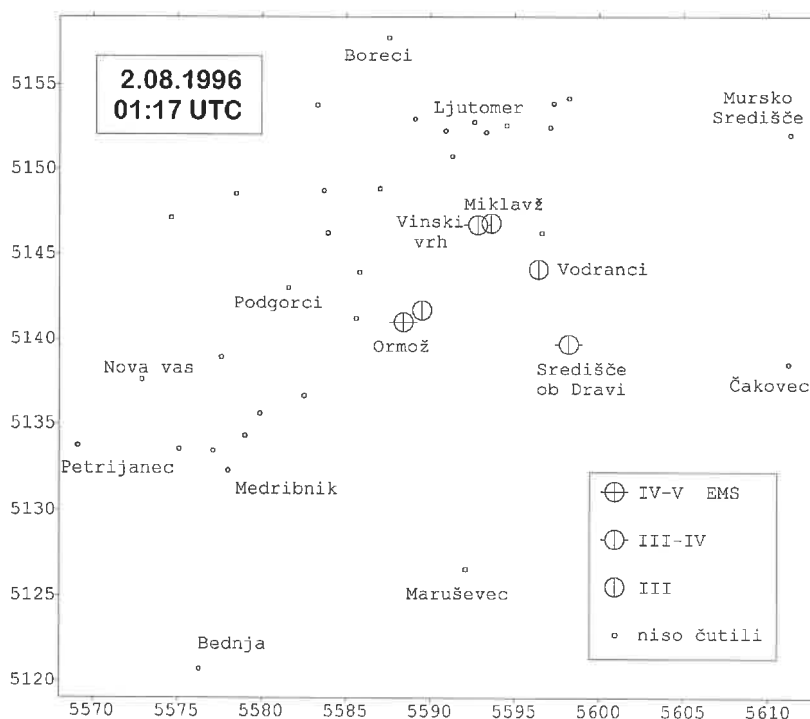


Slika 10. Intenzitete potresa 28. aprila 1996 ob 19. uri 25 minut UTC. Podatke za Hrvasko je posredoval mag. Ivica Sović iz Seizmološke službe RH, Zagreb.
 Figure 10. Intensities of the earthquake on 28 April 1996 at 19:25 UTC. The data for Croatia were collected by Ivica Sović, Croatian Seismological Survey, Zagreb.

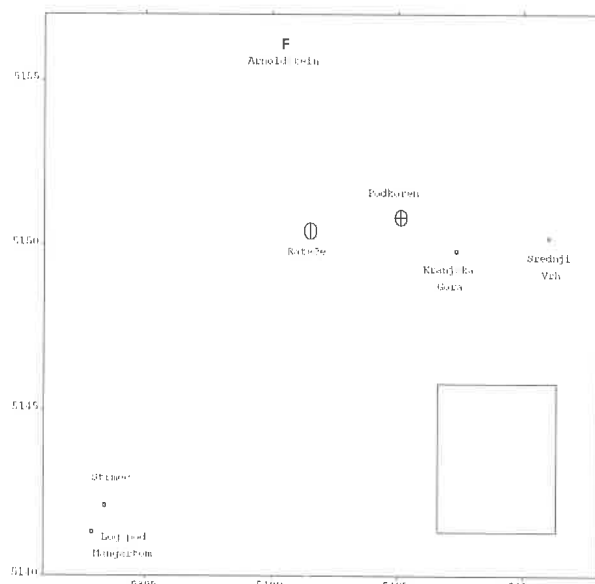


Slika 11. Intenzitete potresa 25. julija 1996 ob 21. uri 25 minut UTC. Podatke za Italijo je posredoval dr. Andrea Tertulliani iz Nacionalnega geofizikalnega instituta (ING), Rim.
 Figure 11. Intensities of the earthquake on 25 July 1996 at 21:25 UTC. The data for Italy were collected by Andrea Tertulliani, Istituto Nazionale di Geofisica, Rome.

2. avgust 1996 ob 1. uri 17 minut UTC. Potres je imel največji učinek (IV-V EMS) v Ormožu. Tresenje tal je prebudilo prebivalce, ki so opazili vznemirjenost domačih živali. Potres so čutili v naseljih v trikotniku Ormož-Miklavž-Središče ob Dravi (slika 12). Po podatkih Geofizikalnega zavoda iz Zagreba potresa na Hrvaškem niso čutili.



Slika 12. Intenzitete potresa 2. avgusta 1996 ob 1. uri 17 minut UTC. Podatke za Hrvaško je posredoval mag. Ivica Sović iz Seizmološke službe RH, Zagreb.
Figure 12. Intensities of the earthquake on 2 August 1996 at 01:17 UTC. The data for Croatia were collected by Ivica Sović, Croatian Seismological Survey, Zagreb.



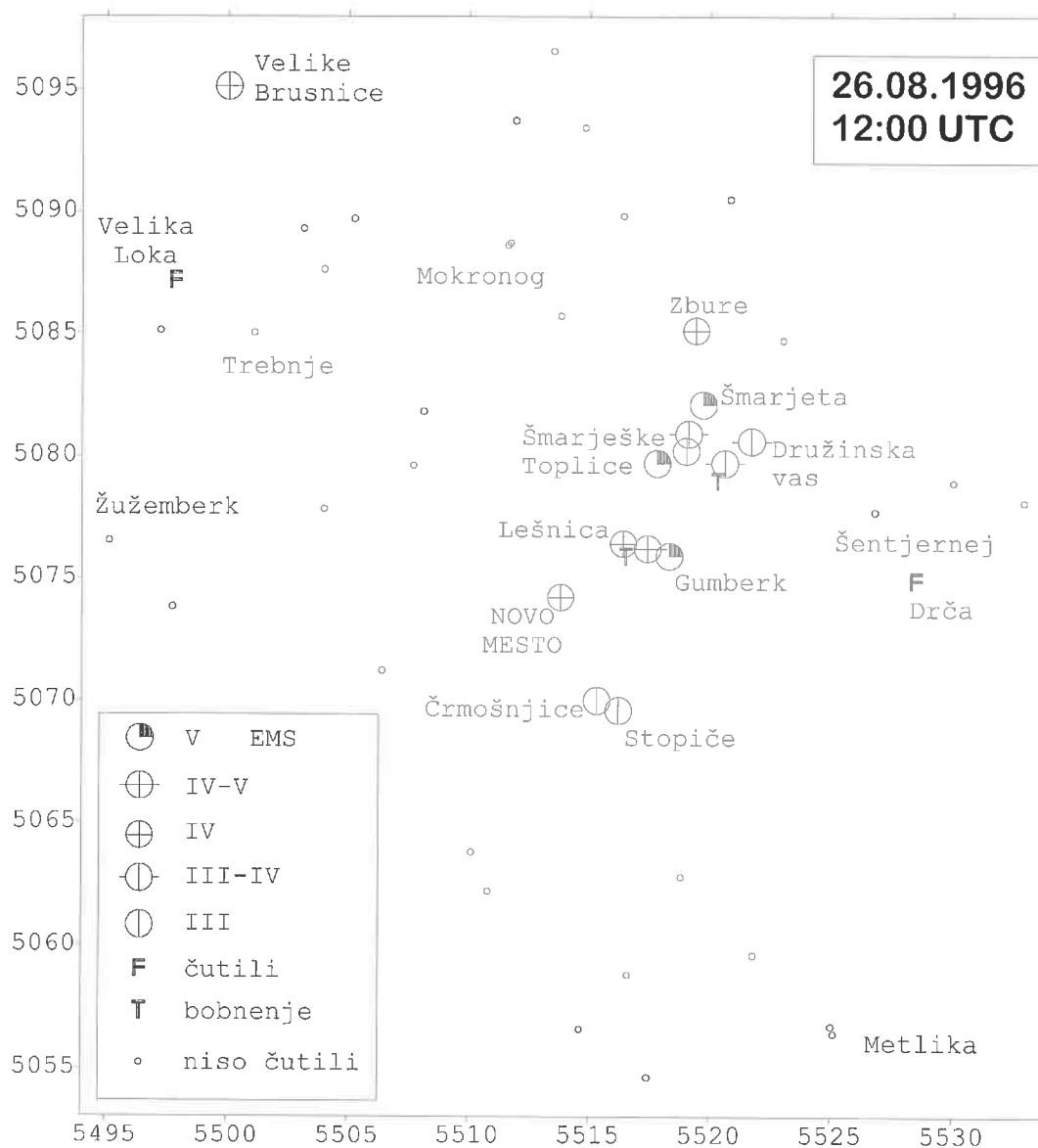
Slika 13. Intenzitete potresa 18. avgusta 1996 ob 21. uri 0 minut UTC. Podatke za Avstrijo je posredoval dr. Edmund Fiegweil iz Centralnega meteorološkega in geodinamičnega zavoda (ZAMG), Dunaj.

Figure 13. Intensities of the earthquake on 18 August 1996 at 21:00 UTC. The data for Austria were collected by Edmund Fiegweil, Zentralanstalt fuer Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Vienna.

18. avgust 1996 ob 20. uri 59 minut UTC. Še en potres na slovensko-avstrijski meji, ki so ga čutili prebivalci na obeh straneh. V Sloveniji se je najmočneje treslo v Podkorenu, kjer so prebivalci poročali o učinkih IV. stopnje EMS (slika 13). Zmerno

tresenje je prebudilo posameznike. V Ratečah se je poročevalki zdelo, kot bi s strehe zdrsnil velik plaz snega. V Avstriji so potres čutili v kraju Podklošter (Arnoldstein).

26. avgust 1996 ob 12. uri 0 minut UTC. Čeprav smo na Upravi RS za geofiziko po tem potresu prejeli največ telefonskih klicev iz Novega mesta, so bili najmočnejši učinki (V EMS) v krajih, ki ležijo nekoliko bolj severovzhodno, in sicer v Šmarjeških Toplicah, Šmarjeti in Gumberku pri Otočcu (slika 14). Poročevalci, tudi tisti, ki so bili na prostem, so omenjali, da je tresenje tal spremljalo zelo močno bobnenje, ki je trajalo pet sekund. Iz vasi Žihovo selo in Dolenje Kronovo so poročali samo o bobnenju brez tresenja tal.

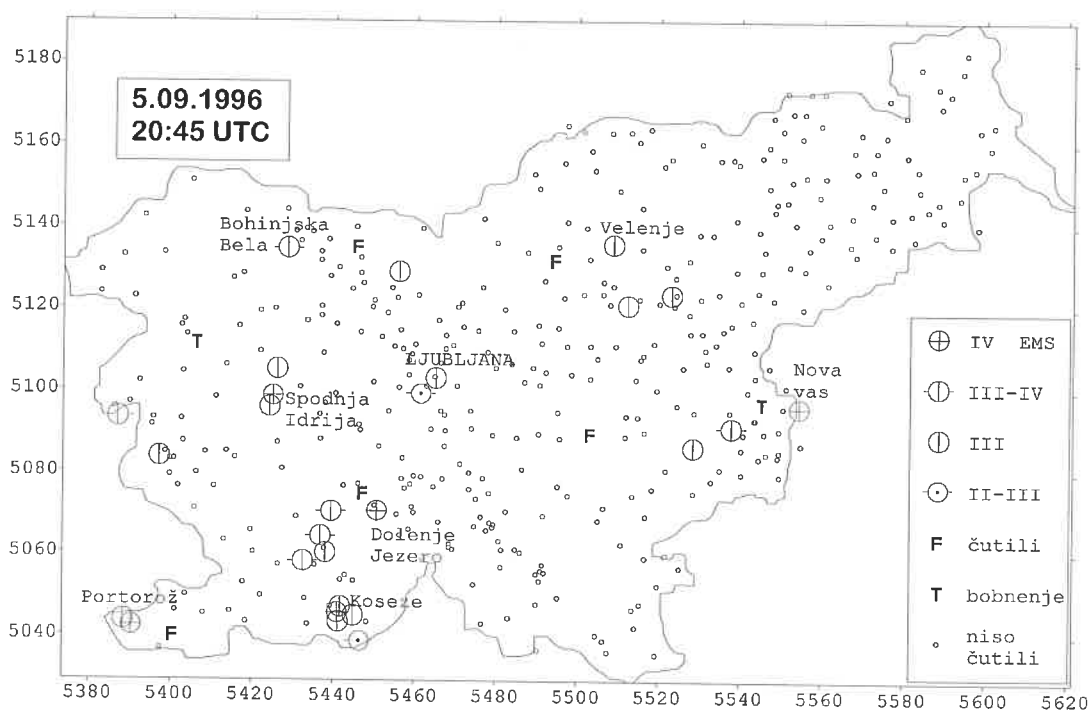


Slika 14. Intenzitete potresa 26. avgusta 1996 ob 12. uri 0 minut UTC.

Figure 14. Intensities of the earthquake on 26 August 1996 at 12:00 UTC.

5. september 1996 ob 20. uri 45 minut UTC. To je bil najmočnejši potres zunaj naših meja, ki so ga čutili prebivalci Slovenije. Žarišče je bilo v dubrovniškem primorju, kjer je imel v nadžariščnem območju učinke VIII. stopnje EMS. Številne

starejše hiše v vaseh Mravinca, Podimoč, Trnova in mestecih Ston in Slano so bile popolnoma uničene. Lokalno magnitudo tega potresa smo določili iz zapisov instrumentov v Ljubljani. Dosegla je vrednost 5,6. Potres so čutili prebivalci veliko krajev v Sloveniji, učinki pa niso nikjer presegli IV. stopnje EMS (slika 15). Najmočnejše so potres čutili v Dolenjem Jezeru, Spodnji Idriji, Kosezah pri Ilirski Bistrici, Portorožu in Novi vasi ob Sotli. Glavnemu potresu je sledilo zelo veliko število popotresnih sunkov. Prebivalci Slovenije so čutili enega izmed njih (17. septembra ob 13. uri 46 minut UTC) (Cecić et al., 1996, Vidrih et al., 1997).



Slika 15. Intenzitete potresa 5. septembra 1996 ob 20. uri 45 minut UTC. Žarišče potresa je bilo v južni Dalmaciji na Hrvaškem.

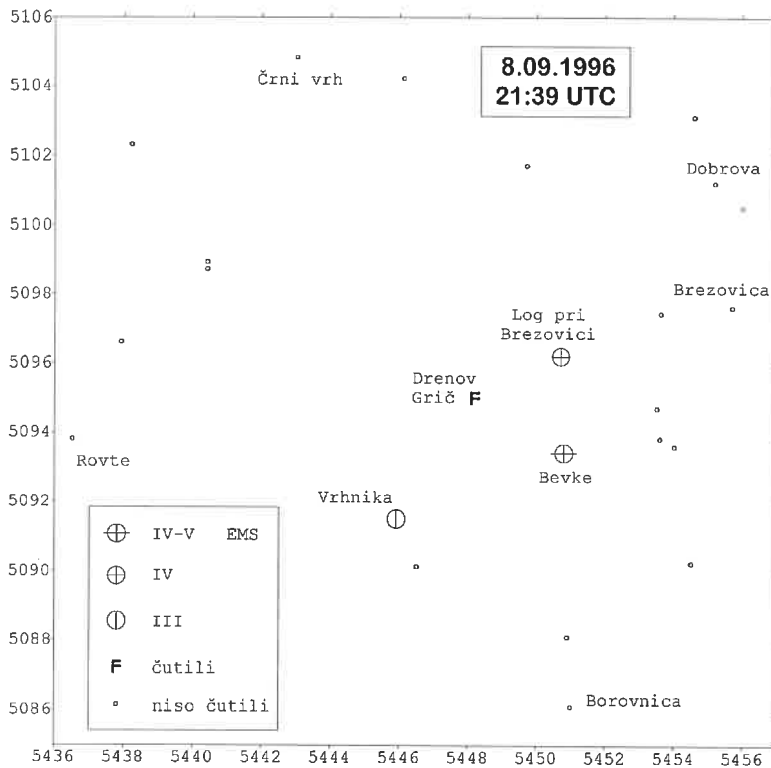
Figure 15. Intensities of the Southern Dalmatia, Croatia earthquake on 5 September 1996 at 20:45 UTC.

8. september 1996 ob 21. uri 39 minut UTC. Ta šibek potres je bil ponoči, zato o njem ni veliko podatkov. Prebivalci Bevk pri Vrhniku so ga čutili najmočnejše (IV-V EMS); najprej so zaslišali pok, pohištvo se je streslo, posamezniki so celo zapustili hiše. Potres so čutili še v Logu pri Brezovici, Vrhniku in Drenovem Griču (slika 16).

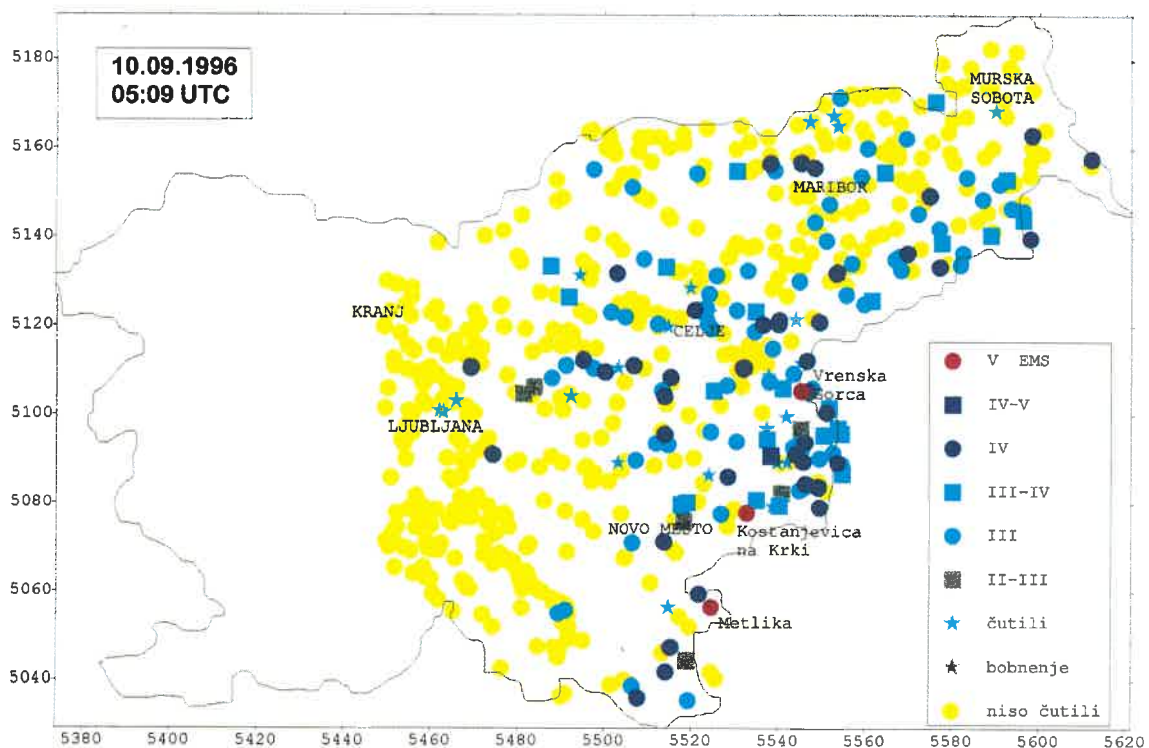
10. september 1996 ob 5. uri 9 minut UTC. Žarišče tega potresa je bilo na Hrvaškem v bližini Petrinje, kjer je povzročil precejšnjo gmotno škodo. V Sloveniji je v Vrenski Gorci, Kostanjevici na Krki in Metliki dosegel celo intenziteto V. stopnje EMS (slika 17). Potres so čutili prebivalci Slovenije v krajih vzhodno od Ljubljane.

14. september 1996 ob 23. uri 49 minut UTC in 15. september 1996 ob 0. uri 44 minut UTC. Ta dva nočna potresa sta prebudila prebivalce Kranja in okolice. Največja intenziteta obeh potresov je bila IV EMS (sliki 18 in 19). Prvi potres so najmočnejše čutili v Tupaličah, Naklem, Zgornjem Jezerskem, Kranju in Kropi, drugega pa v Kovorju, Kranju, Kropi, Gradišču, Čadovljah, Pristavi in Bistrici pri

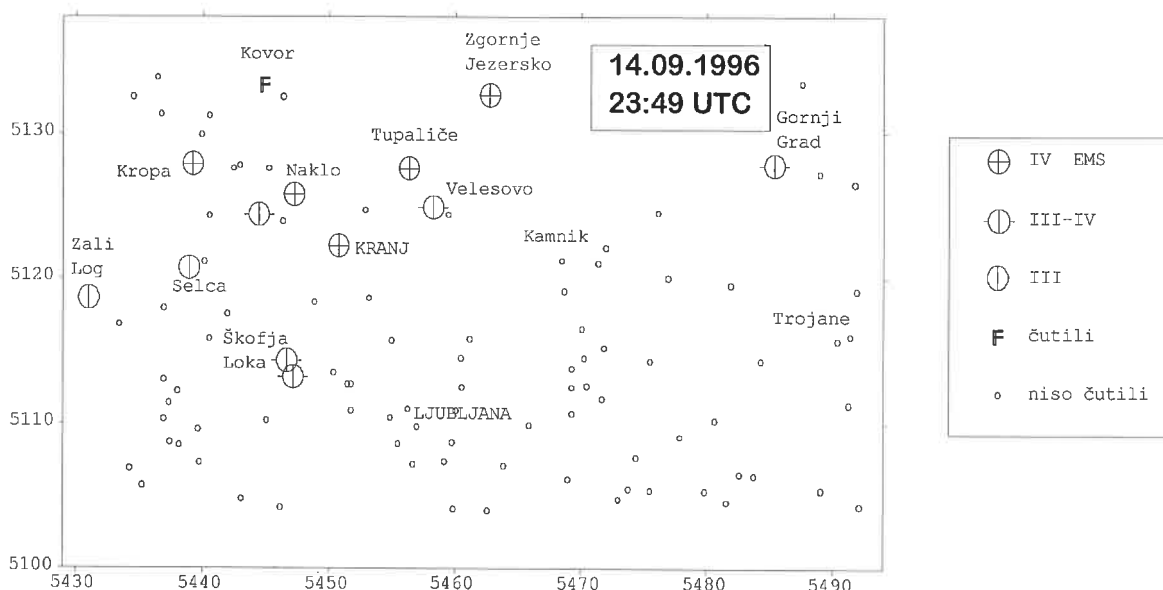
Tržiču. Zelo veliko opazovalcev ni podalo časa potresa, ki so ga opisovali, da bi mogli določiti, za katerega od teh dveh podatki veljajo. V naslednjih tednih so se tla še precej tresla.



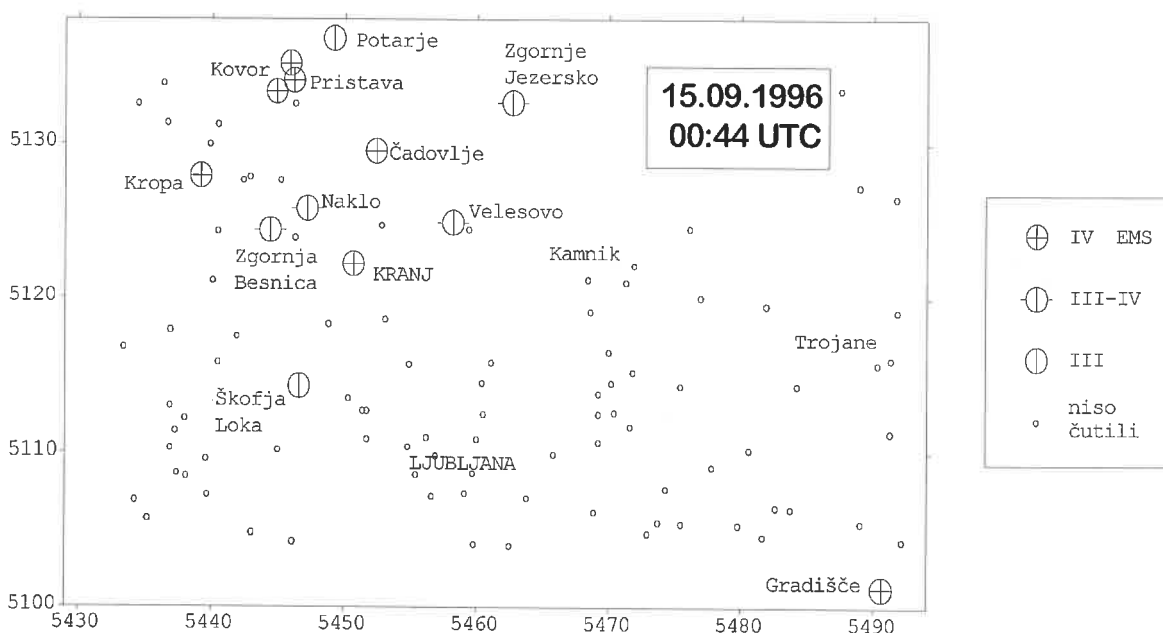
Slika 16. Intenzitete potresa 8. septembra 1996 ob 21. uri 39 minut UTC
 Figure 16. Intensities of the earthquake on 8 September 1996 at 21:39 UTC.



Slika 17. Intenzitete potresa 10. septembra 1996 ob 5. uri 9 minut UTC. Žarišče potresa je bilo v okolici Petrinje na Hrvaškem.
 Figure 17. Intensities of the Petrinja, Croatia earthquake on 10 September 1996 at 05:09 UTC.



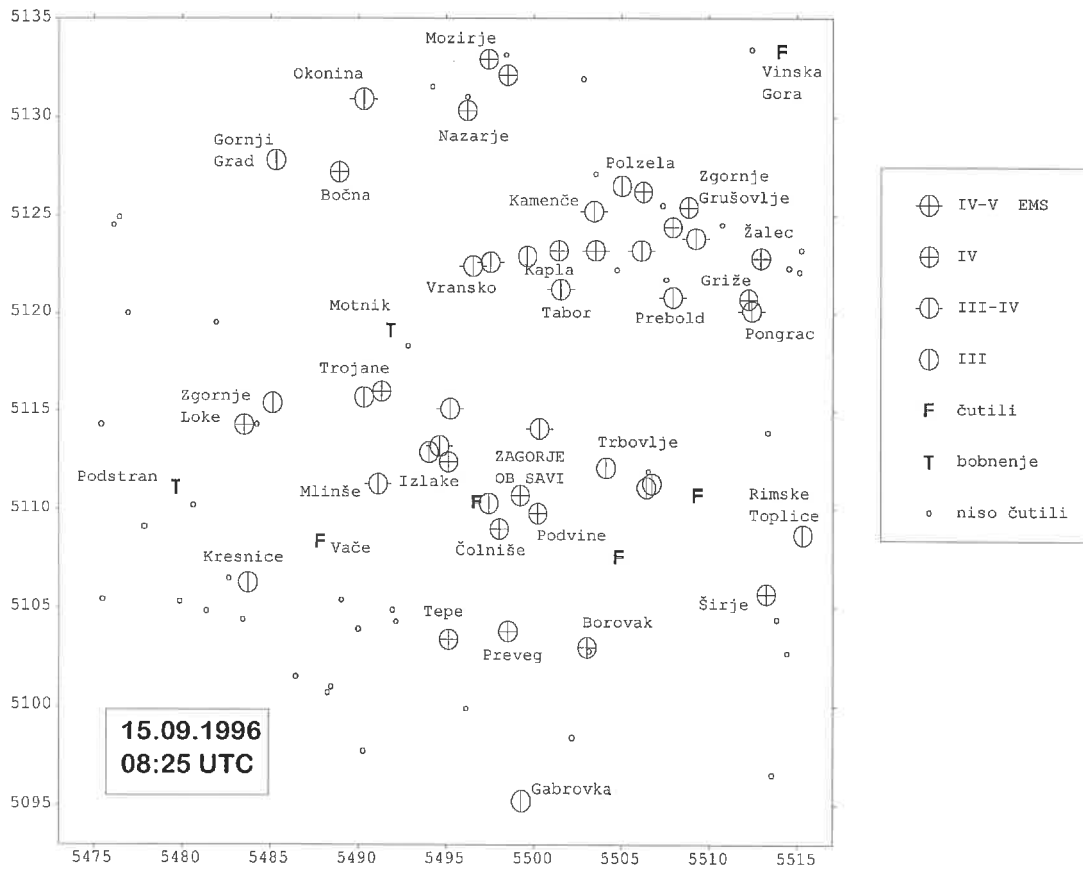
Slika 18. Intenzitete potresa 14. septembra 1996 ob 23. uri 49 minut UTC.
 Figure 18. Intensities of the earthquake on 14 September 1996 at 23:49 UTC.



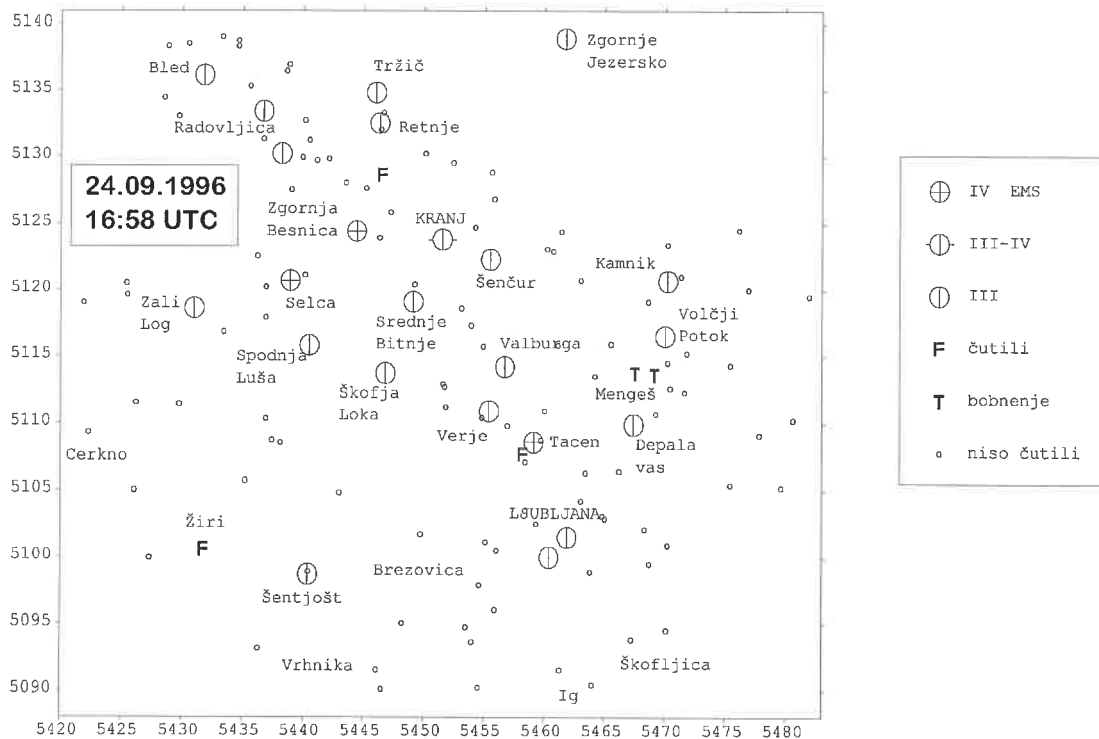
Slika 19. Intenzitete potresa 15. septembra 1996 ob 0. uri 44 minut UTC.
 Figure 19. Intensities of the earthquake on 15 September 1996 at 00:44 UTC.

15. september 1996 ob 8. uri 25 minut UTC. Ta dan so se tla zatresla tudi v Zasavju. Potres je v Gomilskem dosegel učinke IV-V EMS (slika 20). Učinke četrte stopnje pa so občutili prebivalci večjega območja, od Mozirja na severu do Borovaka na jugu in od Zgornjih Lok na zahodu do Žalca na vzhodu. Slišati je bilo kratko bobnenje. Psi so bili nemirni.

24. september 1996 ob 16. uri 58 minut UTC. Deset dni po prvem potresu so se tla na Gorenjskem spet zatresla. Tokrat so bili največji učinki potresa (IV EMS) zabeleženi v Tacnu pri Ljubljani, Zgornji Besnici in Selcih (slika 21). Iz Kranja in bližnjih krajev so poročali o šklepetanju šip in škripanju omar.

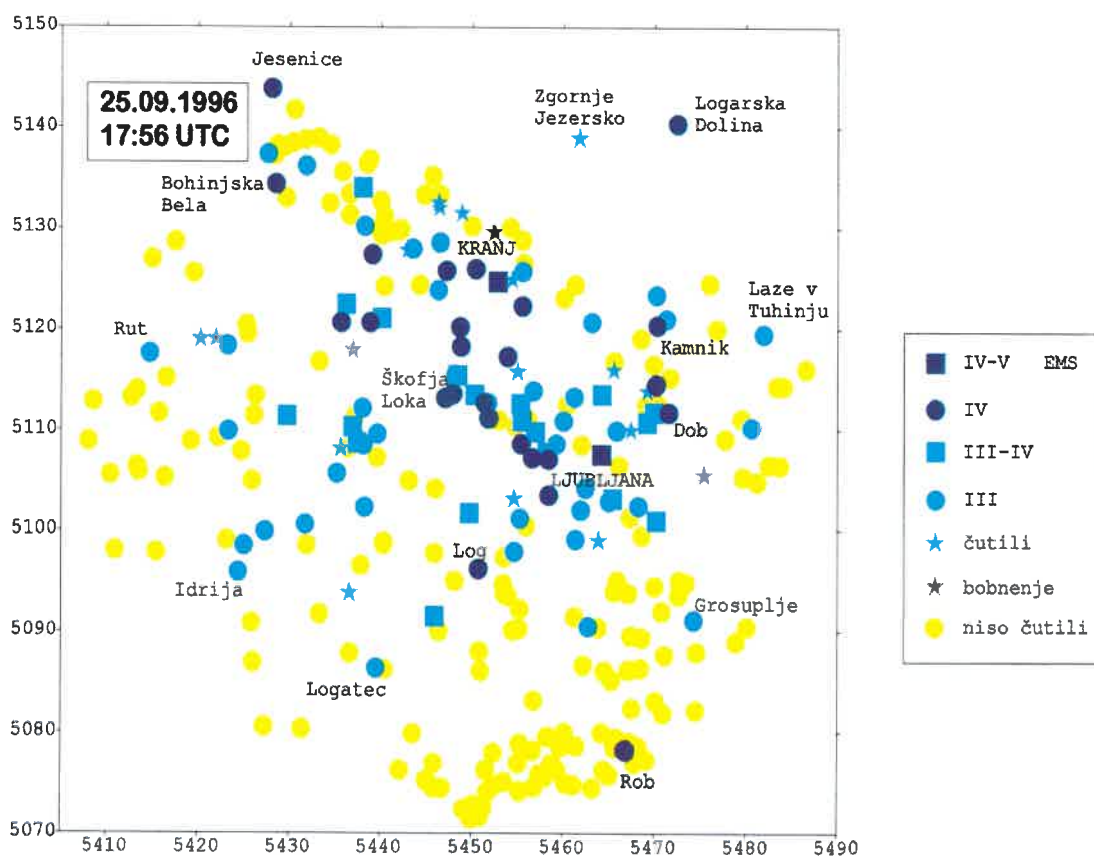


Slika 20. Intenzitete potresa 15. septembra 1996 ob 8. uri 25 minut UTC.
 Figure 20. Intensities of the earthquake on 15 September 1996 at 08:25 UTC.



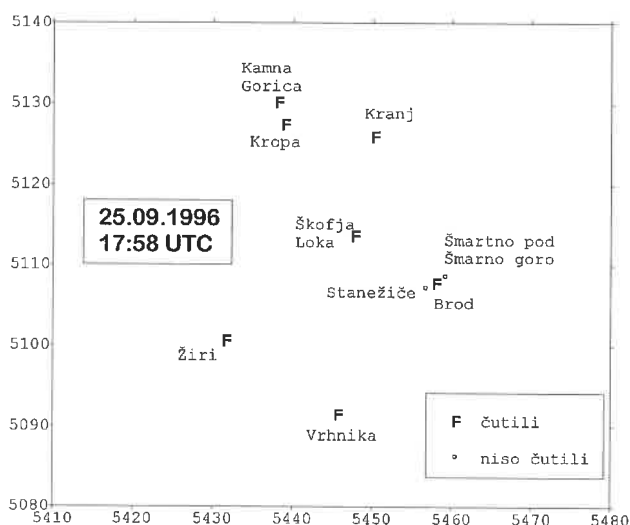
Slika 21. Intenzitete potresa 24. septembra 1996 ob 16. uri 58 minut UTC.
 Figure 21. Intensities of the earthquake on 24 September 1996 at 16:58 UTC.

25. september 1996 ob 17. uri 56 minut UTC in 17. uri 58 minut UTC. Magnituda prvega potresa je bila 3,7, drugega pa 1,9. Ker je drugi nastal le dve minuti po prvem, iz poročil o učinkih potresov skorajda ni bilo možno ločiti njunih učinkov. Marsikateri podatek je bil brez navedenega časa, tako da smo lahko samo predvidevali, za kateri potres gre. V takih primerih seizmologi navadno obdelujemo vse podatke skupaj, kot da bi bil le en sam potres, in raziskujemo skupno polje učinkov. Najmočneje so potresa čutili na Črnučah in v Predosljah, kjer je bila intenziteta IV-V EMS (sliki 22 in 23).



Slika 22. Intenzitete potresa 25. septembra 1996 ob 17. uri 56 minut UTC.

Figure 22. Intensities of the earthquake on 25 September 1996 at 17:56 UTC.

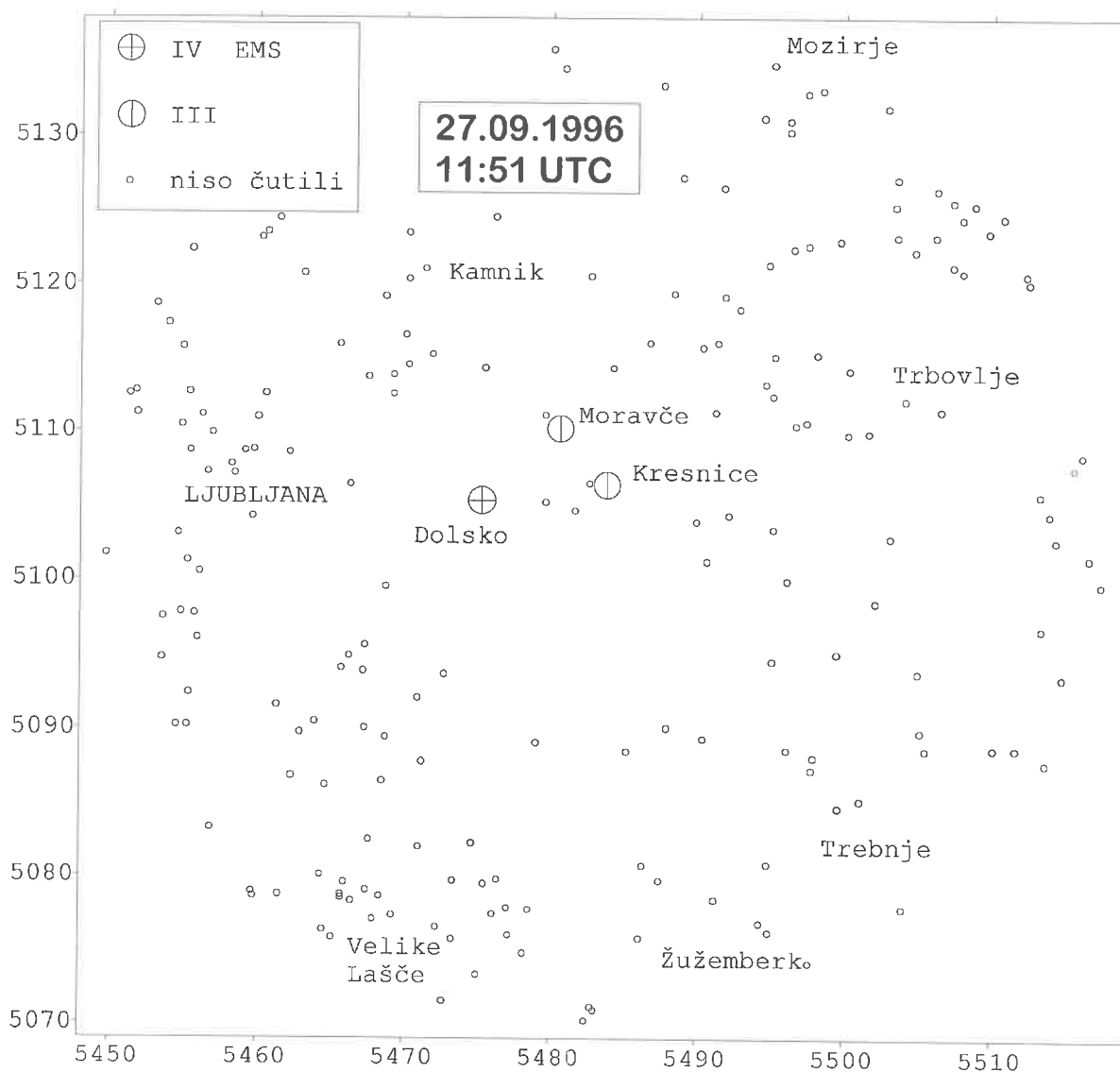


Slika 23. Intenzitete potresa 25. septembra 1996 ob 17. uri 58 minut UTC

Figure 23. Intensities of the earthquake on 25 September 1996 at 17:58 UTC.

26. september 1996 ob 0. uri 30 minut UTC. Potres so čutili posamezniki v okolici Smlednika.

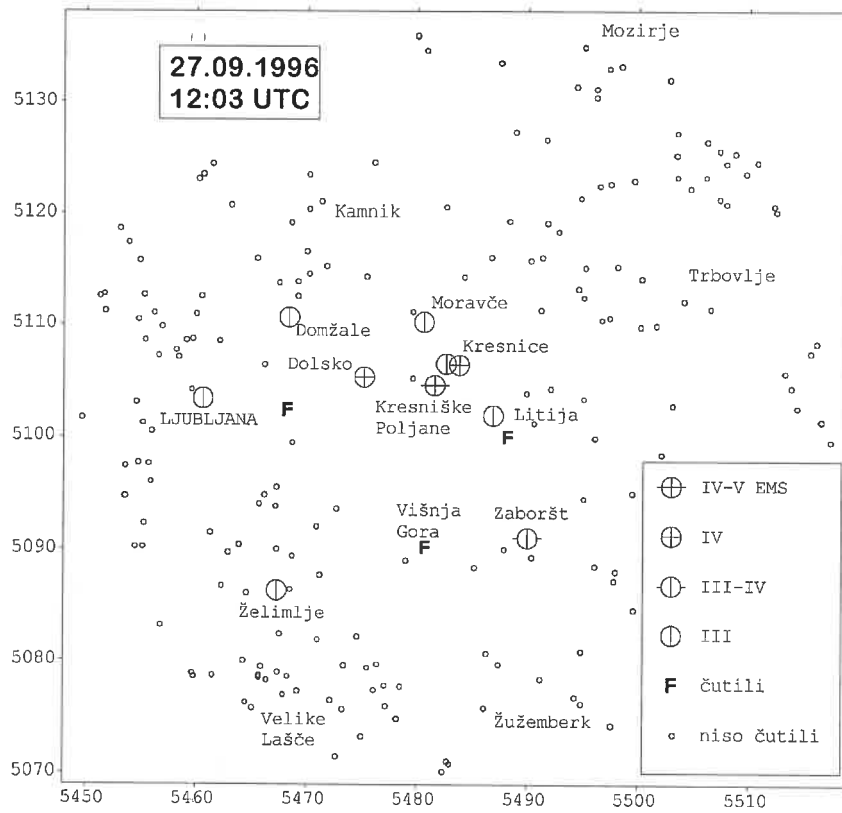
27. september 1996 ob 11. uri 51 minut, 12. uri 3 minute, 12. uri 5 minut in 14. uri 8 minut UTC. Potresna dejavnost se je z Gorenjskega preselila na vzhod. Štirje potresi v bližini Kresnic so dosegli intenziteto IV., IV.-V., IV.-V. ter IV. stopnje EMS (slike 24-27). Potrese je spremljalo močno bobnenje, podobno zvoku ob miniranju. Pohištvo je škripalo, psi so bili ponekod zelo nemirni in prestrašeni. Tudi tokrat smo imeli težave pri določanju, kateri potres opisujejo podatki iz vprašalnikov, ker v veliko primerih čas opisanega potresa ni bil ustrezno podan.



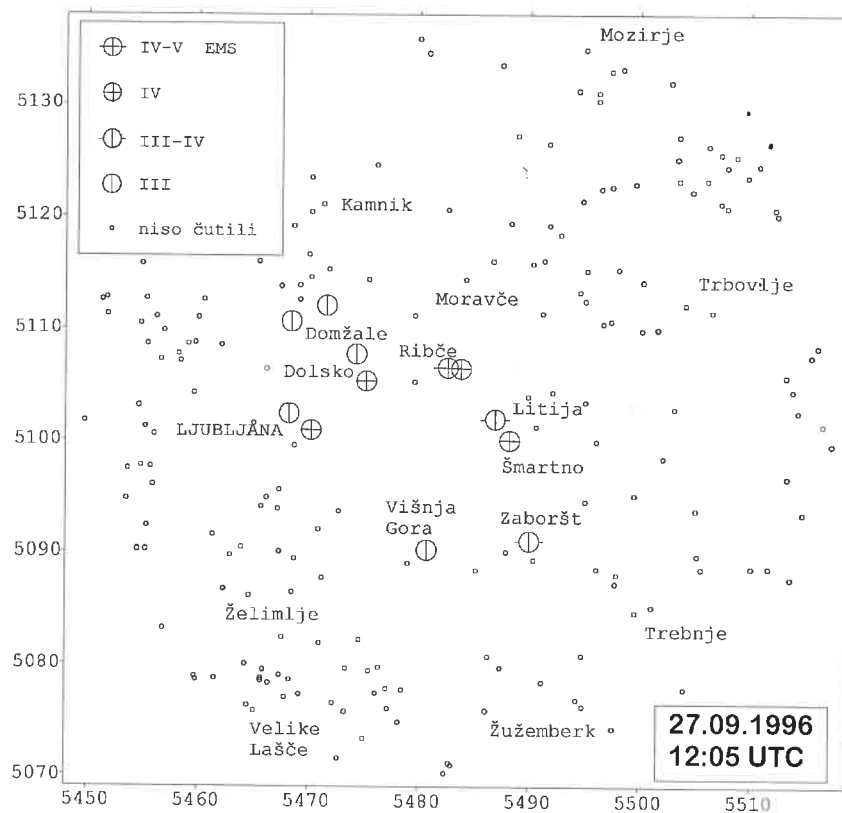
Slika 24. Intenzitete potresa 27. septembra 1996 ob 11. uri 51 minut UTC.

Figure 24. Intensities of the earthquake on 27 September 1996 at 11:51 UTC.

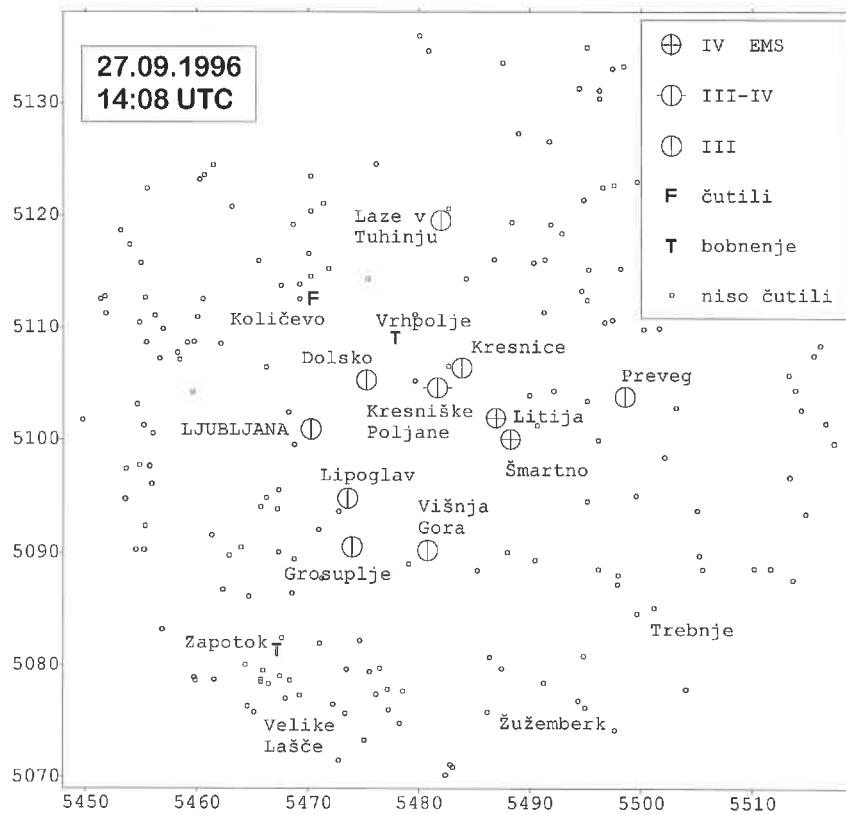
27. september 1996 ob 23. uri 16 minut UTC. Žarišče zadnjega potresa 27. septembra je bilo še bolj vzhodno. Čutili so ga v Zagorju ob Savi z intenziteto IV-V EMS (slika 28). Prebivalci so opazili tresenje pohištva in nihanje lestencev, nekateri pa so bili prepričani, da so se tla stresla večkrat.



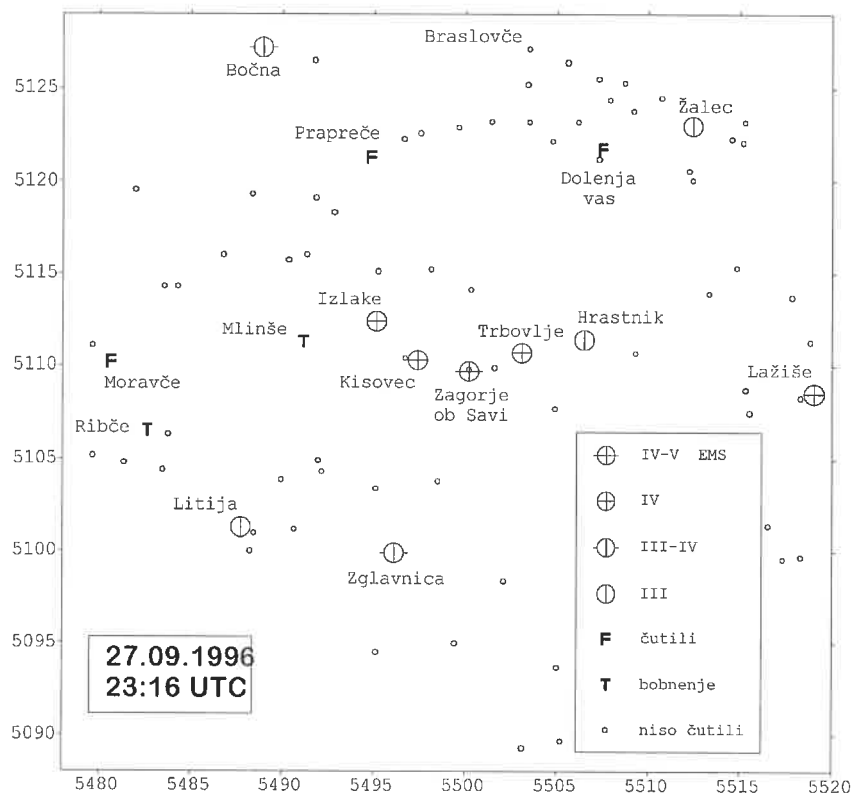
Slika 25. Intenzitete potresa 27. septembra 1996 ob 12. uri 3 minut UTC.
 Figure 25. Intensities of the earthquake on 27 September 1996 at 12:03 UTC.



Slika 26. Intenzitete potresa 27. septembra 1996 ob 12. uri 5 minut UTC.
 Figure 26. Intensities of the earthquake on 27 September 1996 at 12:05 UTC.



Slika 27. Intenzitete potresa 27. septembra 1996 ob 14. uri 8 minut UTC.
 Figure 27. Intensities of the earthquake on 27 September 1996 at 14:08 UTC.



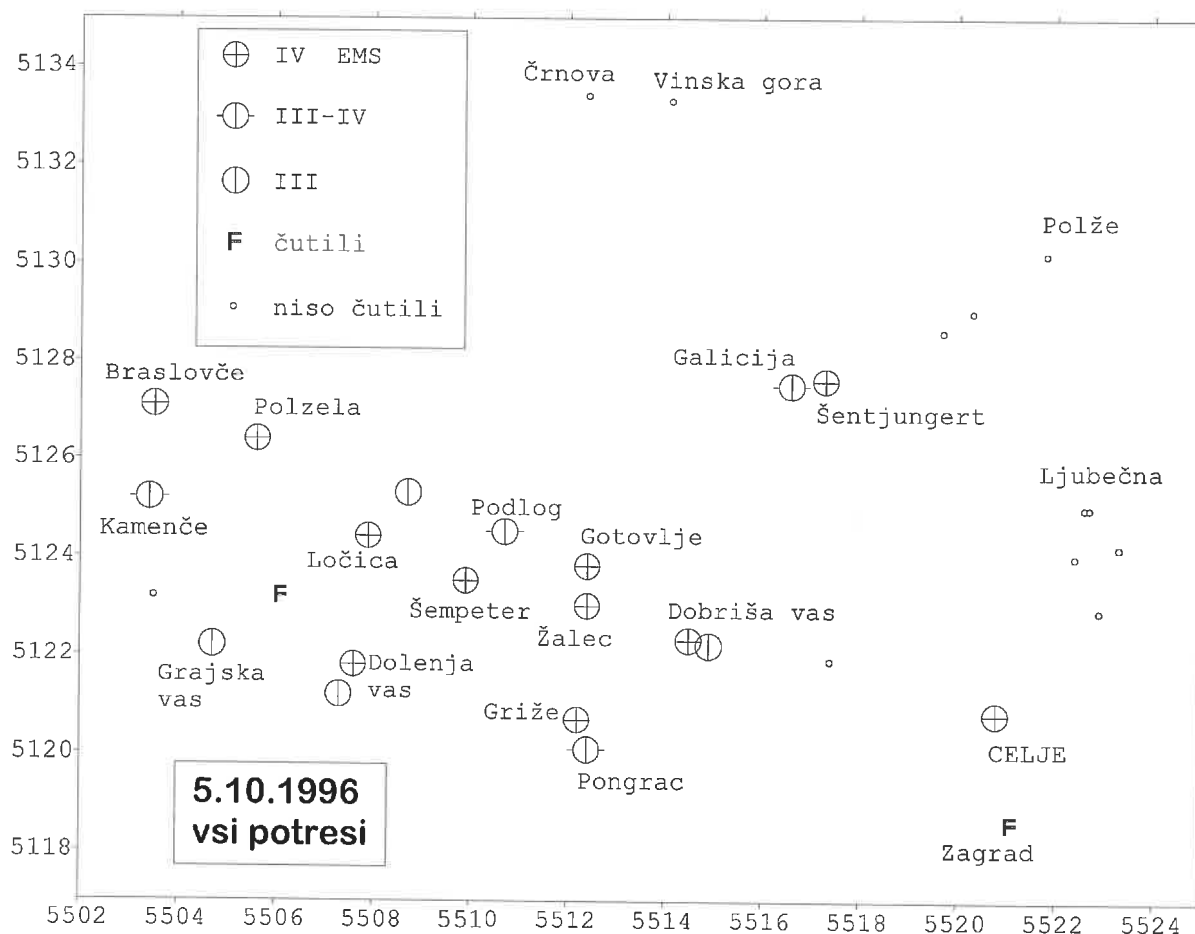
Slika 28. Intenzitete potresa 27. septembra 1996 ob 23. uri 16 minut UTC.
 Figure 28. Intensities of the earthquake on 27 September 1996 at 23:16 UTC.

28. september 1996 ob 1. uri 20 minut UTC. Potres so čutili posamezni prebivalci Zagorja ob Savi.

Potresi 3. oktobra 1996. Ko smo seizmologi že potihoma upali, da so se tla umirila in ko so se mize šibile pod težo prispelih poročil o potresih, se je začelo znova. Okolico Žalca je zatresla dolga in intenzivna vrsta potresov. Več o tem lahko preberete v posebnem prispevku "Potres 3. oktobra pri Žalcu in popotresni sunki".

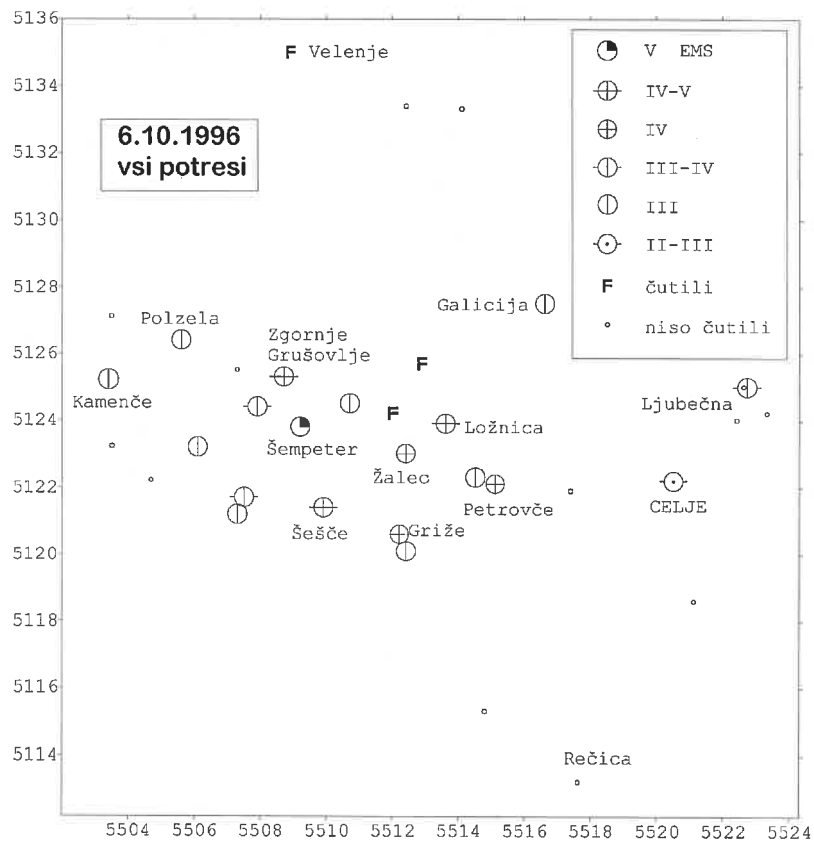
Potresi 4. oktobra 1996. Četrtega oktobra so prebivalci Žalca in okolice v množici potresov čutili najmanj pet sunkov. Zaradi velike količine podatkov in velikega števila potresov v kratkem času v večini primerov ni bilo možno ovrednotiti učinkov posameznih dogodkov. Tudi opazovalci so večinoma samo naštevali čase in na splošno opisovali celodnevno dogajanje.

Potresi 5. do 12. oktobra 1996. V tem obdobju se je v okolici Žalca zvrstilo zelo veliko šibkih potresov, od katerih so prebivalci čutili najmanj 12 sunkov (slike 29-33). Zadnji močnejši potres je bil 12. oktobra ob 9. uri 29 minut UTC. Največjo intenziteto (IV EMS) je dosegel v Dobriši vasi, Žalcu in Šempetru v Savinjski dolini (slika 34). Zaradi strahu pred morebitnim močnejšim sunkom so ponekod prebivalci zapustili domove.

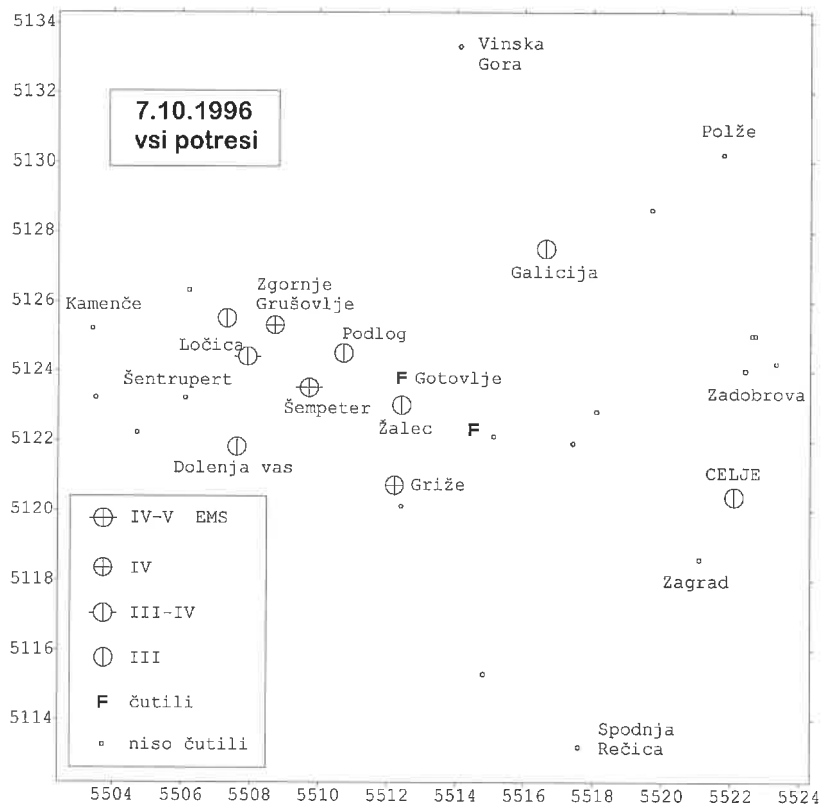


Slika 29. Karta skupnih učinkov vseh potresov 5. oktobra 1996.

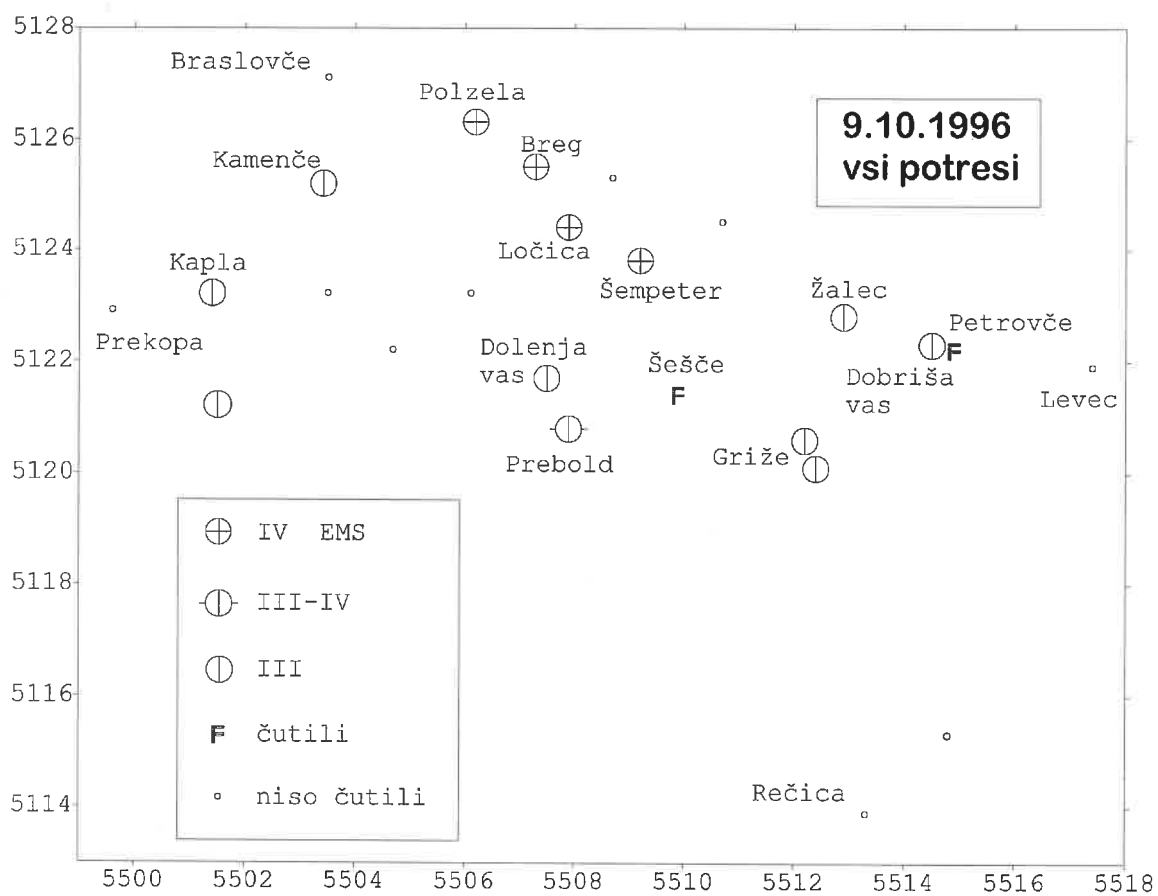
Figure 29. Map of the combined effects of the earthquakes on 5 October 1996.



Slika 30. Karta skupnih učinkov vseh potresov 6. oktobra 1996.
Figure 30. Map of the combined effects of the earthquakes on 6 October 1996.

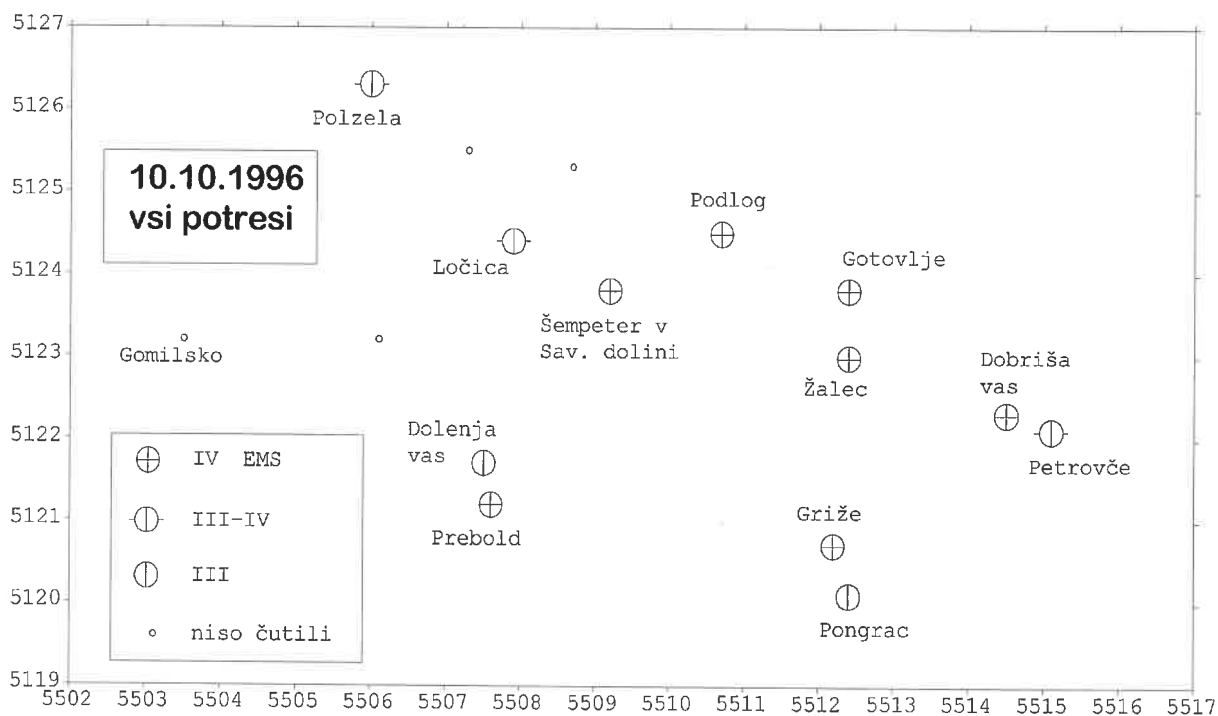


Slika 31. Karta skupnih učinkov vseh potresov 7. oktobra 1996.
Figure 31. Map of the combined effects of the earthquakes on 7 October 1996.



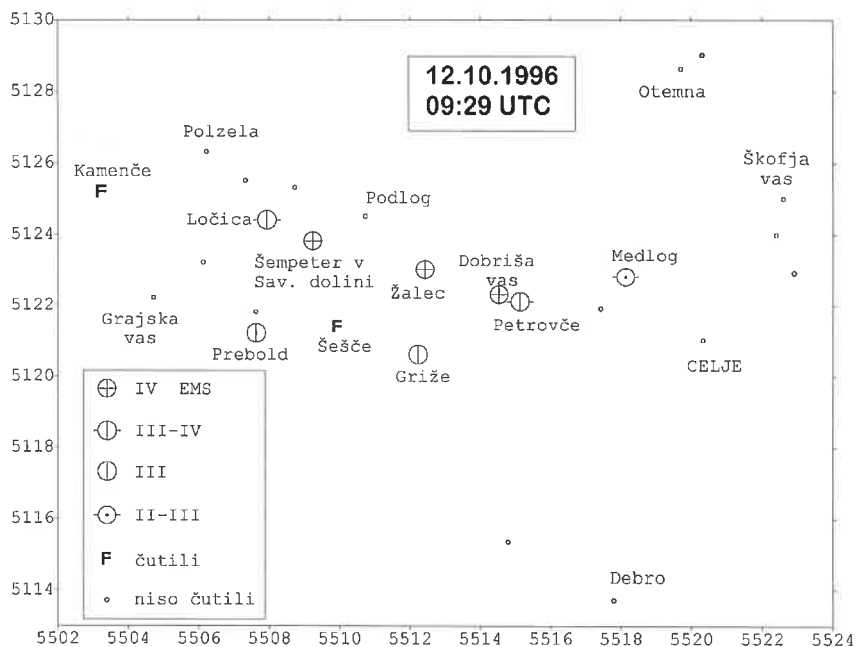
Slika 32. Karta skupnih učinkov vseh potresov 9. oktobra 1996.

Figure 32. Map of the combined effects of the earthquakes on 9 October 1996.



Slika 33. Karta skupnih učinkov vseh potresov 10. oktobra 1996.

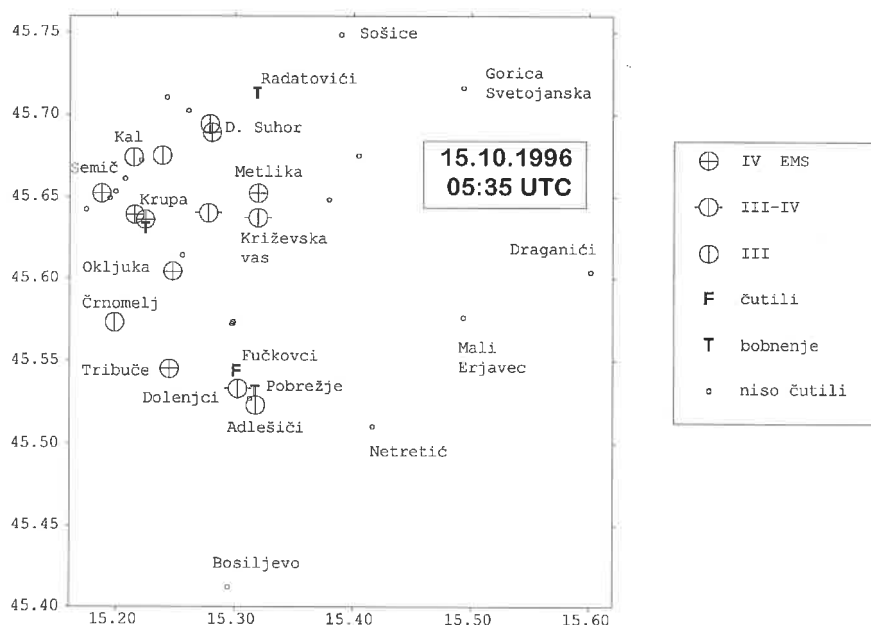
Figure 33. Map of the combined effects of the earthquakes on 10 October 1996.



Slika 34. Intenzitete potresa 12. oktobra 1996 ob 9. uri 29 minut UTC.

Figure 34. Intensities of the earthquake on 12 October 1996 at 09:29 UTC.

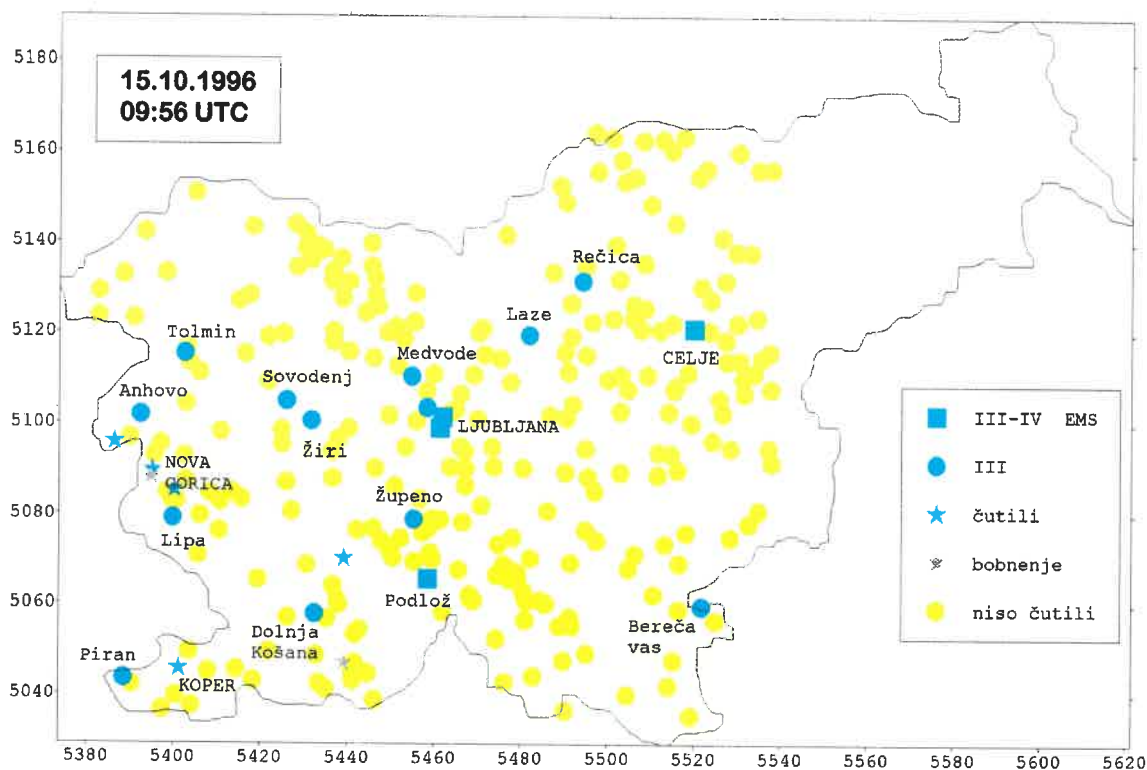
15. oktober 1996 ob 5. uri 35 minut UTC. Potres je v krajih Metlika, Dolnji Suhor, Okljuka, Krupa, Praprot, Semič in Tribučje dosegel največje učinke IV EMS (slika 35). Uprava za obrambo iz Metlike je sporočila, da je potres vznemiril prebivalce večnadstropnih stanovanjskih hiš. V Adlešičih in Dolenjcih so slišali tudi rahlemu grmenju v daljavi podoben zvok.



Slika 35. Intenzitete potresa 15. oktobra 1996 ob 5. uri 35 minut UTC. Podatke za Hrvatsko je posredoval mag. Ivica Sović iz Seizmološke službe RH, Zagreb.

Figure 35. Intensities of the earthquake on 15 October 1996 at 05:35 UTC. The data for Croatia were collected by Ivica Sović, Croatian Seismological Survey, Zagreb.

15. oktober 1996 ob 9. uri 56 minut UTC. Žarišče tega zelo močnega potresa je bilo v Italiji v pokrajini Reggio Emilia. Pri nas so ga čutili prebivalci celotne zahodne in osrednje Slovenije: v Kopru, Novi Gorici, Postojni, Ljubljani, Celju ... V Ljubljani je dosegel učinke III-IV EMS (slika 36).



Slika 36. Intenzitete potresa 15. oktobra 1996 ob 9. uri 56 minut UTC. Žarišče potresa je bilo v okolici Coreggia v Italiji.

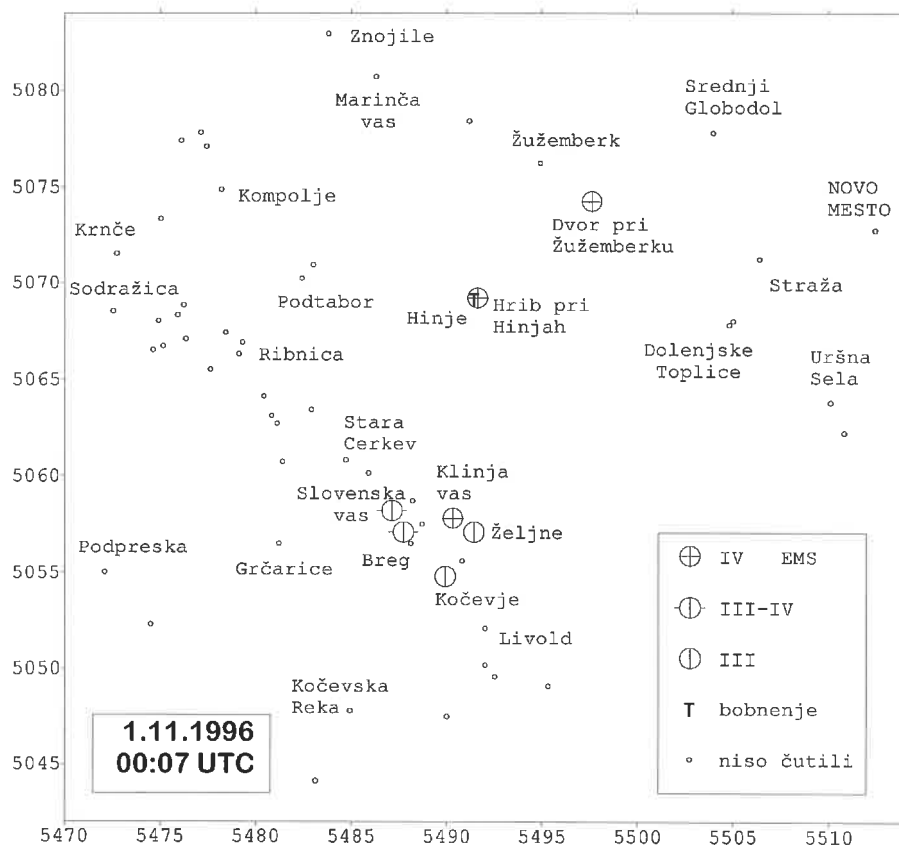
Figure 36. Intensities of the Coreggia, Italy earthquake on 10 September 1996 at 09:56 UTC.

16. oktober 1996 ob 2. uri 16 minut UTC. Potres so čutili posamezni prebivalci Šempetra v Savinjski dolini.

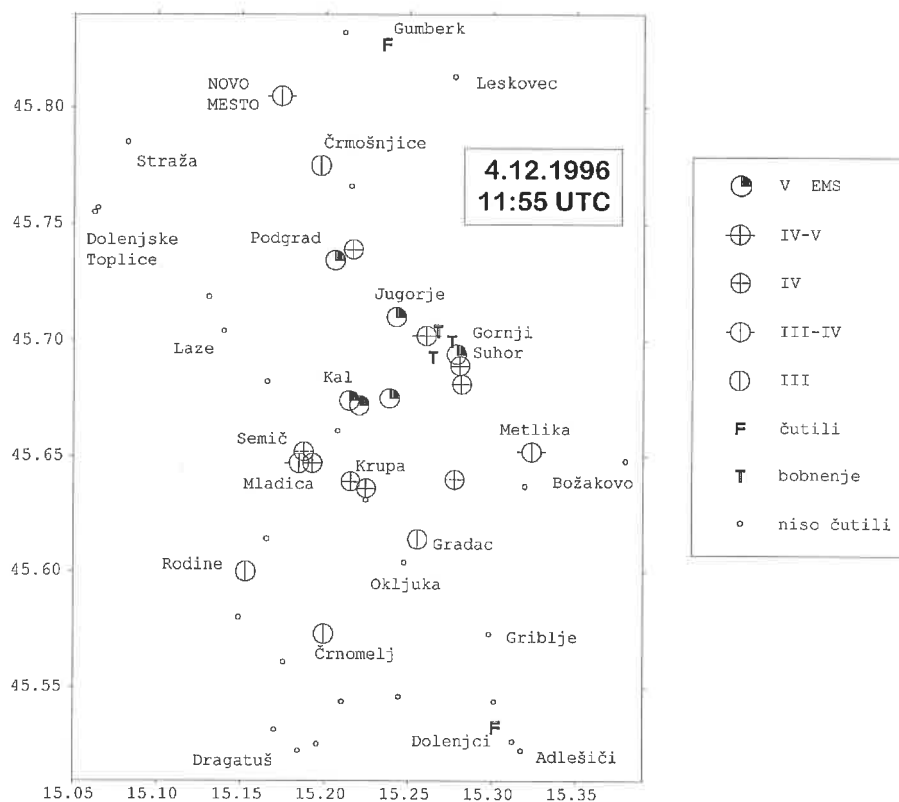
1. november 1996 ob 0. uri 7 minut UTC. Šibko tresenje tal so čutili posamezni prebivalci Klinje vasi, Dvora pri Žužemberku, Hriba pri Hinjah in okolice (slika 37). Največja intenziteta potresa je bila IV EMS.

4. december 1996 ob 11. uri 55 minut UTC. Tresenje tal je tokrat prestrašilo Belokranjce. Potres z intenziteto V EMS so čutili v Podgradu, Gornjem Suhorju, Jugorju, Kalu pri Semiču, Prapročah in Štrekljercu (slika 38). V vaseh Dole, Drage, Ravnace in Hrast so prebivalci slišali srednje močan zamolkel pok. Ponekod so ljudje zaradi tega zapustili hiše.

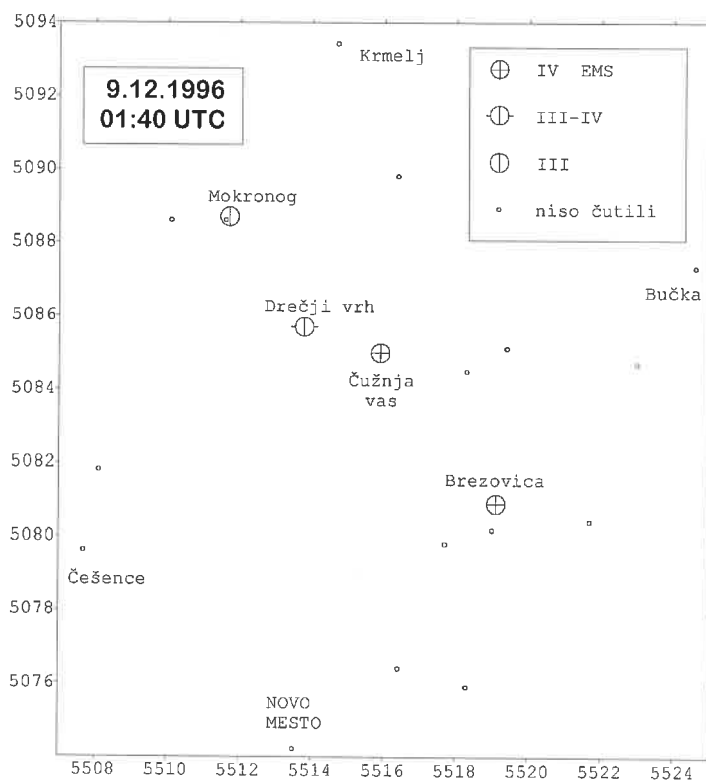
9. december 1996 ob 1. uri 40 minut UTC. Potres z intenziteto IV. stopnje EMS so čutili v Čužnji vasi in Brezovici (slika 39). Prebivalce je iz sna zbudil ropot. Opisali so ga kot hrup, ki ga povzroči sneg, ki drsi po strehi.



Slika 37. Intenzitete potresa 1. novembra 1996 ob 0. uri 7 minut UTC.
 Figure 37. Intensities of the earthquake on 1 November 1996 at 00:07 UTC.



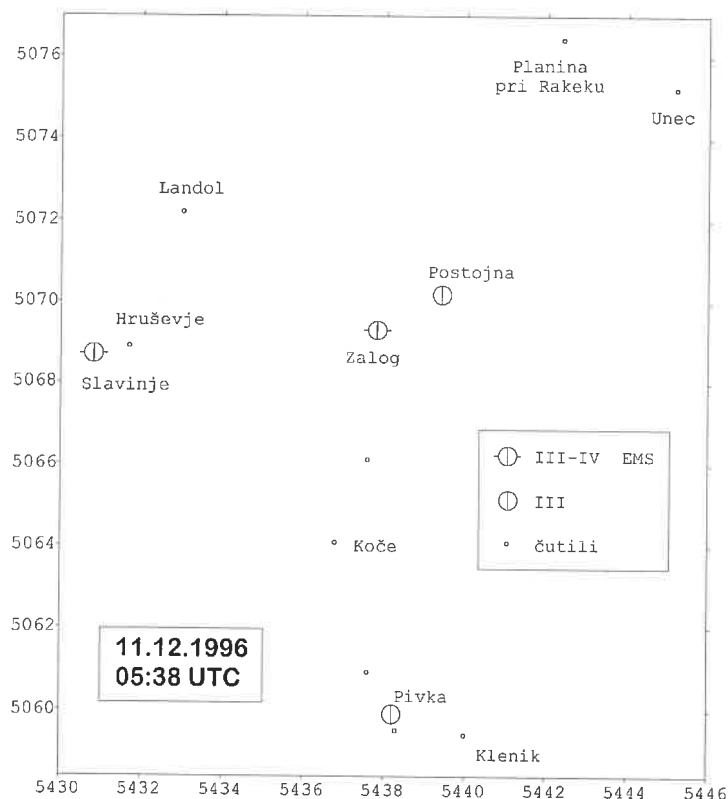
Slika 38. Intenzitete potresa 4. decembra 1996 ob 11. uri 55 minut UTC.
 Figure 38. Intensities of the earthquake on 4 December 1996 at 11:55 UTC.



Slika 39. Intenzitete potresa 9. decembra 1996 ob 1. uri 40 minut UTC.

Figure 39. Intensities of the earthquake on 9 December 1996 at 01:40 UTC.

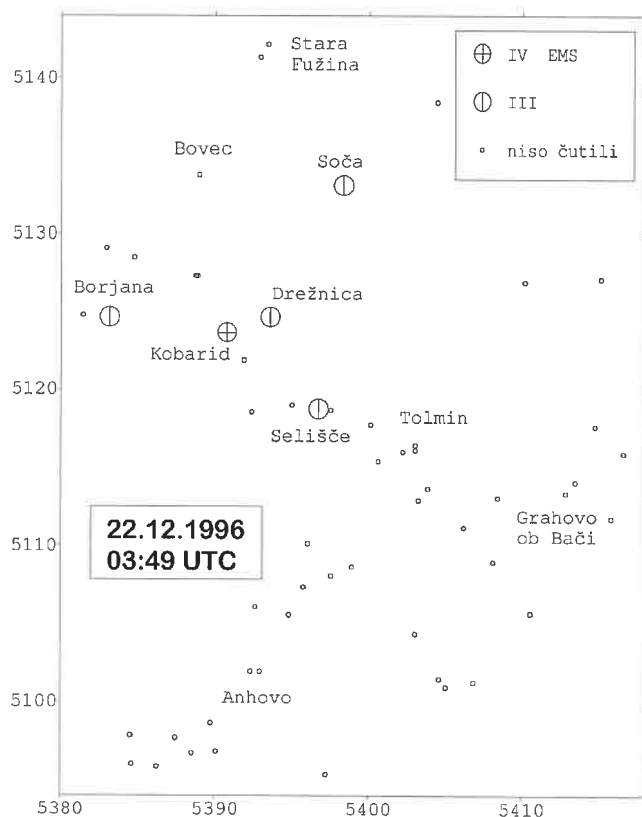
11. december 1996 ob 5. uri 38 minut UTC. Komaj zaznavno tresenje tal so čutili predvsem tisti prebivalci med Postojno in Pivko, ki so mirovali (slika 40). Intenziteta potresa je bila III-IV EMS.



Slika 40. Intenzitete potresa 11. decembra 1996 ob 5. uri 38 minut UTC

Figure 40. Intensities of the earthquake on 11 December 1996 at 05:38 UTC.

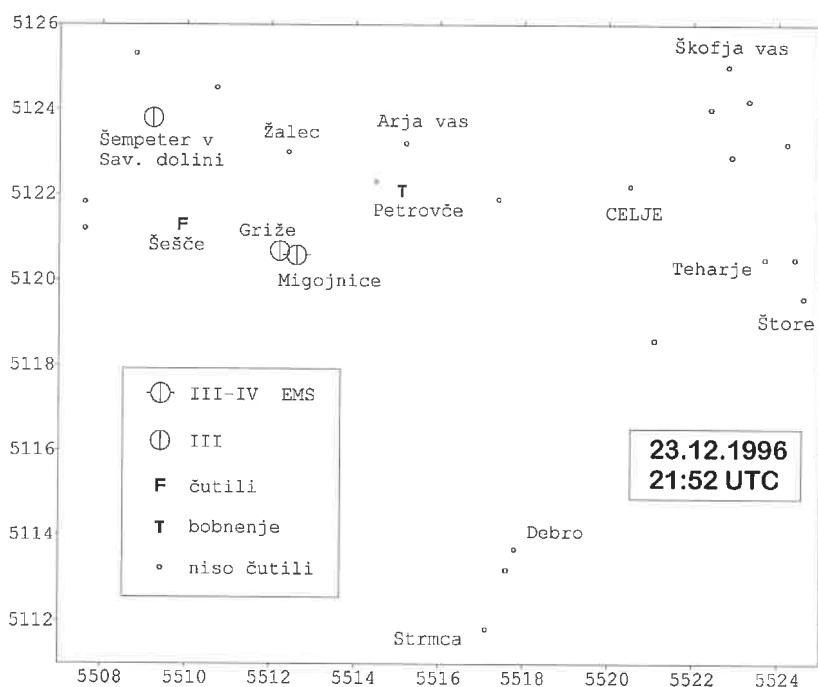
22. december 1996 ob 3. uri 49 minut UTC. Potres z žariščem v severni Italiji so šibko čutili prebivalci Kobarida z intenziteto IV. stopnje EMS (slika 41).



Slika 41. Intenzitete potresa 22. decembra 1996 ob 3. uri 49 minut UTC

Figure 41. Intensities of the earthquake on 22 December 1996 at 03:49 UTC.

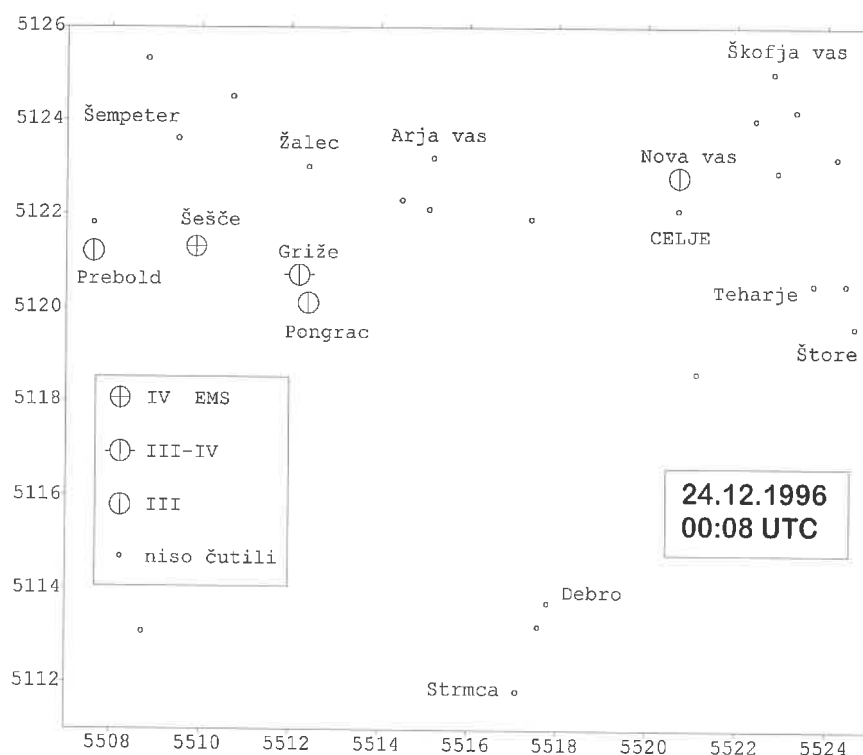
23. december 1996 ob 21. uri 52 minut UTC. Še en šibek potres (intenziteta III-IV EMS) v bližini Žalca; občutili so ga posamezniki v Migojnicah pri Grižah (slika 42).



Slika 42. Intenzitete potresa 23. decembra 1996 ob 21. uri 52 minut UTC.

Figure 42. Intensities of the earthquake on 23 December 1996 at 21:52 UTC.

24. december 1996 ob 0. uri 8 minut UTC. Le nekaj ur pozneje je sledil še en šibek sunek. Poročila o njem so prišla iz Savinjske doline, kjer je v Šeščah dosegel IV. stopnjo EMS (slika 43).



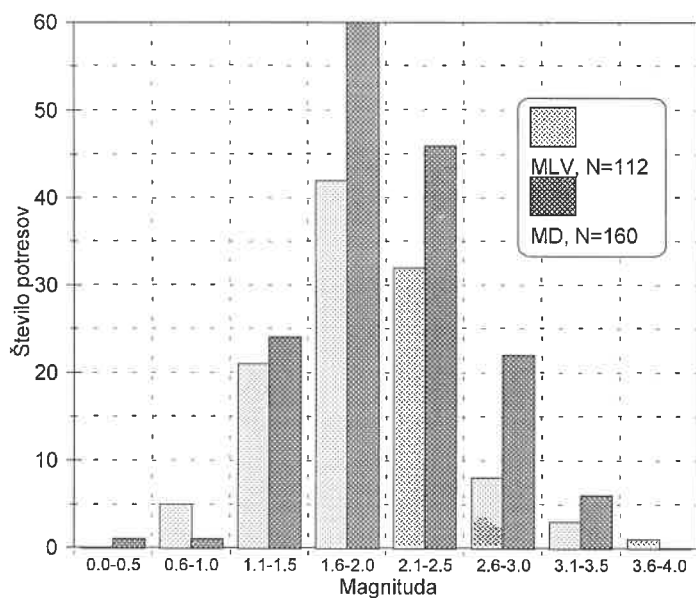
Slika 43. Intenzitete potresa 24. decembra 1996 ob 0. uri 8 minut UTC.

Figure 43. Intensities of the earthquake on 24 December 1996 at 00:08 UTC.

Karte nadžarišč (epicentrov) potresov (sliki 1 in 2) kažejo, da je bilo leta 1996 v Sloveniji 5 območij, ki so bila potresno bolj aktivna, in sicer:

- 1) Tolminsko, kjer je bilo na mejnem območju z Italijo 17 potresov, ki so časovno razporejeni prek celega leta.
- 2) Polhograjski dolomiti, kjer lahko širšemu območju pripišemo 29 potresov, do katerih je prav tako prihajalo prek celega leta, nekoliko povečana aktivnost je bila le januarja in februarja.
- 3) Ilirskobistriško območje z Gorskim Kotarjem (13 potresov) je bilo aktivno predvsem v novembru in decembru.
- 4) Savinjska dolina je po glavnem potresu 3. oktobra pri Žalcu doživela serijo več sto popotresnih sunkov, ki so se vrstili do konca leta. V preglednici 1 je zajetih 31 močnejših sunkov.
- 5) Krško-Brežiško polje z obrobjem, kjer je bilo 12 potresov, enakomerno razporejenih prek celega leta.

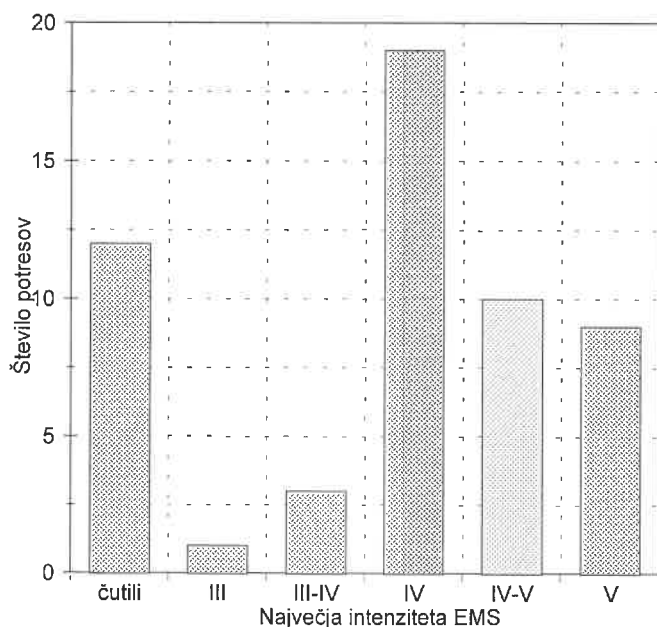
Od potresov, ki so zajeti v preglednici 1, je na ozemlju zunaj naštetih petih območij prišlo do 67-ih potresov. Kot zanimivejšega lahko štejemo potres dne 2. avgusta v Zavrču v Halozah, kjer so sicer potresi zelo redki.



Slika 44. Porazdelitev potresov glede na magnitudo.

Figure 44. Distribution of the earthquakes with respect to magnitude.

Histogram na sliki 44 kaže porazdelitev $M_{L,V}$ in M_D magnitud. Lokalne magnitude ($M_{L,V}$) smo lahko opredelili za 112 potresov, magnitudo iz trajanja potresa (M_D) pa za 160 potresov. Največ potresov je imelo magnitudo med 1,6 in 2,5, le en dogodek pa je imel lokalno magnitudo večjo od 3,5, in sicer potres dne 25. septembra pri Podreči - Mavčičah.

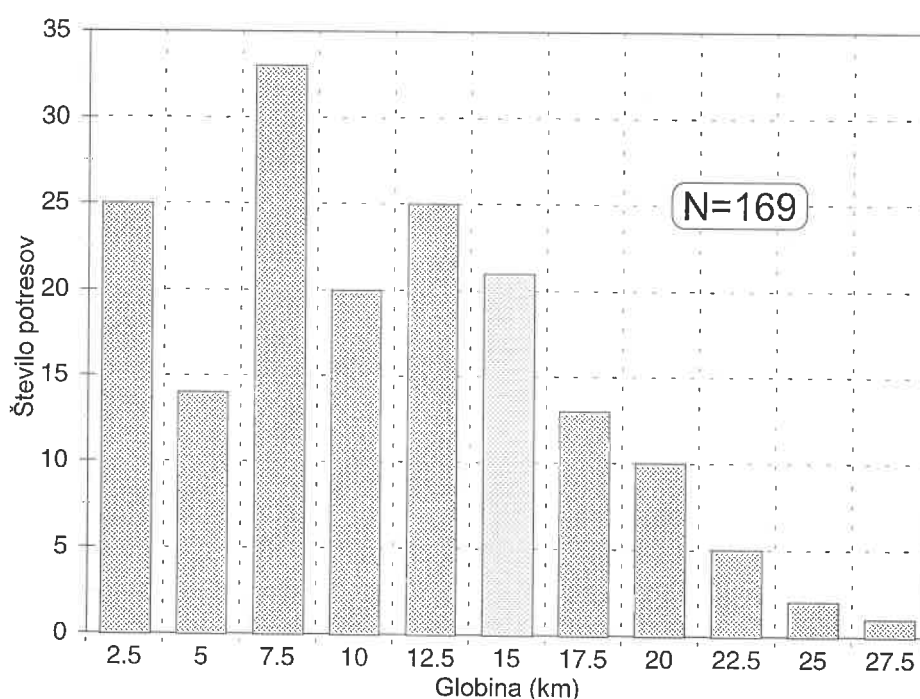


Slika 45. Porazdelitev potresov glede na največjo EMS intenziteto v Sloveniji.

Figure 45. Distribution of the earthquakes with respect to maximum EMS intensity in Slovenia.

Med potresi, za katere smo razposlali makroseizmične vprašalnike, jih je največjo intenziteto IV. stopnje EMS doseglo 19, intenziteto IV.-V. stopnje 10 in intenziteto V. stopnje 9 potresov. Drugi potresi so imeli nižjo največjo intenziteto ali pa so jih ljudje le čutili in stopnje ni bilo mogoče opredeliti (Sliki 2 in 45).

Porazdelitev potresov glede na globino žarišča (slika 46) kaže, da ima velika večina potresov žarišča v globini med 5 in 15 km z vrhom med 5 in 7,5 km (33 potresov). V prvem intervalu med 0 in 2,5 km je poleg 14-ih potresov z opredeljenimi globinami prišteti še 11 potresov za katere globine žarišč nismo mogli opredeliti.



Slika 46. Porazdelitev potresov glede na globino žarišča.

Figure 46. Distribution of the earthquakes with respect to focal depth.

Sklep

Čeprav leta 1996 v Sloveniji ni bilo močnih potresov; je bila potresna dejavnost dokaj velika. Posebno zanimiva je bila vrsta šibkih potresov v okolici Žalca. Kljub številnim potresom, ki so jih prebivalci čutili, intenzitete niso presegle V. stopnje EMS in gmotna škoda je bila neznatna. Leto 1996 uvrščamo zato med potresno povprečno dejavna leta na Slovenskem.

Podatke o tem, kako so potrese čutili v sosednjih državah, so posredovali: za Avstrijo Edmund Fiegweil iz Centralnega meteorološkega in geodinamičnega zavoda (ZAMG) z Dunaja, za Hrvaško Ivica Sović iz Seizmološke službe Geofizikalnega zavoda Andrija Mohorovičić (GZAM) iz Zagreba in za Italijo Andrea Tertulliani iz Nacionalnega geofizikalnega instituta (ING) iz Rima.

Literatura

Cecić, I., M. Godec and R. Vidrih (1996): The September 5, 1996 Slano - Ston earthquake: Examples of the damage.

<http://www.gserg.nmh.ac.uk/~phoh/escwg/papers/slano/stona.htm>

Cecić, I., M. Živčić in J. Ravnik (1997): Potresi v Sloveniji leta 1996. Ujma, št. 11, 27-33, Ljubljana.

Grünthal, G. (ed.), 1993. European Macroseismic Scale 1992 (up-dated MSK-scale). Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 7, Luxembourg, 79 str.

Grünthal, G. (ed.), 1993. European Macroseismic Scale 1992 (up-dated MSK-scale). http://www.gfz-potsdam.de/pb1/pg2/ems92/ems92_0.htm

Preliminarni seizmološki bilteni slovenskih, avstrijskih, hrvaških in italijanskih opazovalnic za leto 1996

Vidrih, R., M. Godec in I. Cecić, 1997. Lanski potresi v dubrovniškem primorju. GEA, letnik VII, št. 1, 12-13, Ljubljana.

POTRES 3. OKTOBRA 1996 PRI ŽALCU IN POPOTRESNI SUNKI

THE 3 OCTOBER EARTHQUAKE NEAR ŽALEC AND ITS AFTERSHOCK SEQUENCE

Andrej Gosar, Ina Cević, David Dolenc, Mladen Živčić

Izveček. Drugi najmočnejši potres v letu 1996 na ozemlju Slovenije smo zabeležili 3. oktobra ob 22. uri in 41 minut po svetovnem času pri Žalcu. Imel je lokalno magnitudo 3,5 in največjo intenziteto V. stopnje EMS-lestvice. Potres je na nekaterih hišah povzročil manjše poškodbe, predvsem v obliki lasastih razpok in odpadlega ometa. Glavnemu potresu je sledilo okoli 300 popotresnih sunkov, ki so trajali do konca leta 1996. Ljudje so čutili najmanj 25 močnejših popotresov. S statistično analizo popotresne serije, zabeležene na opazovalnici v Bistriškem jarku, ki leži 45 km severno od epicentralnega območja, in na začasni opazovalnici pri Sv. Jedrti, 3 km severno od Žalca, smo opredelili parametre Omorijevega zakona za gostoto pojavljanja popotresov in pa parametre Gutenberg-Richterjevega zakona, ki podaja frekvenco popotresov določene magnitude. Opredeljene vrednosti za obe opazovalnici se dobro ujemajo med seboj in s podatki iz literature.

Abstract. The second strongest event in 1996 was recorded on October 3rd at 22:41 UTC near Žalec. Its local magnitude was 3.5 and had a maximum intensity of V EMS. The earthquake caused some light damage in the form of hair-line cracks and loss of tiny pieces of plaster from some houses. The main earthquake was followed by approx. three hundred aftershocks which continued until the end of the year. At least 25 stronger aftershocks were felt in the Žalec region. Statistical analysis of aftershock sequence as recorded by the BISS station situated 45 km north of the epicentral area and by the temporary station installed at Sv. Jedrt 3 km north of Žalec shows similar values of parameters of Omori's power law for the rate of aftershocks occurrence and Gutenberg-Richter's magnitude-frequency relation that were in accordance with values known from the literature.

Uvod

Drugi najmočnejši potres na ozemlju Slovenije v letu 1996 je stresel Žalec in okolico 3. oktobra ob 22. uri 41 minut po svetovnem času (oz. 4. oktobra ob 0. uri 41 minut po srednjeevropskem poletnem času). Njegova lokalna magnituda je bila 3,5, intenziteto V. stopnje EMS-lestvice pa je po naših podatkih dosegel v sedemnajstih krajih (slika 1). Potres je v nadžariščnem (epicentralnem) območju povzročil nekaj gmotne škode. Na posameznih hišah v krajih Šešče pri Preboldu in Studence so

odpadli drobni kosi ometa in ponekod so v njem nastale lasaste razpoke. Potres so čutili tudi v Ljubljani in Mariboru (Cecić et al., 1997).

Glavnemu potresu je sledilo več sto popotresnih sunkov. Zadnji zabeleženi sunek je bil 11. januarja 1997. Ljudje so čutili najmanj 25 močnejših popotresov, in sicer predvsem v okolici Žalca (preglednica 1 v članku "Potresi v Sloveniji v letu 1996"). Na prizadeto območje smo poslali več kot 1200 vprašalnikov, s pomočjo katerih so opazovalci sporočali učinke potresov. Prejeli smo 910 odgovorov, kar znaša 71%. Zaradi velikega števila popotresov v prvih dneh po glavnem potresu pogosto ni bilo mogoče ovrednotiti učinkov posameznih dogodkov. Zato so za vsak dan (vključno z 10. oktobrom) izdelane karte skupnih učinkov vseh potresov, ki so jih ljudje čutili v 24-ih urah. Najmočnejši popotres je imel lokalno magnitudo 3,1, več potresov pa je doseglo ali preseгло intenziteto IV. stopnje EMS. Večino potresov je spremljalo bobnenje, ki je povečevalo preplah med prebivalci.

Tudi ob tem nizu potresov se je ponovil znan pojav: kmalu po prvem potresu so se začeli oglašati različni "napovedovalci" in "prerokovalci", ki so dodatno strašili vznemirjene prebivalce z lažnimi napovedmi prihajajočih rušilnih potresov. Ni minil dan, da ne bi sprejeli več klicev zaskrbljenih ljudi, ki so nas spraševali, če je to res. Nekateri so bili celo prepričani, da namenoma prikrivamo resnico. Žal je človeška narava očitno taka, da ljudje raje verjamejo v čenče kot v dejstva.

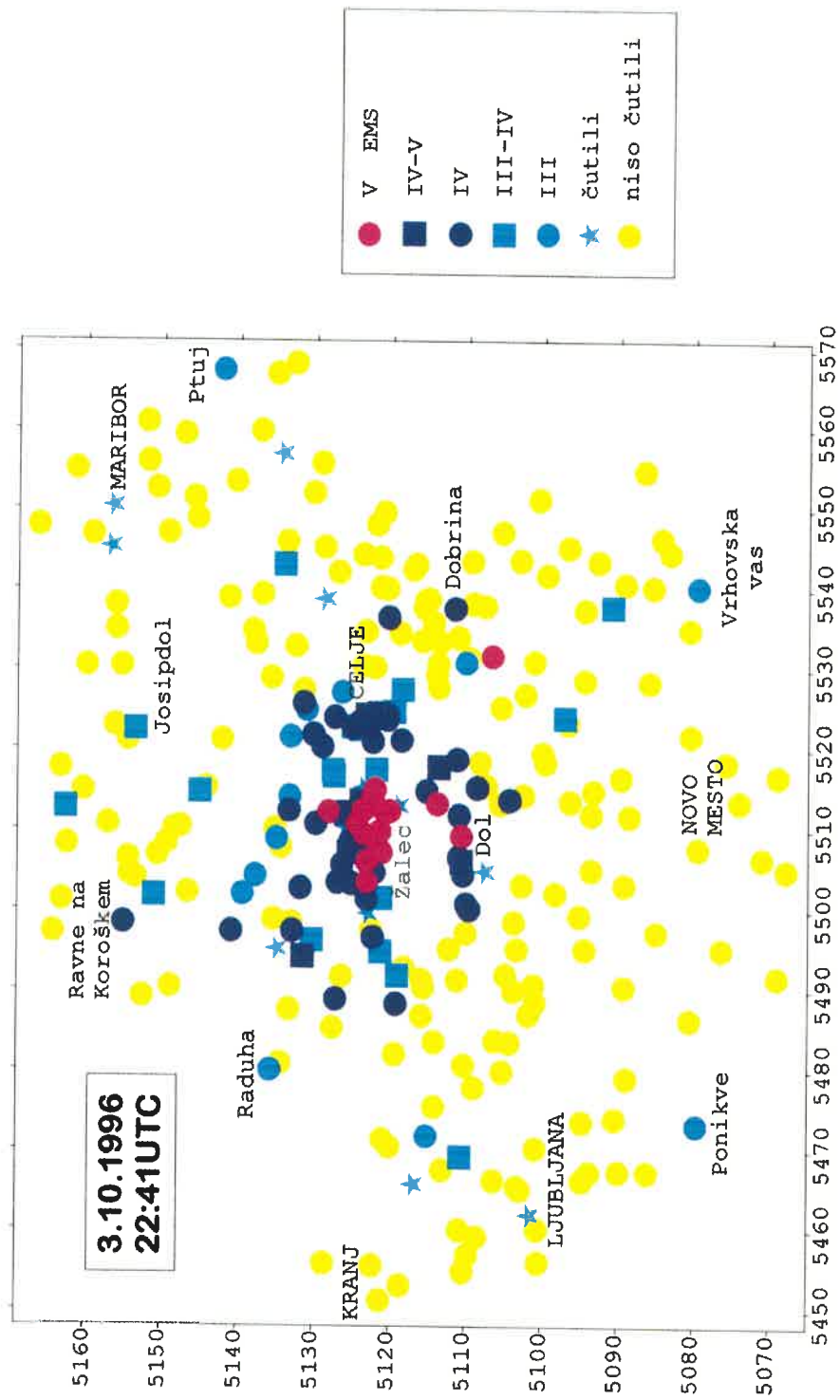
Dan po potresu (5. oktobra) smo postavili prenosni trikomponentni digitalni seizmograf na že prej delno pripravljeno lokacijo za novo opazovalnico DOBS osnovne državne mreže potresnih opazovalnic v Dobrini, 27 km vzhodno od Žalca. Dne 11. oktobra pa smo seizmograf prestavili bližje nadžariščnemu območju in ga namestili v lovsko kočo Rinka pri Sv. Jedrti (3 km severno od Žalca). Ta začasna opazovalnica je beležila popotresne sunke 56 dni, do 5. decembra. V tem času smo zabeležili 222 popotresnih sunkov z lokalnimi magnitudami med -1,0 in 2,2.

Na najbližji potresni opazovalnici osnovne državne mreže BISS v Bistriškem jarku (45 km severno od nadžariščnega območja) smo do 11. januarja 1997 na analognem zapisu zabeležili 158 popotresnih sunkov, na digitalnem zapisu (ki je deloval v proženem načinu) pa 29 močnejših popotresov.

Zbrani podatki so omogočili poglobljeno statistično analizo. Tokrat smo namreč v Sloveniji prvič zabeležili tako obsežno serijo popotresnih sunkov z moderno digitalno seizmološko opremo.

Prostorska porazdelitev popotresov

Nadžarišča glavnega potresa ($46,24^{\circ}\text{N}$, $15,10^{\circ}\text{E}$) in popotresov, ki so nastali do 11. oktobra, smo locirali s pomočjo zapisov osnovne seizmološke mreže. Kasneje pa je začasna opazovalnica v neposredni bližini potresnega območja omogočila bistveno natančnejše lociranje z uporabo trikomponentnega zapisa ene same postaje.

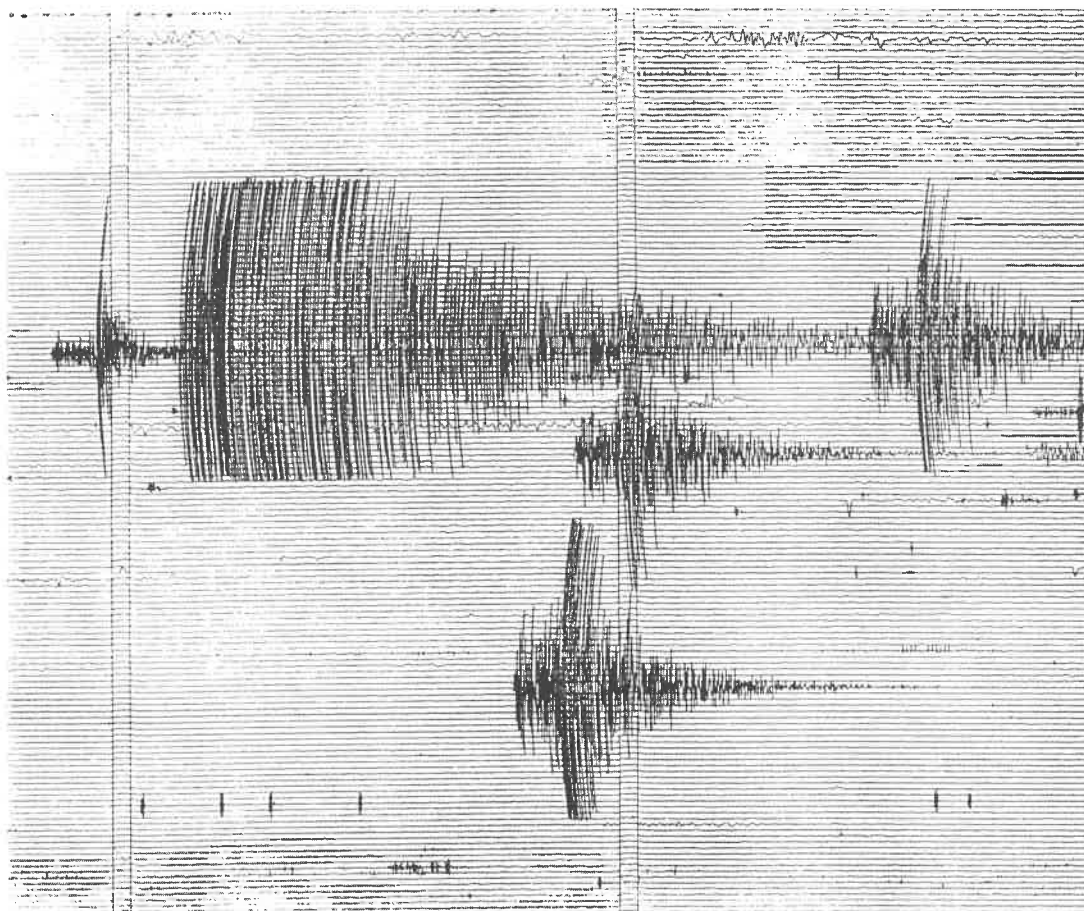


Slika 1: Intenzitete potresa dne 3. oktobra 1996 ob 22. uri 41 minut UTC.
 Figure 1: Observed intensities of the earthquake which occurred on 3 October 1996 at 22.41 UTC.

Nadžarišča vseh popotresov so bila od 1,5 do 3,5 km južno od opazovalnice (območje Gotovelj in Žalca v Savinjski dolini). Bila so na območju velikosti 2 km x 1 km, ki je razpotegnjeno v smeri sever-jug. Žarišča popotresov so bila v globini med 1,8 in 4 km. Pri analizi podatkov nismo opazili sistematičnega premikanja žarišč s časom. Majhna globina žarišč pod naseljenim območjem je poglobitni vzrok, da so prebivalci čutili veliko število popotresov, ker so učinki potresa na površju odvisni tako od magnitude kot od žariščne globine. V primeru plitvega žarišča ima potres na površju večji učinek kot enako močan potres z žariščem v večji globini.

Časovna porazdelitev popotresov

Popotresni sunki so časovno razporejeni zelo neenakomerno. V prvih štiriindvajsetih urah je bil popotres povprečno vsakih 15 minut, pri čemer je bil najkrajši interval 10 sekund (slika 2), najdaljši pa 3,8 ure. Kasneje so se intervali podaljševali in po štirih dneh je bilo že obdobje šestintridesetih ur brez popotresa. Daljša (nekajdnevna) obdobja brez potresnih dogodkov so bila še: 1.-5. november, 18.-22. november in 27.-30. november.



Slika 2: Analogni zapis vertikalne komponente na opazovalnici BISS (Bistriški jarek) za glavni potres pri Žalcu in nekaj popotresov.

Figure 2: Analogue record (vertical component) of the main shock and few aftershocks at the BISS (Bistriški jarek) station.

V stotih dneh do 11. januarja 1997 smo na opazovalnici BISS v Bistriškem jarku, ki je od epicentralnega področja oddaljena 45 kilometrov, zabeležili 158 popotresov. Kar 96 potresnih dogodkov (61 %) se je zgodilo v prvih štiriindvajsetih urah, 141 popotresov (89 %) pa v prvih trinajstih dnevih.

Na začasni opazovalnici pri Sv. Jedrti smo osmi dan po glavnem potresu (12. oktober, pričetek obratovanja) zaznali 35 sunkov, deveti dan 21, kasneje pa je bila do 24. oktobra pogostnost popotresov med 3 in 13 na dan (slika 3). Korelacija med številom popotresov na dan (histogram na sliki 3) in magnitudo najmočnejšega dogodka v tem dnevu (kvadratki na sliki 3) je izrazita, kar kaže na to, da imajo nekateri močnejši popotresi svoje lastne serije popotresov.

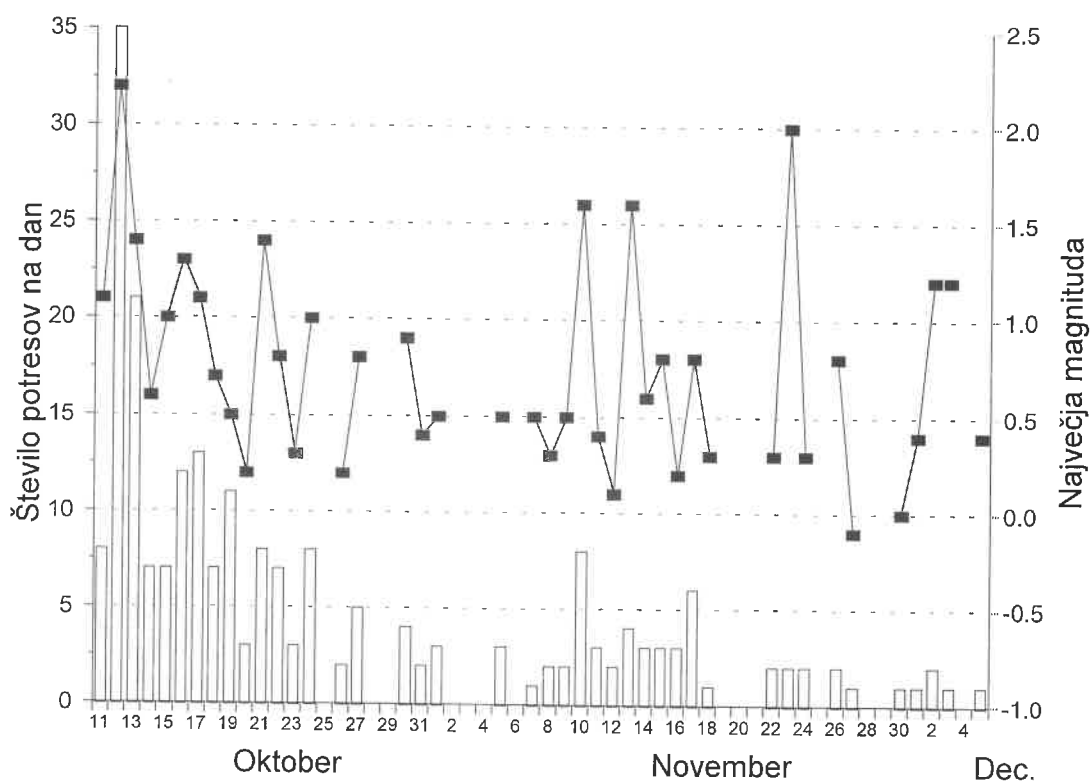
Gostoto pojavljanja popotresov močnejših od določene magnitude opisuje Omorijev eksponencialni zakon (Utsu, 1962):

$$n(t) = K / (t + c)^p$$

kjer so

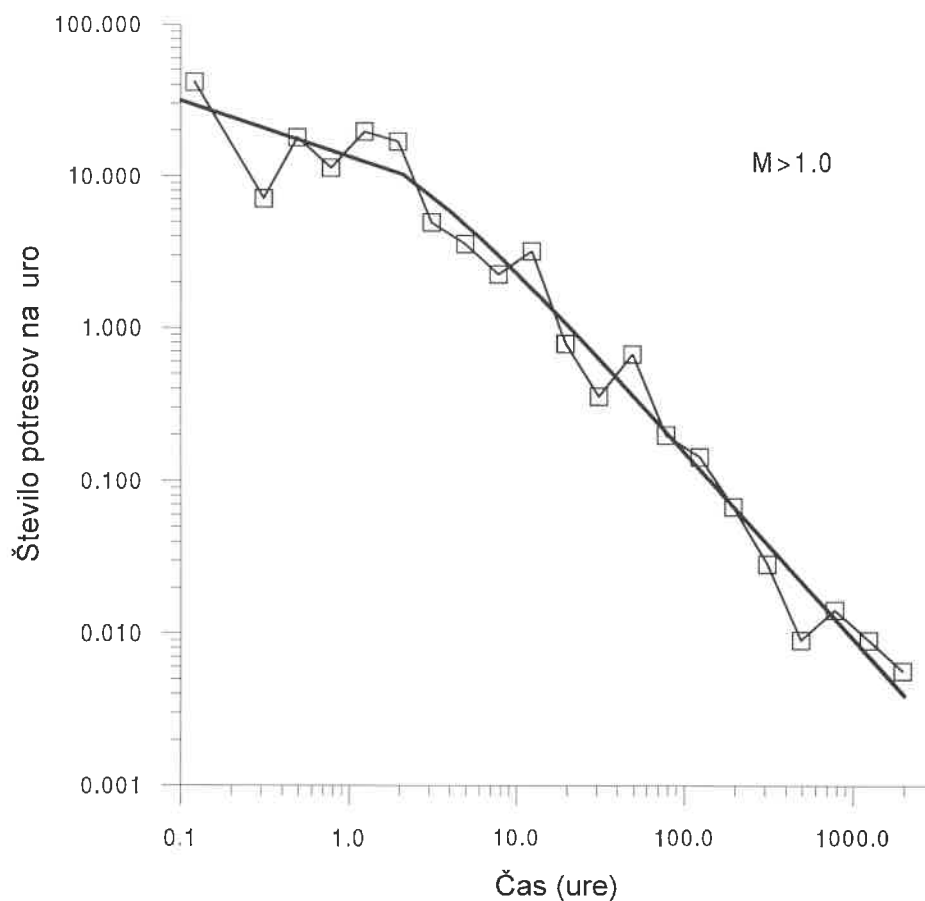
$n(t)$ - število popotresov v časovni enoti t (ura, dan, mesec),

K, c, p - parametri Omorijevega zakona.



Slika 3: Histogram števila popotresov na dan in diagram največje dnevne magnitude po podatkih zabeleženih na začasni opazovalnici pri Sv. Jedrti, 3 km severno od Žalca
 Figure 3: Number of aftershocks per day and daily maximum magnitude for the data recorded at temporary station at Sv. Jedrt, 3 km north of Žalec.

Bilogaritemski diagram odvisnosti frekvence popotresov od časa za dogodke, registrirane v Bistriškem jarku, je podan na sliki 4. Zgornja časovna meja 2000 ur ustreza triinosemdesetim dnevom po glavnem potresu. Pri izračunu parametrov Omorijevega zakona smo upoštevali le potrese z magnitudo večjo od 1,0. Zelo pomembno je namreč, da so podatki popolni, se pravi, da smo zajeli vse potrese nad določeno magnitudo. Krivulja izpeljanega Omorijevega zakona (odebeljena črta na sliki 4) ima sledeče parametre: $K = 43,3$, $c = 1,25$ in $p = 1,23$, ki se ujemajo z opredelitvami za druga potresna območja. To pomeni, da potresna serija ni bila nek izjemen dogodek, temveč je sledila naravni statistični zakonitosti pojavljanja popotresov, ki jo opisuje Omorijev zakon. Bolj izjemna sta bila plitva lega žarišč pod naseljenim področjem in pa bobnenje, ki je spremljalo večino popotresov.



Slika 4: Število popotresov in izpeljan Omorijev eksponencialni zakon za popotrese z magnitudo večjo od 1,0 zabeležene na opazovalnici BISS (Bistriški jarek).

Figure 4: Frequency of aftershocks and derived Omori's power law for events with magnitude greater than 1.0 recorded at the BISS (Bistriški jarek) station.

Relacija med magnitudo in frekvenco

Drug pomemben statistični zakon v seizmologiji je Gutenberg-Richterjev zakon, ki

opisuje frekvenco pojavljanja popotresov določene magnitude (Gutenberg & Richter, 1944):

$$\log N = a - bM$$

kjer so

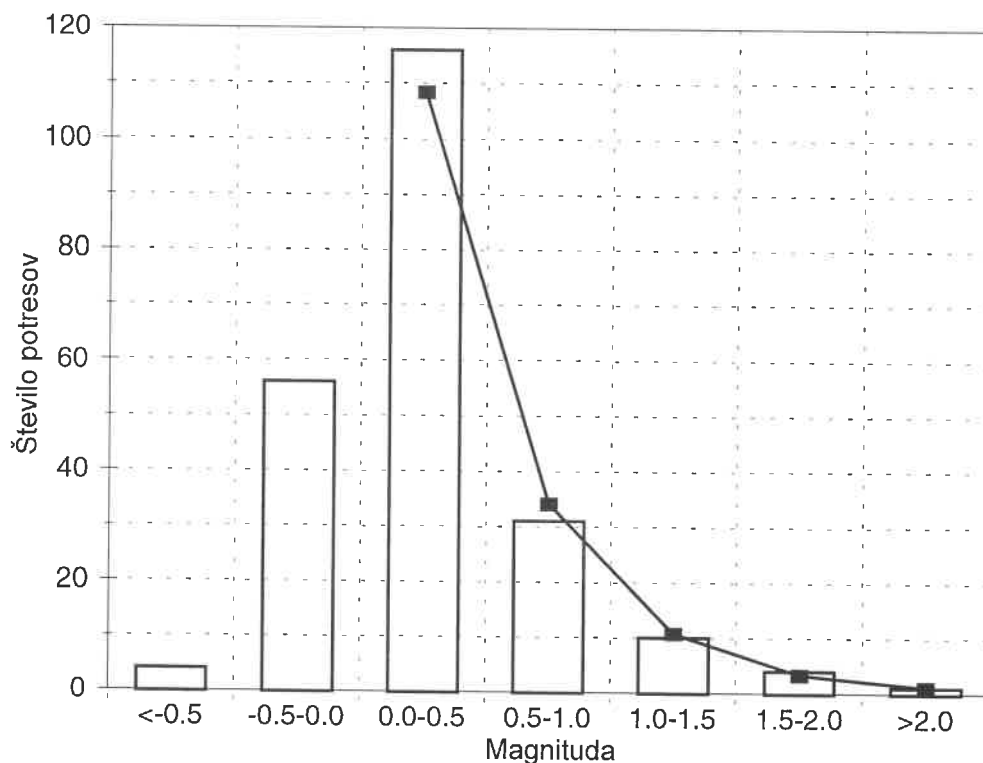
N - število popotresov z magnitudo med M in $M + dM$,

M - magnituda,

a , b - parametra Gutenberg-Richterjevega zakona.

Pokazalo se je, da velja ta zakon za večino popotresnih serij ne glede na magnitudo in da velja celo pri laboratorijskih poskusih na vzorcih kamnin. Parameter b je povezan s tektonskimi okoliščinami in fizikalnimi lastnostmi kamnin Zemljine skorje, v katerih je določen potres nastal. Parameter a pa je odvisen od števila dogodkov v vzorcu ter od najmanjše magnitude.

Histogram odvisnosti števila popotresov od magnitude (interval je 0,5) za dogodke, zabeležene pri Sv. Jedrti, ter izpeljan Gutenberg-Richterjev zakon sta podana na sliki 5. Pri izpeljavi smo upoštevali le popotrese z magnitudo večjo od 0,0, za katere so podatki dovolj popolni. Parametra imata naslednje vrednosti: $a = 2,34$ in $b = 1,00$ ter se ujemata z že znanimi vrednostmi.



Slika 5: Relacija med magnitudo in frekvenco popotresov, zabeleženih pri Sv. Jedrti, z izpeljano Gutenberg-Richterjevo funkcijo.

Figure 5: Magnitude-frequency relation for the aftershock sequence recorded at Sv. Jedrt with derived Gutenberg-Richter function.

Makroseizmični učinki

Popotresni sunki so se prve dni po glavnem potresu vrstili nepretrgoma. Ljudje so jih čutili najmanj 25. Prvi sunek (3. oktobra ob 22. uri 41 minut UTC) je bil najmočnejši. Učinke V. stopnje EMS-lestvice je imel v Dolu pri Hrastniku, Planini pri Sevnici, Zgornji Rečici, Dobriši vasi, Petrovčah, Grižah, Pongracu, Gomilskem, Šentrupertu, Žalcu, Gotovljah, Studencu, Podlogu, Šempetru v Savinjski dolini, Dolenji vasi, Preboldu in Šeščah (slika 1). V nekaterih krajih je povzročil celo manjšo gmotno škodo, predvsem lasaste razpoke v stenah in odpadanje drobnih koščkov ometa. Zaradi tresenja tal so se ponekod prižgale senzorske luči na hišah in vklapljali avtomobilski alarmi.

Prebivalci so bili zelo vznemirjeni in mnogi so se celo odločili, da bodo noč prebili v avtomobilih. V Šempetru v Savinjski dolini so posamezniki opazili, da se je ob bobnenju tudi zasvetilo. Marsikdo je opazil nenavadno vedenje živali: psi so divje lajali in zavijali ali pa bili nenavadno prestrašeni in tihi, kanarčki in papagaji so se zaletavali v kletke in tudi živali v hlevih so bile zelo nemirne.

Pozornejši opazovalci so nam sporočili podatke o nekaj desetih sunkih, ki so jih zaznali. Zaradi množice potresov žal velikokrat ni bilo mogoče natančno določiti, za kateri potres v dnevju so opisi učinkov veljali. Zato smo za nekaj dni po glavnem potresu izdelali karte skupnih (kumulativnih) učinkov za posamezen dan, tako da smo podatke za vse potrese v tem dnevju obravnavali, kot bi jih povzročil en sam potres.

Dodaten preplah je med ljudi vneslo močno bobnenje, ki je redno spremljalo tresenje tal. Prebivalci so ga opisovali kot detonacije nekje v globini ali pa kot močno, precej dolgo hrumenje velikega tovornjaka. Nekateri so zvok primerjali z zdrsom snega s strehe ali pa z valjenjem skal. Pri vsakem potresu se del sproščene (elastične) energije razširja kot elastično valovanje skozi kamnine, manjši del pa tudi skozi vodo in zrak. Če so frekvence tega valovanja v slišnem območju, ga ljudje zaznamo kot zvok. Iz zapisov na začasni opazovalnici pri Sv. Jedrti se vidi, da se je pri potresih v Savinjski dolini velik del energije razširjal kot visokofrekvenčno (za potrese) valovanje. S seizmografom smo zabeležili tudi frekvence višje od 200 Hz. Za primerjavo naj bo podatek, da ljudje slišimo zvok v razponu od 16 do 20000 Hz (Ribarič, 1984).

Dosedanji potresi na območju Savinjske doline

Po lanskim potresih v bližini Žalca smo bolj podrobno raziskali 15 zgodovinskih potresov, za katere smo domnevali, da so imeli žarišča na tem območju. Za večino se je izkazalo, da so podatki v do sedaj dostopnih in obdelanih zgodovinskih virih (kot so npr. dnevni časopis Laibacher Zeitung, študija R. Hörnesa "Erdbeben und Stosslinien Steiermarks" iz leta 1902 itn.) zelo skopi. Žarišča večine obdelanih potresov so bila v okolici Celja.

Parametri obdelanih potresov so podani v Preglednici 1. Pri zgodovinskih potresih gre pripomniti, da so lege epicentrov določene izključno iz makroseizmičnih podatkov, se

pravi glede na razpodelitev najmočnejših učinkov.

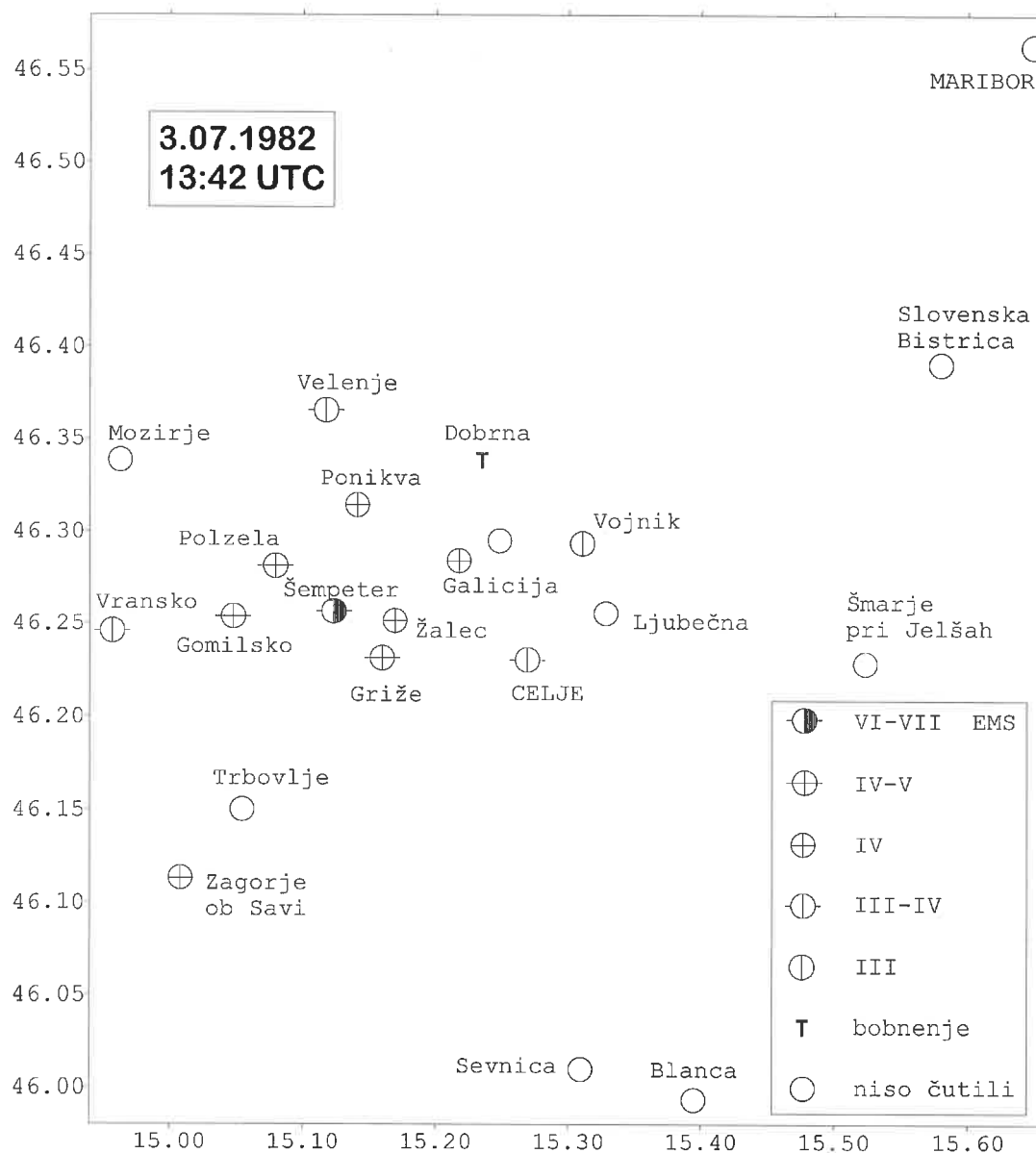
Preglednica 1: Parametri nekaterih zgodovinskih potresov z žarišči na širšem območju Žalca.

Table 1: Parameters of some historical earthquakes from the wider Žalec area.

Leto	Mesec	Dan	Ura UTC	Min	Širina °N	Dolžina °E	I ₀ EMS	Področje
Year	Month	Day	Hour UTC	Min	Lat °N	Lon °E	I ₀ EMS	Area
1843	09	15	00	30	46,2	15,3	III-IV	Celje
1843	09	25	05	00	46,2	15,3	III-IV	Celje
1846	03	27	22	30	46,2	15,3	III	Celje
1846	03	27	22	55	46,37	15,51	IV-V	Zbelovo
1846	03	27	23	05	46,3	15,5	<(IV-V)	Zbelovo
1846	03	28	04	00	46,5	15,6	čutili	Maribor
1847	11	29	21	15	46,2	15,3	V	območje Celja
1847	11	29	23	15	46,2	15,3	>V	območje Celja
1881	10	27	03	30	46,2	15,3	III	območje Celja
1907	04	13	16	58	46,3	15,05	IV	Braslovče
1907	05	02	05				III-IV	Mozirje
1907	05	02	22	55			čutili	Polzela
1907	05	06	20	28	46,30	15,03	IV-V	Polzela
1907	05	15	22	55	46,25	15,17	čutili	Žalec
1982	07	03	13	42	46,26	15,12	VI-VII	Šempeter v Savinjski dolini

Zadnji potres, ki je povzročil gmotno škodo v Savinjski dolini je bil 3. julija 1982 ob 13 uri 42 minut po svetovnem času in je imel lokalno magnitudo 3,5 (Ribarič, 1992). Tudi instrumentalno opredeljeno žarišče je dokaj plitvo (globina 4 km). Koordinate nadžarišča pa so 46,24°N in 15,23°E. Tudi ta potres je spremljalo bobnenje. Dosegel je VI. stopnjo MCS lestvice v Šempetru in Dobrteši vasi, z oddaljenostjo od nadžarišča pa je intenziteta hitro upadala, kar kaže na plitvo žarišče. Pri ovrednotenju zbranih podatkov s pomočjo nove evropske potresne lestvice smo določili intenziteto VI-VII EMS (slika 6). Potres je povzročil škodo na objektih v Šempetru. Na številnih hišah so bili poškodovani dimniki, razpokal je omet, ponekod pa je tudi odpadel (Vidrih, 1983). Glavnemu potresu je sledilo več popotresnih sunkov, od katerih so jih prebivalci Šempetra zaznali okoli 15. Zadnji instrumentalno zabeleženi potres iz tega niza je bil 24. avgusta 1982 ob 11. uri 46 minut po UTC. Čeprav je bilo za potres 3.

julija 1982 in njegove popotrese zbranih veliko manj podatkov (še posebej instrumentalnih - takrat sta v Sloveniji delali še dve seizmološki opazovalnici, Ljubljana in Cerknica) lahko sklepamo, da je bil ta niz potresov glede pojavljanja popotresov in glede globine žarišč zelo podoben tistemu iz leta 1996.



Slika 6: Intenzitete potresa dne 3. julija 1982 ob 13. uri 42 minut UTC.
Figure 6: Observed intensities of the earthquake which occurred on 3 July 1982 at 13.42 UTC.

Literatura:

Arhiv Uprave RS za geofiziko, Ljubljana.

Cecić, I., Živčić, M. in Ravnik, J., 1997. Potresi v Sloveniji leta 1996. Ujma, 11, 27-33, Ljubljana.

Gutenberg, B. and Richter, C. F., 1944. Frequency of earthquakes in California. Bull. Seis. Soc. Am., 34, 185-188.

Ribarič, V., 1984. Potresi. Cankarjeva založba, 271 str, Ljubljana.

Ribarič, V., 1992. Seizmičnost Slovenije, Katalog potresov, dodatek 1. Seizmološki zavod SR Slovenije, 145 str., Ljubljana.

Utsu, T., 1962. On the nature of three Alaskan aftershock sequences of 1957 and 1958. Bull., Seis. Soc. Am., 52(2), 279-297.

Vidrih, R., 1983. Potres dne 3. 7. 1982 na področju Šempetra v Savinjski dolini. Geološki zbornik, 4, 173-204, Ljubljana.

DRŽAVNA KARTA PROJEKTNEGA POSPEŠKA TAL NATIONAL DESIGN GROUND ACCELERATION MAP

Janez Lapajne , Blaž Zabukovec, Barbara Šket Motnikar, Polona Zupančič

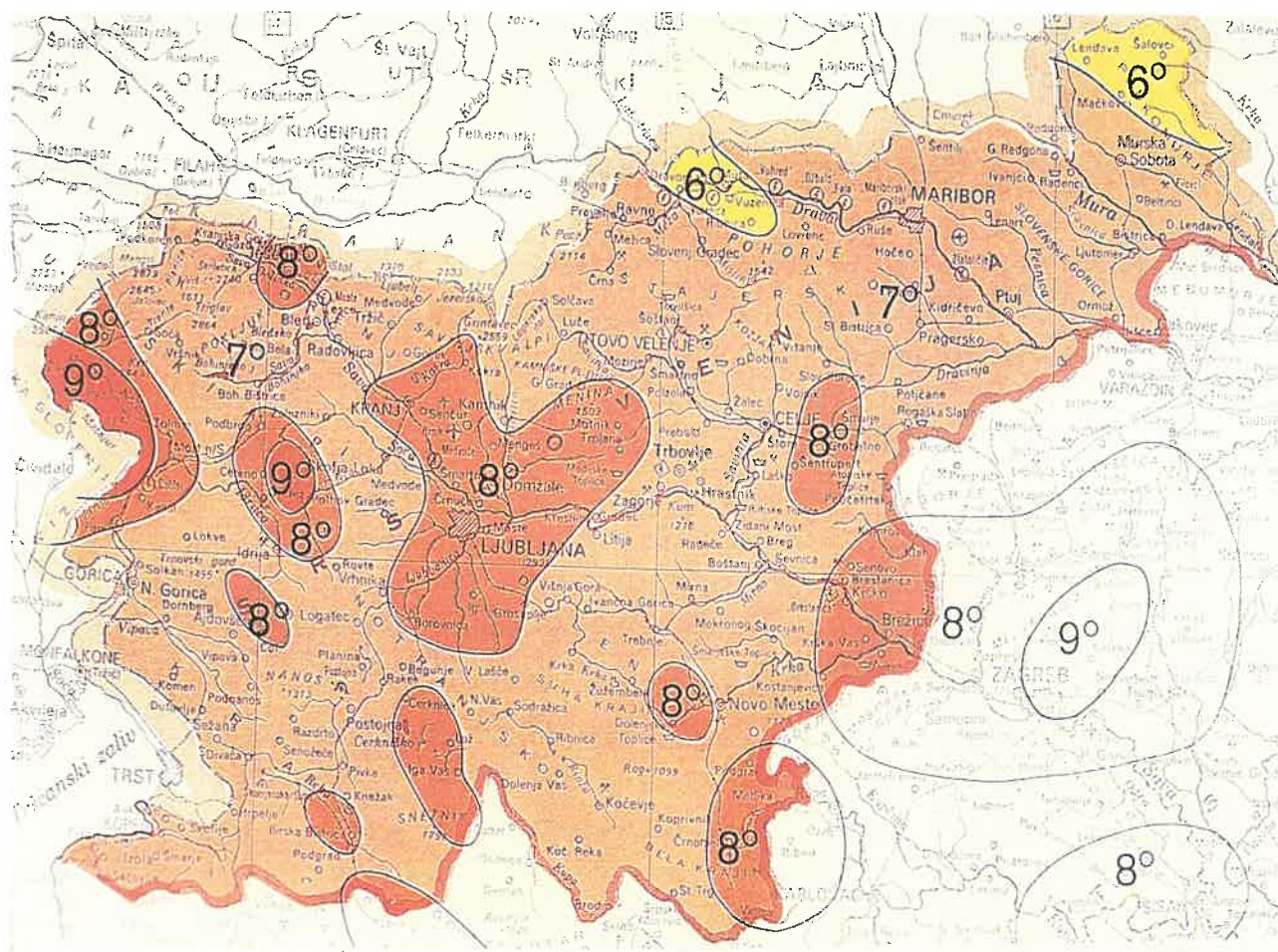
Izvleček. Državna karta projektnega pospeška tal je utežena vsota kart štirih modelov prihodnje potresne dejavnosti, ki temeljijo na katalogu potresov in preprostem seizmotektonskem modelu. Za izdelavo omenjenih modelov smo uporabili dvostopenjski postopek prostorskega glajenja seizmičnosti. S krožnosimetričnim prostorskim glajenjem, s katerim smo upoštevali nezanesljivost lokacij potresnih nadžarišč, smo najprej izdelali karte pretekle potresne dejavnosti. Te pa smo nato zgladili še v odvisnosti od velikosti in smeri predpostavljenih prelomnih pretrgov in tako dobili karte prihodnje potresne dejavnosti. Kot model pojemanja potresnega gibanja tal od žarišča do mesta izračuna smo uporabili model dveh italijanskih avtorjev, ki v precejšnji meri temelji na potresnih zapisih iz Furlanije.

Abstract. The design ground acceleration map of Slovenia is a weighted mean map of four maps, which represent four models of future seismicity distribution. They are based on a simple seismotectonic model. To derive the maps a two-stage procedure of seismicity smoothing was used. Circular smoothing is used for deriving maps of past seismic activity. With the elliptical smoothing in directions of assumed faults from the past activity distribution we obtained the future seismic activity. As an attenuation model the Pugliese and Sabetta equations are used, because they are mainly based on Friuli data.

Uvod

V Sloveniji je za potresno varno gradnjo v veljavi še vedno Pravilnik o tehničnih normativih za graditev objektov visoke gradnje na seizmičnih območjih iz leta 1981. Kot pripravo za ureditev slovenske zakonodaje na tem področju in v smislu njene uskladitve z ustreznimi standardi v državah Evropske zveze je Urad RS za standardizacijo in meroslovje sredi leta 1995 izdal slovenski predstandard za projektiranje na potresnih območjih (Slovenski predstandard, 1995), ki ga sicer neobvezno priporoča namesto veljavnega pravilnika. Slovenski predstandard je preprosto z metodo platnice privzet evropski predstandard Eurocode 8 iz leta 1994 (CEN, 1994). Eurocode 8 (oznaka EC8) priporoča za ovrednotenje potresne nevarnosti projektni pospešek tal za povratno dobo 475 let. Ta povratna doba ustreza 90 % verjetnosti, da dane vrednosti ne bodo presežene v 50 letih. Za zdaj je priloga slovenskemu predstandardu karta potresne intenzitete za povratno dobo 500 let, ki je predpisana še s pravilnikom iz leta 1981 (slika 1). Ker predpisuje Eurocode 8 za ovrednotenje potresne nevarnosti projektni pospešek tal za povratno dobo 475 let,

smo leta 1995 za oceno potresne nevarnosti začeli s posebno raziskavo in izdelali novo karto projektnega pospeška tal.



Slika 1: Državna karta potresne intenzitete (avtor: V. Ribarič).

Figure 1: Macro seismic intensity map of Slovenia (author: V. Ribarič).

Preizkusili smo dva postopka ocenjevanja potresne nevarnosti in izdelave pripadajočih kart: postopek potresnih izvorov (Lapajne et al., 1995, 1997c) in postopek prostorskega glajenja seizmičnosti (Lapajne et al., 1997a, 1997b). Prvi je v svetu že dalj časa uveljavljen in ga uporabljajo v večini držav, drugega, novejšega, pa so uporabili pri izdelavi najnovejše seizmološke karte ZDA (Frankel, 1995; Frankel et al., 1997).

Zaradi slabega poznavanja slovenskih seizmotektonskih razmer je bilo določanje potresnih izvorov precej nezanesljivo, zato smo se pri izdelavi končne karte odločili za postopek prostorskega glajenja števila potresov.

Za model pojemanja gibanja tal od potresnega žarišča do računske točke pa smo po pregledu in preskusu nekaterih bolj ali manj primernih modelov uporabili Pugliesejev in Sabetto model - P&S (1989, 1996), ki je med razpoložljivimi modeli najprimernejši za uporabljeni računski postopek in za slovenske geološke seizmotektonske razmere, saj temelji v precejšnji meri na potresnih zapisih iz Furlanije (Fajfar et al., 1995, 1996).

Vhodne podatke za izračun karte projektnega pospeška tal smo dobili iz kataloga potresov in preprostega seizmotektonskega modela Slovenije in sosednjih dežel.

Skladno s tem smo prostorsko glajenje števila potresov razbili v dva koraka. Najprej smo krožnosimetrično zgladili nadžarišča potresov glede na nezanesljivost njihovih lokacij, tako zglajena nadžarišča pa smo v drugem koraku zgladili še v smeri predpostavljenih potresnih pretrgov seizmotektonskega modela.

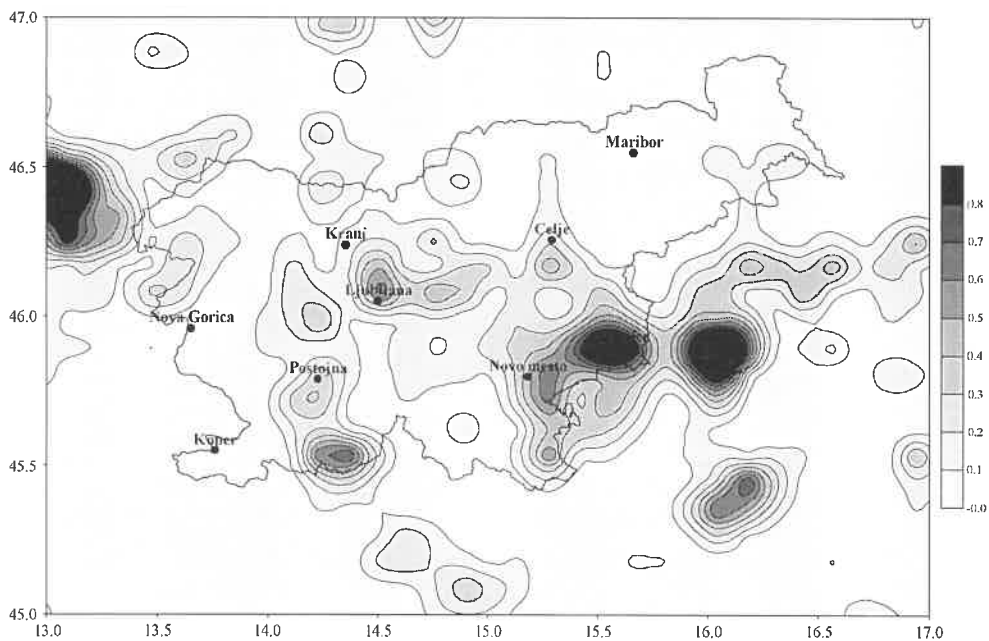
Pretekla potresna dejavnost

Ocenjevanje potresne nevarnosti temelji na modelu prihodnje potresne dejavnosti oziroma na pričakovani porazdelitvi (nad)žarišč prihodnjih potresov na obravnavanem ozemlju. Izhodišče za izdelavo omenjenega modela je predpostavka, da izhaja prihodnja potresna dejavnost iz pretekle, kar pomeni, da bodo prihodnji potresi nastajali na razširjenih območjih preteklih potresnih žarišč oziroma nedaleč od njih. Poznati je torej treba prostorsko porazdelitev preteklih potresnih žarišč oziroma nadžarišč, ki jo dobimo iz kataloga potresov.

Uporabili smo katalog potresov za obdobje od leta 567 do leta 1994, ki je bil pripravljen v okviru mednarodnega programa Copernicus (Živčič, 1996). Podatki za ta katalog so pridobljeni iz kataloga potresov Slovenije (Ribarič, 1982, 1992, 1994) in delnih katalogov Italije, Avstrije, Madžarske, Hrvaške in BiH, ki deloma pokrivajo obravnavano območje. Za oceno nezanesljivosti lokacij nadžarišč smo privzeli najvišje ocene napak iz slovenskega kataloga, v katerem so te opredeljene z razredi A, B in C. Prvemu ustreza največja napaka 22 km, drugemu 33 km in tretjemu 56 km.

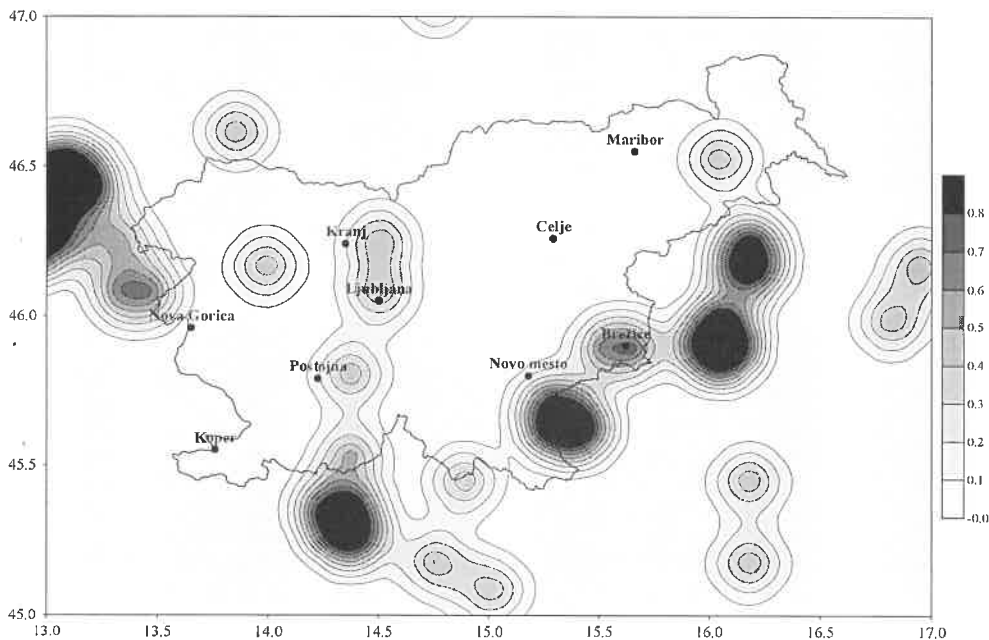
Katalog potresov je bilo treba tudi ustrezno prirediti Poissonovemu verjetnostnemu modelu pojavljanja potresov, ki smo ga uporabili postopku izračuna potresne nevarnosti. Ta model temelji le na neodvisnih potresnih dogodkih, zato smo morali izločiti predpotrese in popotrese.

Katalog zaradi manjkajočih podatkov o potresih v preteklosti tudi ni celovit za vse potresne magnitude in zato kot celota ni uporaben za statistično obravnavanje. Ob določenih privzetkih pa so za obravnavanje primerni njegovi večji ali manjši deli oziroma podkatalogi. Izbrali smo dva taka podkataloga, in sicer za čas od leta 1880 do leta 1994 za magnitude 3,7 do 6,3 in za čas od leta 1690 za magnitude od 5,0 do 6,5. Nezanesljivost lokacije velike večine nadžarišč prvega podkataloga je uvrščena v razred A, ki mu ustreza največja napaka 22 km, drugega kataloga pa v razred B, ki mu ustreza največja napaka 33 km. Zgornji vrednosti magnitud smo opredelili tako, da smo k največji opaženi vrednosti dodali 0,2 (Lapajne in Šket Motnikar, 1996). Nezanesljivost lokacij pa smo upoštevali tako, da smo nadžarišča vsake celice (velikosti približno $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$) obravnavanega ozemlja, ki smo jih pripisali središču celice, krožnosimetrično porazdelili oziroma zgladili z dvorazsežno Gaussovo porazdelitvijo (Lapajne et al, 1997a). Pri tem je bila širina Gaussove funkcije sorazmerna največji napaki. Sliki 2 in 3 kažeta karti tako porazdeljenih nadžarišč za obravnavana podkataloga. Pri tem je porazdelitev nadžarišč slike 3 normirana na porazdelitev slike 2. To pomeni, da sta vsoti nadžarišč obeh porazdelitev enaki.



Slika 2: Zglajena porazdelitev nadžarišč potresov v obdobju 1880-1994 z vrednostjo magnitude $\geq 3,7$ ob upoštevanju nezaneljivosti njihovih lokacij. Osenčenja in številke desnega stolpca pomenijo število potresov v 115 letih.

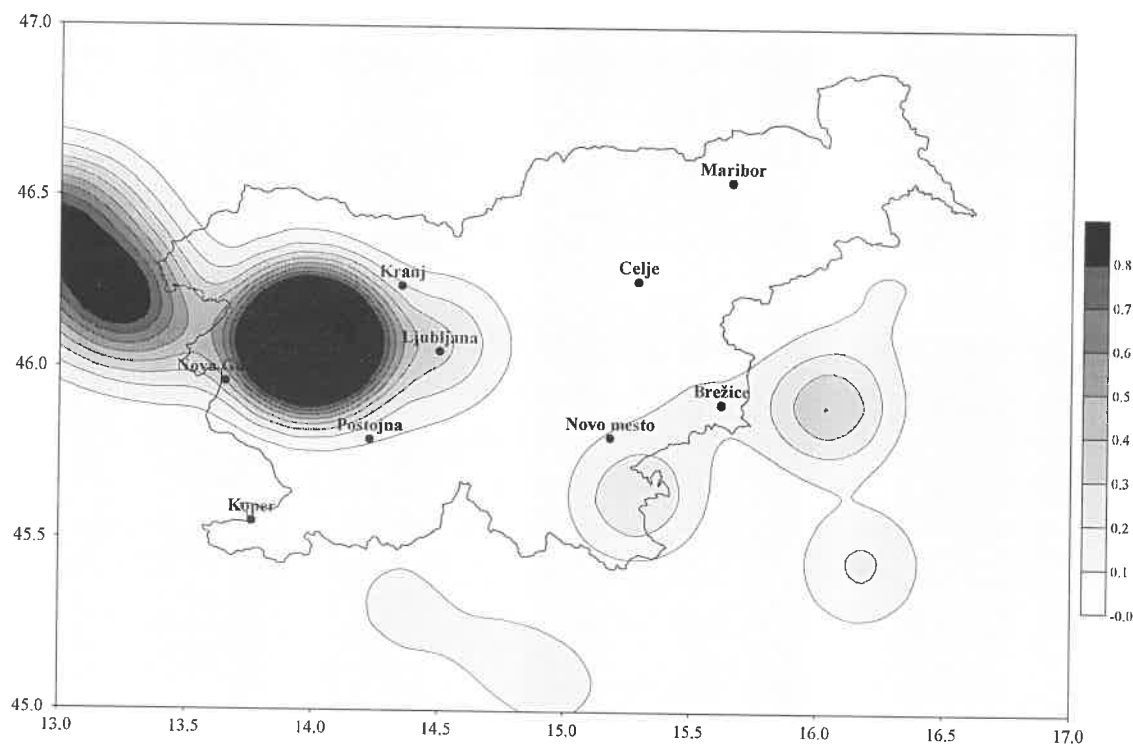
Figure 2: Spatially smoothed epicentre distribution with respect to their uncertainty. Map shows number of earthquakes between years 1880-1994 with magnitude ≥ 3.7 .



Slika 3: Zglajena porazdelitev potresov v obdobju 1690-1994 z vrednostjo magnitude $\geq 5,0$ ob upoštevanju nezaneljivosti njihovih lokacij. Osenčenja in številke desnega stolpca pomenijo število potresov v 115 letih, ki je normirano na porazdelitev v sliki 2.

Figure 3: Spatially smoothed epicentre distribution with respect to their uncertainty. Map shows number of earthquakes between years 1690-1994 with magnitude ≥ 5.0 . Numbers are normalised to distribution of figure 2.

Ob predpostavki, da je verjetnost nastanka potresa večja na območjih, kjer so se zgodili v preteklosti potresi, oziroma v njihovi bližnji okolici, sta porazdelitvi nadžarišč potresov, ki ju kažeta sliki 2 in 3, primerni za izdelavo modela oziroma modelov prihodnje potresne dejavnosti.



Slika 4 - Zglajena porazdelitev nadžarišč potresov z vrednostjo magnitude $\geq 3,7$, ki ustreza sproščeni energiji v obdobju 567-1994, ob upoštevanju nezaneljivosti njihovih lokacij. Osenčenja in številke desnega stolpca pomenijo število potresov v 115 letih, ki je normirano na porazdelitev v sliki 2.

Figure 4: Spatially smoothed epicentre distribution with respect to their uncertainty. Map shows number of earthquakes which correspond to released energy between years 567-1994 and magnitude ≥ 3.7 . Numbers are normalised to distribution of figure 2.

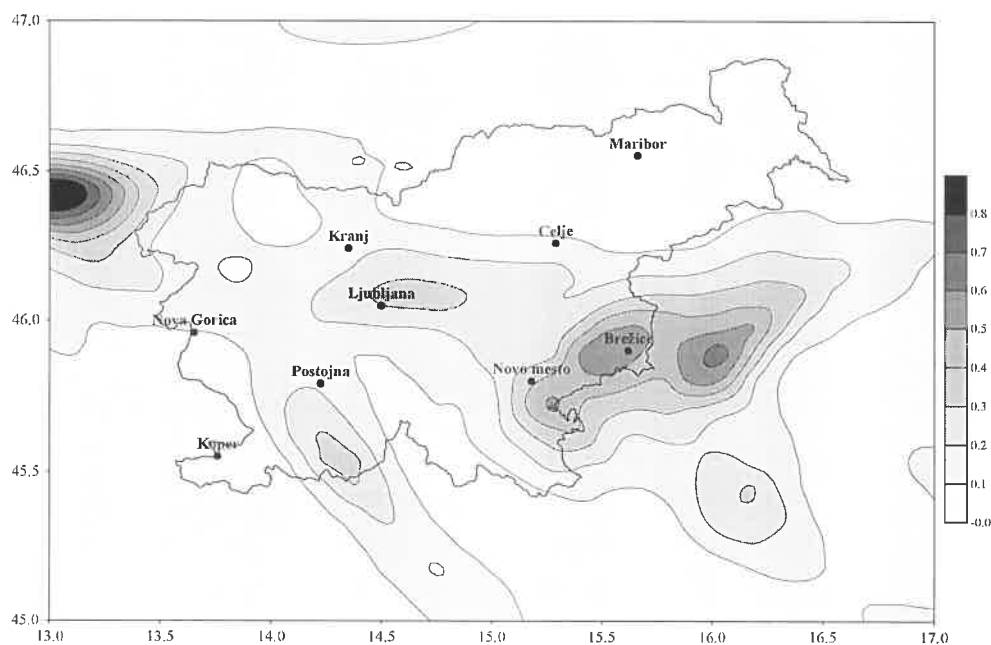
Žal niti ena niti druga slika ne upošteva največjih zgodovinskih potresov, ki so bili pred letom 1690. Da bi v oceni potresne nevarnosti zajeli vpliv sicer maloštevilnih, a energijsko bogatih velikih potresov smo sproščeni potresni energiji priredili pripadajoče število potresov z magnitudami med 3,7 in 6,8 (Lapajne et al., 1997a). Nadžarišča teh potresov, ki so zbrana predvsem na lokacijah največjih potresov - ti prispevajo skoraj vso sproščeno potresno energijo - smo zgladili podobno kot v prvih dveh primerih. Pri tem smo privzeli za polmer območja glajenja največjo napako lokacije nadžarišč velikih zgodovinskih potresov na ozemlju Slovenije in sosednjih dežel, ki je določena z razredom C oziroma vrednostjo 56 km. Tudi tako dobljeno porazdelitev smo normirali na porazdelitev, ki jo kaže slika 2. Rezultat glajenja in normiranja kaže slika 4.

Namesto ene slike porazdelitve preteklih potresov smo tako dobili tri različice.

Model prihodnje potresne dejavnosti

Prihodnja potresna dejavnost izhaja po predpostavki iz pretekla. Ker naj bi bila nadžarišča prihodnjih potresov nedaleč od nadžarišč preteklih potresov, lahko dobimo pričakovano prostorsko porazdelitev nadžarišč prihodnjih potresov z ustreznim zglajenjem prostorske porazdelitve nadžarišč preteklih potresov, ki jih kažejo slike 2 do 4. Pričakovana območja pojavljanja prihodnjih potresov glede na lokacije preteklih potresov smo določili z upoštevanjem vpliva geološko tektonske zgradbe na seizmičnost. Pri tem smo uporabili preprost seizmotektonski model Slovenije in sosednjih dežel (Poljak, 1996), v katerem je obravnavano ozemlje razdeljeno na območja, v katerih so predpostavljene možne vrste in smeri potresnih pomikov oziroma pretrgov. Porazdelitve nadžarišč, ki jih kažejo slike 2, 3 in 4, smo zato zgladili usmerjeno glede na smeri predpostavljenih prelomnih pretrgov. To smo naredili z eliptičnim glajenjem z dvorazsežno Gaussovo porazdelitvijo. Pri tem je bila daljša os elipse glajenja sorazmerna dolžini prelomnega pretrga, ki je ustrezal vrednosti zgornje magnitude, krajša pa njegovi širini, za katero smo privzeli eno petino dolžine pretrga. Dolžine pretrgov za opredeljene vodoravne in reverzne prelome ter narive za dane vrednosti zgornje magnitude smo določili po Wellsu in Coppersmithu (1994).

Slike 5, 6 in 7 kažejo pričakovano porazdelitev nadžarišč prihodnjih potresov za tri privzete različice porazdelitve preteklih potresov (slike 2, 3 in 4).



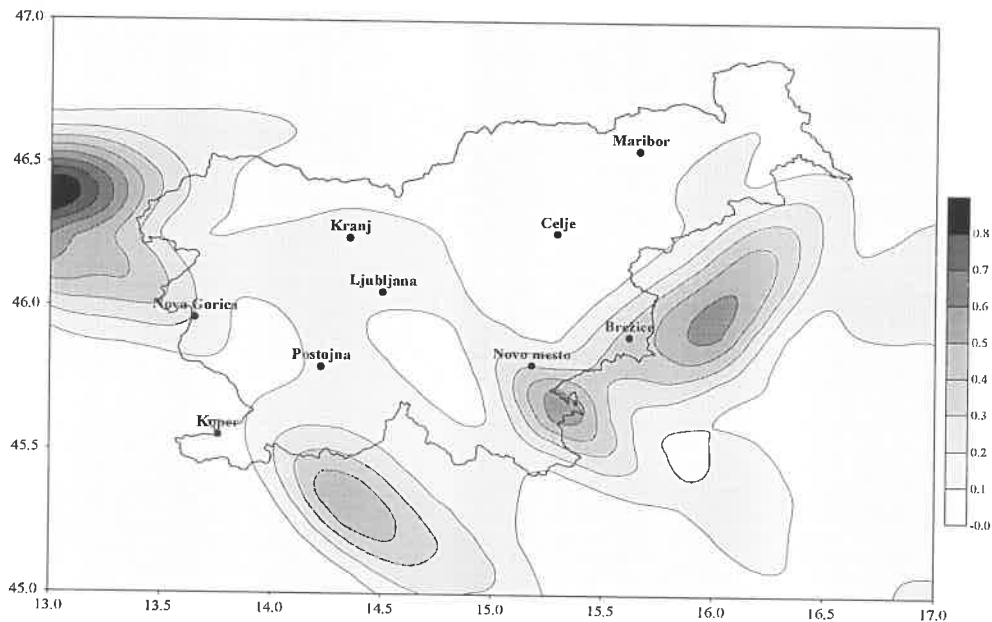
Slika 5: Prvi model pričakovane porazdelitve nadžarišč prihodnjih potresov.

Osenčenja in številke desnega stolpca pomenijo število potresov v 115 letih.

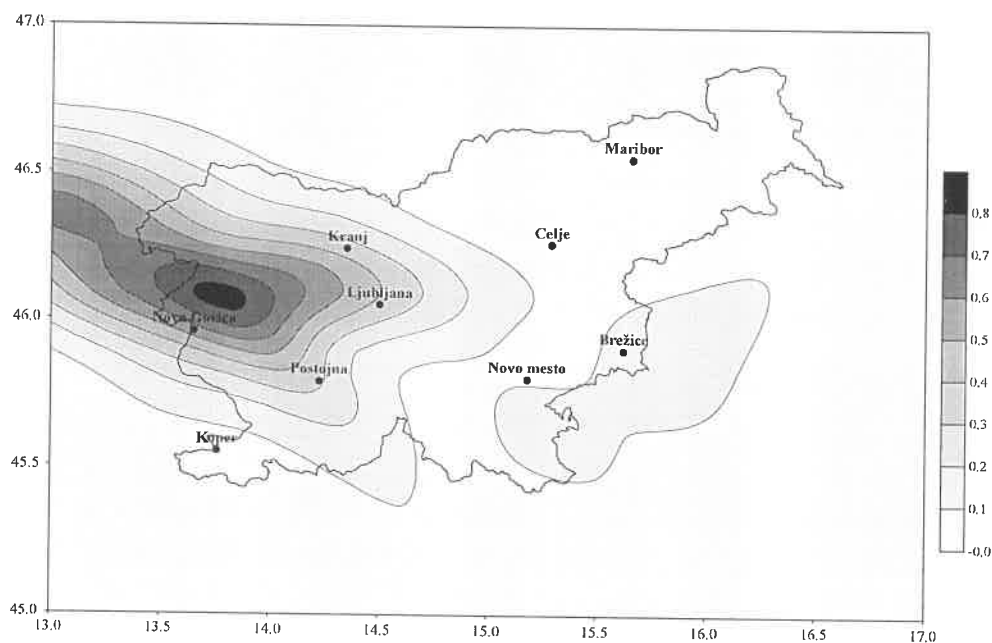
Figure 5: Model 1 of future seismic activity distribution. Map shows number of earthquakes normalised to 115 years.

Dobili smo tri modele pričakovane porazdelitve nadžarišč prihodnjih potresov. Prvi model (slika 5) temelji na predpostavki, da bodo potresi ne glede na vrednost

magnitude nastajali na nekoliko razširjenih območjih pojavljanja potresov v zadnjih 115 letih. V drugem modelu (slika 6) je večja verjetnost potresnih pojavov na razširjenih območjih nastajanja potresov v približno zadnjih 300 letih (pri čemer pridejo že bolj do izraza vplivi lokacij nekoliko močnejših potresov), v tretjem (slika 8) pa predvsem na tistih razširjenih območjih, kjer so bili kadarkoli v obravnavani potresni zgodovini zabeleženi zelo močni potresi.



Slika 6: Drugi model pričakovane porazdelitve nadžarišč prihodnjih potresov. Osenčenja in številke desnega stolpca pomenijo število potresov v 115 letih.
Figure 6: Model 2 of future seismic activity distribution. Map shows number of earthquakes normalised to 115 years.



Slika 7: Tretji model pričakovane porazdelitve nadžarišč prihodnjih potresov. Osenčenja in številke desnega stolpca pomenijo število potresov v 115 letih.
Figure 7: Model 3 of future seismic activity distribution. Map shows number of earthquakes normalised to 115 years.

Nobeden od opisanih treh modelov prihodnje porazdelitve potresov v glavnem ne upošteva (oziroma ne upošteva dovolj) možnosti nastanka potresov tam, kjer jih v preteklosti ni bilo, niso bili zapisani, ali pa je bila potresna dejavnost majhna. Ker pomanjkanje oziroma majhna potresna dejavnost na nekaterih območjih ni zagotovilo, da tam v prihodnje ne bo nobenega nevarnega potresa, je te z določeno verjetnostjo vendarle treba predvideti. Zato smo poleg gornjih treh modelov privzeli še model enakomerne seizmičnosti, pri katerem smo število potresov enakomerno porazdelili po obravnavanem ozemlju. V tem četrtem modelu predpostavljamo, da lahko nastanejo potresi z enako verjetnostjo kjerkoli, in sicer ne glede na porazdelitev potresov v preteklosti. Ta model pa smo upoštevali le na območjih z majhno potresno dejavnostjo.

Izračun karte projektnega pospeška tal

Vrednosti projektnega pospeška tal smo izračunali za vsak model pričakovane porazdelitve nadžarišč prihodnjih potresov posebej in tako dobili štiri različne karte. Pri tem smo uporabili poenostavljeno različico enačbe za izračun potresne nevarnosti po metodi potresnih izvorov (npr. Reiter, 1990; Risk Engineering, 1988) za točkovne izvore, ki smo jo izpeljali tudi neposredno (Lapajne et al., 1997a). Točkovni izvori so bila pri tem središča celic, na katere je bilo razdeljeno obravnavano ozemlje (približno $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$).

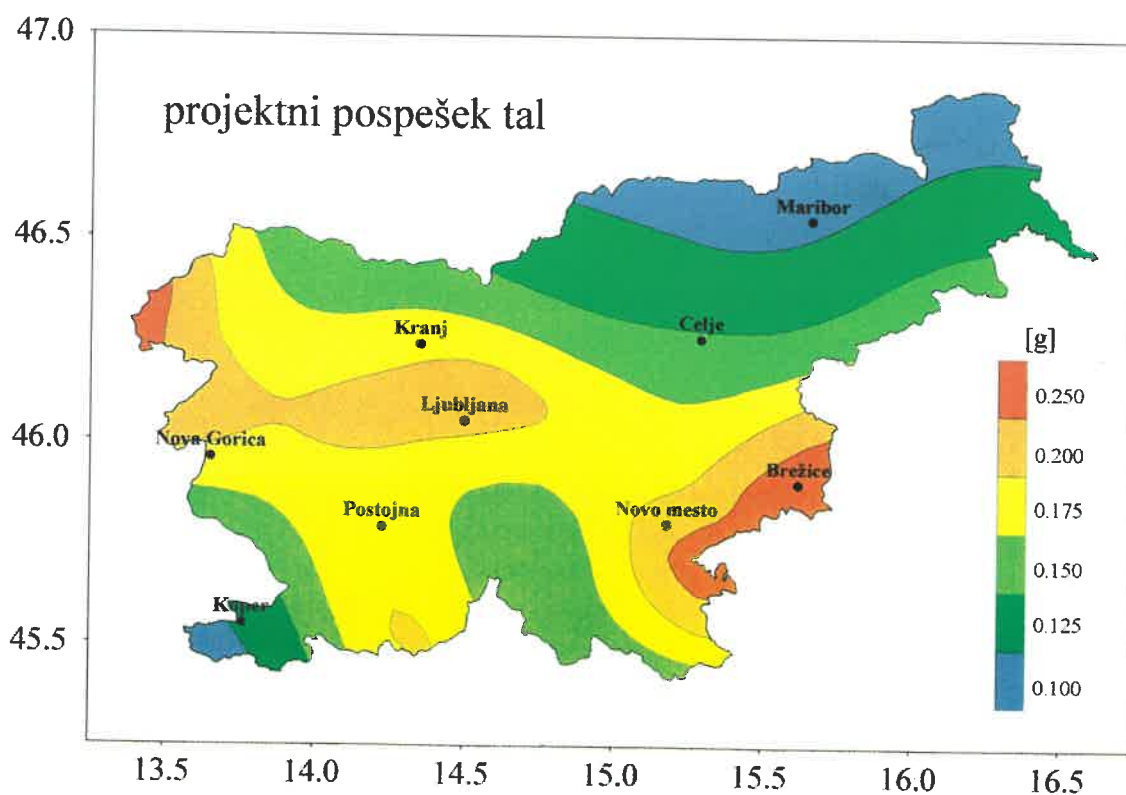
Za model pojemanja gibanja tal od potresnega žarišča do računske točke smo po pregledu in preskusu nekaterih bolj ali manj primernih modelov uporabili model Puglieseja in Sabette - P&S (1989, 1996), ki je med razpoložljivimi modeli verjetno najprimernejši za slovenske geološke seizmotektonske razmere in za uporabljeni računski postopek (Fajfar et al., 1995, 1996).

Končno karto projektnega pospeška tal smo dobili s primerno uteženo vsoto kart posameznih modelov. Pri tem smo upoštevali to, da je smisel četrtega modela nekoliko povečati potresno nevarnost na območjih z majhno potresno dejavnostjo, ne pa tudi zmanjšati potresno nevarnost na potresno dejavnih območjih. Zato smo četrti model vključili tako, da je lahko vplival le v željenem smislu.

Pri izdelavi karte projektnega pospeška tal smo določili uteži posameznih modelov s predpostavko, da so te uteži obratno sorazmerne nezanesljivostim lokacij nadžarišč. Za območja, kjer nismo upoštevali četrtega modela, smo dobili naslednje uteži: 0,5 za prvi model, 0,3 za drugi model in 0,2 za tretji model. Za ostala območja smo tretji model zamenjali s četrtim in mu priredili enako utež kot tretjemu. Izbira enega ali drugega sestava modelov je potekala tako, da sta bili za vsako točko izračunani vrednosti pospeška za oba sestava, pri izdelavi karte pa je bila upoštevana večja vrednost. Po opisanem postopku dobljeno karto kaže slika 8. Za vrednosti projektnega pospeška tal na posameznih območjih smo privzeli zgornjo vrednost njegove ocene za vsako območje

Zaključek

Od leta 1995 do konca leta 1997 smo na podlagi enostopenjskega postopka prostorskega glajenja seizmičnosti, ki je bil skoraj v istem času razvit in uporabljen pri izdelavi karte potresne nevarnosti ZDA (Frankel, 1995), izdelali dopolnjen dvostopenjski postopek usmerjenega glajenja. Poleg manjših matematičnih in numeričnih izboljšav ima prednost pred izvirnim postopkom predvsem v vključitvi preprostega seizmotektonskega modela in v objektivnejšem pristopu. Naš postopek zahteva le malo subjektivnih odločitev. To so predvsem izbira uteži raznih prelomov oziroma prelomnih pretrgov v seizmotektonskem modelu ter določitev razmerja med širino in dolžino prelomnega pretrga. Vse subjektivne odločitve so razvidne in preverljive, izračuni pa ponovljivi. Zato menimo, da je izdelana karta projektnega pospeška tal primerna za prilogo k slovenskemu predstandardu za potresno varno gradnjo in lahko zamenja dosedanja karto potresne intenzitete.



Slika 8: Državna karta projektnega pospeška tal.

Figure 8: The design ground acceleration map of Slovenia.

Nova karta projektnega pospeška tal (slika 8) kaže razlike glede na sedanjo uradno veljavno karto potresne intenzitete (slika 1). Te razlike lahko razložimo z različnimi vhodnimi podatki (potresni katalog je bil dopolnjen in poenoten), z različno metodologijo izračuna potresne nevarnosti, različnimi subjektivnimi ocenami in različnimi količinami, ki jih kažeta karti. Dejstvo, da kaže ena karta intenziteto, druga pa pospešek, ni postranskega pomena, saj ustreza eni vrednosti intenzitete dokaj velik razpon pospeškov. Če upoštevamo vse te dejavnike, pa razlike med obema kartama

pravzaprav niso zelo velike, saj se območja majhne in velike potresne nevarnosti na stari in novi karti v povprečju kar dobro ujemajo.

Literatura

CEN (European Committee for Standardization), 1994, Eurocode 8 – Design provisions for earthquake resistance of structures - Part 1-1: General rules - Seismic actions and general requirements for structures, European Prestandard (ENV) 1988-1-1, Brussels, 25 str.

Fajfar, P., J. Lapajne, I. Peruš, B. Šket Motnikar, P. Zupančič, M. Fischinger, T. Vidic, 1995. Izdelava strokovnih podlag za določitev potresnih parametrov za slovensko verzijo standardov Eurocode 8, Raziskovalna naloga, Univerza v Ljubljani - Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo - Inštitut za potresno inženirstvo in računalništvo & Ministrstvo za okolje in prostor - Uprava Republike Slovenije za geofiziko.

Fajfar, P., J. Lapajne, I. Peruš, B. Šket Motnikar, B. Zabukovec, P. Zupančič, M. Fischinger, 1996. Izdelava strokovnih podlag za tehnične predpise in standarde Eurocode, Raziskovalna naloga, Univerza v Ljubljani - Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo - Inštitut za potresno inženirstvo in računalništvo & Ministrstvo za okolje in prostor - Uprava Republike Slovenije za geofiziko.

Frankel, A., 1995. Mapping seismic hazard in the Central and Eastern United States, *Seismological Research Letters*, Vol. 66, No. 4, 8-21.

Frankel, A., C. Mueller, S. Hermsen, T. Barnhard, E. Leyendecker, S. Hanson, D. Perkins, N. Dickamn, 1997. New USGS seismic hazard maps for the United States: Uniform hazard spectra, deaggregation, and uncertainty, 92nd Annual Meeting of the Seismological Society of America, Honolulu, Havaji.

Lapajne, J. K., B. Šket Motnikar, P. Zupančič, 1995. Delineation of seismic hazard areas in Slovenia, *Proceedings of the Fifth International Conference on Seismic Zonation*, Nica, 429-436.

Lapajne, J. K., B. Šket Motnikar, 1996. Estimation of upper-bound magnitude in earthquake hazard assessment, V: V. Schenk (urednik), *Earthquake Hazard and Risk*, Kluwer Academic Publishers, 39-48.

Lapajne, J. K., B. Šket Motnikar, B. Zabukovec, P. Zupančič, 1997a. Spatially-smoothed seismicity modeling of seismic hazard in Slovenia. *Journal of Seismology*, Vol. 1, No. 1, 73-85.

Lapajne, J. K., B. Šket Motnikar, B. Zabukovec, P. Zupančič, 1997b. Oriented spatially smoothed seismicity modeling in Slovenia. Honolulu, 92nd Annual Meeting of the Seismological Society of America, April 9-11, 1997. Meeting Abstracts, *Seismological Research Letters*, 68/2, 303.

- Lapajne, J. K., B. Šket Motnikar, P. Zupančič, 1997c. Preliminary seismic hazard maps of Slovenia, *Natural Hazards*, Vol. 14, No. 2-3, 155-164.
- Poljak, M., 1996. Model potresnih izvorov Slovenije. Interno poročilo.
- Pugliese, A., F. Sabetta, 1989. Stima di spettri di risposta da registrazioni di forti terremoti italiani, *Ingegneria Seismica* VI/2, 3-14.
- Reiter, L., 1990. *Earthquake Hazard Analysis*, Columbia University Press, New York, 254 str.
- Ribarič, V., 1982. Seizmičnost Slovenije - Katalog potresov, Seizmološki zavod SR Slovenije, Ljubljana, 649 str.
- Ribarič, V., 1992. Seizmičnost Slovenije - Katalog potresov, Dodatek 1, Seizmološki zavod SR Slovenije, Ljubljana, 145 str.
- Ribarič, V., 1994. Seizmičnost Slovenije - Katalog potresov, Dodatek 2, Seizmološki zavod SR Slovenije, Ljubljana, 91 pp.
- Risk Engineering, 1988. FRISK88 User's Manual, Version 1.2, Risk Engineering, Golden, Colorado.
- Slovenski predstandard, 1995. SIST ENV 1988-1-1, Eurocode 8 – Projektiranje konstrukcij na potresnih področjih – Potresna obtežba in splošne zahteve za konstrukcije (privzet ENV 1988-1-1:1994 z metodo platnice), MZT, Urad RS za standardizacijo in meroslovje.
- Sabetta, F., A. Pugliese, 1996. Estimation of response spectra and simulation of nonstationary earthquake ground motions, *Bull. Seism. Soc. Am.* 86, 337-352.
- Wells, D. L., K. J. Coppersmith, 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement, *Bull. Seism. Soc. Am.* 84, 974-1002.
- Živčić, M. (koordinator), 1996. Quantitative Seismic Zoning of the Circum Pannonian Region, QZEZ-CIPAR, Scientific report on task A.

POSLEDICE SEPTEMBRSKIH POTRESOV V DUBROVNIŠKEM PRIMORJU

THE EFFECTS OF THE SEPTEMBER EARTHQUAKES IN SOUTHERN DALMATIA, CROATIA

Renato Vidrih, Matjaž Godec in Ina Cecić

Izveček. V začetku oktobra si je ekipa Uprave RS za geofiziko ogledala škodo, nastalo na potresnem območju v Dubrovniškem primorju na Hrvaškem (Cecić et al. 1996, Vidrih et al., 1997). Glavni potres je bil 5. septembra 1996. Serija potresov, ki so mu sledili in v kateri je bilo 20 potresov z magnitudo večjo od 4,0, je gmotno škodo še povečala. Podatki so zbrani iz seizmoloških biltenov slovenskih, avstrijskih, hrvaških in italijanskih opazovalnic. Tri vasi so bile skoraj v celoti uničene, velika gmotna škoda pa je nastala tudi v mestu Ston na polotoku Pelješac.

Abstract. The earthquake which struck the area near the Dalmatian coastal town of Slano (Croatia, approx. 40 km NW of Dubrovnik) on September 5, 1996 at 22:44 local time (20:44 UTC) was one of the strongest this century in that region. Its magnitude was calculated as 5.6 and the maximum intensity is estimated as VIII MSK. Fortunately, there were no casualties and only few minor injuries were reported. According to preliminary reports almost 1500 properties were damaged in the region, 20% of which are no longer inhabitable any more. Of the 248 cultural monuments damaged, one church (in the little village of Mravinca) was completely destroyed, and damage to 31 other monuments was severe.

The main shock was followed by an outburst of activity in the area. Over the next 5 weeks at least 20 aftershocks reaching a magnitude of 4 or larger contributed to additional damage to the already affected buildings. One month after the main quake, a team from the Geophysical Survey, consisting of a civil engineer, a geologist and a seismologist, made a two-day field trip to the epicentral area. Our chief goal was to learn as much as possible about the intensity VIII effects; in Slovenia we have not had such a strong earthquake for quite a long time, and the type of buildings is very similar to those found commonly across.

The most damaged villages in Croatia (we have no data for Bosnia and Herzegovina) were Mravinca, Podimoč and Trnova. In these villages, the houses, churches, graveyards, water reservoirs and farming objects were almost completely destroyed. Only a few properties, renovated after the end of the last war, suffered minor damage. The inhabitants of those three villages asked the government to allow them to move their homes and to build a common village at a new location, approx. 2 km away from where they are now. They would thereby feel safe, and able to build new homes using

much less money than trying to repair and reinforce their old houses, whilst still being close enough to their fields and vineyards.

In Ston on the Pelješac Peninsula, a large piece of rock (approx. 1.5 m high) rolled down from a nearby hill and bumped into the wall of an apartment building. The people of Ston are considering preserving it as an original monument of the earthquake. The heart of the town of Ston started to be formed in the XIV century, and it is supposed to be the second town in Europe built according to an urbanistic plan. The streets in the centre are rectangular, and the buildings grouped in blocks of 5-10 properties. Most buildings suffered severe damage. However, one building suffered only minor damage. It was completely repaired 10 years ago, when it was turned into hotel. The whole centre was closed to all persons except those teams that worked on the removal of the most dangerous ruins. The majority of the inhabitants were then living in tents and trailers.

Seizmičnost dubrovniškega primorja

Glavni potres in popotresni sunki v južni Dalmaciji seizmologov niso presenetili, saj velja območje Dubrovnika za eno od potresno najdejavnejših območij na Hrvaškem. Po seizmoloških kartah so tu možni potresi do IX. stopnje po MSK lestvici. Pas, kjer so po predvidevanjih strokovnjakov možni tovrstni potresi, se vleče od Slanega prek Dubrovniškega primorja, Konavle, Herceg Novoga, Budve in Ulcinja do albanske meje in dalje prek Albanije, Grčije in naprej.

V geološkem pogledu pripada to območje širšemu jadranskemu in dinarskemu prostoru. Tu si sledijo štiri pasovi, ki se vlečejo od Slovenije do Albanije. Prvi pas, ki leži na zunanji strani, se imenuje jadranska platforma, sledijo ji medplatformni bazen, dinarska platforma in robni bazen, ki prehaja v strukture Panonskega bazena. Seizmično aktivnost teh pasov lahko pripišemo podirivanju ali subdukciji jadranske platforme pod medplatformni bazen (ta se vleče od Tolmina do Budve) in pod dinarsko platformo (Herak, 1985).

Da je območje potresno dejavno so v preteklosti že večkrat dokazali močni potresi. Večina se verjetno spominja katastrofalnega potresa in popotresnih sunkov v Črni Gori leta 1979. Prizadeli so predvsem Budvo in okolico. Njihova žarišča so bila nekoliko južneje ob jadranski obali. Glavnemu potresu, ki je bil 15. aprila 1979, je v letu dni sledilo še okoli 8000 popotresnih sunkov. Črnogorski potres je bil tako po moči kot po intenziteti za eno stopnjo močnejši od potresa v Dubrovniškem primorju, ki je bil 5. septembra 1996. Njegova magnituda je bila 7,0 (ena velikostna stopnja pri magnitudi pomeni približno tridesetkrat močnejši potres), največji učinki pa so dosegli IX. stopnjo po MSK lestvici. Žarišča so bila v globini 17 kilometrov. Potres je zahteval 101 življenje in povzročil ogromno gmotno škodo, saj je hudo poškodoval ali v celoti porušil 250 vasi, predvsem pa povzročil razdejanje v mestih Ulcinj, Bar, Petrovac, Budva, Tivat, Kotor, Risan in Herceg Novi. Njegov vpliv je segal tudi v

Dubrovniško primorje, saj so njegovi učinki tu dosegli VII. stopnjo po MSK lestvici in povzročili manjšo gmotno škodo (Ivanović, Vučinić, 1980).

Najmočnejši znan potres na dubrovniškem območju pa je bil 6. aprila 1667 in je porušil večji del Dubrovnika. Zahteval je 4000 življenj od takratnih 6000 prebivalcev Dubrovnika. Porušil je celotni osrednji del mesta, obzidje pa je bilo manj poškodovano. Zanimiv je podatek, da je bil v svoji zgodovini Dubrovnik zaradi potresov najmanj 12-krat porušen ali hudo poškodovan.

Zadnja serija potresov

Glavni potresni sunek je nastal 5. septembra 1996 ob 22. uri in 45 minut po lokalnem času. Njegova magnituda je bila 5,6, največji učinki pa so po podatkih hrvaških seizmologov dosegli VIII. stopnjo po MSK lestvici. Žarišče je nastalo v globini 10 kilometrov. Epicenter potresa je bil na območju manjših naselij Mravinca, Podimoč in Trnava v zaledju Dubrovniškega primorja, na meji z Bosno in Hercegovino (Vidrih, Godec, Cecić, 1997). Vpliv potresa je zajel veliko območje, saj so tresenje čutili tudi prebivalci Slovenije, predvsem Primorske, kot tudi nekateri Ljubljanci, na vzhod pa so učinki segli do Celja in Velenja. V Sloveniji učinki potresa nikjer niso presegli IV. stopnje po EMS lestvici. Potresno valovanje je doseglo tudi Italijo, kjer so ga zaznali nekateri prebivalci Torina. V naslednjih dneh je glavnemu potresu sledilo več kot 100 popotresnih sunkov, med katerimi so bili tudi močnejši. Naj omenimo potres dne 17. septembra, ki je dosegel magnitudo 4,4 in gmotno škodo izdatno povečal. Večino teh potresov so registrirali tudi seizmografi observatorija Uprave RS za geofiziko na Golovcu v Ljubljani. Kar 20 jih je doseglo ali preseglo magnitudo 4,0. Seveda je kasneje sledilo še večje število šibkejših popotresnih sunkov. Prav lahko govorimo o več sto potresih, ki pa so jih zabeležili predvsem v potresni opazovalnici v Dubrovniku. Epicentri so nastajali predvsem na območju vasi Mravinca, Podimoč in Trnava v dubrovniškem zaledju.

Opis najznačilnejših poškodb

Potres v Dubrovniškem primorju je zapustil posledice v naravi, na in v zgradbah in v ljudeh. Marsikaterega prebivalca je zbudil iz mirnega sna, mnoge stanovanjske hiše pa je hudo poškodoval. Prišlo je tudi do sprememb v naravi, predvsem odlomov skal in manjših kamnitih plazov. Najhujša škoda je nastala na epicentralnem območju, v vaseh Mravinca, Podimoč in Trnava. Nekatero najbolj značilne poškodbe so prikazane na fotografijah. Zanimiv pojav, ki je bil zelo pogost, pa so bile spremembe, povezane z izviri vode, saj je večina izvirov presahnila. Po pripovedovanju prebivalcev pa je nastal v morju nov izvir sladke vode, ki je v začetku v morje prinašal velike količine blata in zemlje in morje obarval povsem rdeče. Poškodovana je bila tudi infrastruktura. Ceste so bile ponekod zasute z odlomi skal, mestoma so se nanje podrli oporni kamniti zidovi. Ponekod so deli cestišč odplazeli v dolino.

Navkljub tako velikim učinkom pa smo med ogledom prizadetega območja naleteli tudi na ljudi, ki so kljub odpadanju gradbenih elementov in velikemu hrupu potres prespali.



Slika 1. Značilen odlom vogala hiše v vasi Mravinca, je posledica delovanja nepovezanih nosilnih zidov. Med potresom je prišlo do trka nosilnih zidov v dveh med seboj pravokotnih smereh.

Fig 1. Characteristic fracture of the corner of a house as the consequence of the demolition of unconnected main pillar walls in the village of Mravinca. During the earthquake, the main pillar walls collided at two mutual right-angles.

Večina je v času potresa (ob 22.45) med padajočim kamenjem v polsnu iskala pot na prosto. Pot jih ni vodila skozi vrata, ker le teh niso mogli odpreti zaradi premikanja sten. Nove odprtine, ki so nastale v objektih so ljudje izkoristili za beg na plano. Čeprav so v vaseh prebivali predvsem starejši, tudi nepokretni ljudje ni zaradi potresa umrl noben človek. Ob pregledu prizadetega območja se to zdi prava sreča v nesreči.

Na ožjem epicentralnem območju so skoraj popolnoma uničene vasi Mravinca, Podimoč in Trnava. V vasi Mravinca je pred potresom živel 52 ljudi v 22 stanovanjskih hišah. Osem stanovanjskih hiš je bilo praznih. V vasi Podimoč je bilo življenje v 9 izmed 14 hiš. V vasi je živel 32 prebivalcev. Vas Trnava s 73 prebivalci v 24 stanovanjskih hišah je bila največja. Sedem stanovanjskih hiš je bilo zapuščenih. Zunaj epicentralnega področja pa je bilo najhuje prizadeto mestece Ston na polotoku Pelješac.

Pomembno je pripomniti, da vse poškodbe niso nastale med prvim, najmočnejšim potresnim sunkom. Prav nasprotno - velikokrat so nam ob ogledovanju težko poškodovanih hiš njihovi lastniki povedali, da so se prvo noč na stenah pokazale le razpoke. Tako razrahljane objekte so nato porušili pogosti popotresi.

Takšne poškodbe na objektih lahko pričakujemo tudi pri podobno močnem potresu v Sloveniji v dinarsko-primorskem svetu. Tamkajšnji objekti so namreč v materialu in izvedbi podobni tistim v Dubrovniškem primorju, saj pri starejših objektih (le-ti tudi pri nas še vedno pomenijo večino fonda zgradb) kot material prevladujeta obdelan in neobdelan kamen, povezana s slabo malto.



Slika 2. Med vojno požgana in kasneje dobro obnovljena stanovanjska hiša v vasi Mravinca ni utrpela poškodb. Vzidane so bile horizontalne vezi, požgane lesene stropove so nadomestili z armirano betonskimi.

Fig 2. A house in the village of Mravinca which had been burnt during the war but was later well reconstructed and did not suffer any damage. Horizontal links were built in, the burnt wooden roof was replaced with a roof made of reinforced concrete.

Objekti v Dubrovniškem primorju so torej sezidani iz obdelanega in neobdelanega kamna. Obdelana so le lica, notranjost zidovja pa je mnogokrat zapolnjena s kamenim drobirjem. Zidovi so zelo masivni, med seboj nepovezani, zato med potresom ne delujejo enovito. Stropi so leseni, prav tako ostrešja, kritina pa so običajno strešniki. Sami objekti imajo veliko maso, kar pomeni tudi velike potresne sile. Tak objekt lahko velike potresne sile prevzame le z lomi konstrukcije.

Pogoste poškodbe, ki so nastale ob potresu in popotresnih sunkih, so:

- drsenje opečnih strešnikov s strešne konstrukcije,
- delni ali popolni odlomi dimnikov,
- široke in globoke razpoke v nosilnih zidovih,
- delna ali popolna porušenos nekaterih zidov.

Večina takšnih poškodb je posledica nepovezanega delovanja nosilnih sten. Pri tem nastajajo poleg "x-razpok" (diagonalnih) razpok tudi globoke razpoke na stikih pravokotno postavljenih sten. Marsikje se je porušil vogal zgradbe. Iz ležišč so izpadle tudi lesene stropne konstrukcije. Posledice so marsikje popolno uničenje objektov in sicer v tistih primerih, ko so padli tramovi stropne konstrukcije. Tako je danes cerkev v Mravincah, pa tudi marsikateri drug objekt, le še kup ruševin.



Slika 3. Marsikje so se porušili oporni zidovi. Slika kaže primer na cesti pri vasi Mravinca. Zidove sestavlja nepovezan in neobdelan kamen.

Fig 3. In many places support walls were destroyed as, for example, on the road to the village of Mravinca. The walls were made of detached and roughly hewn rock.

Po ugotovitvah predstavnikov lokalnih kriznih štabov je bilo močno prizadetih več kot 90% objektov v omenjenih naseljih na ožjem epicentralnem območju (vasi Mravinca, Podimoč, Trnava). Vendar so tudi tu izjeme. Med porušeniimi zgradbami smo v vasi Mravinca našli objekt, ki je utrpel le nekaj lasastih razpok. Kako to? Bistveno je ustrezno zavarovanje pred potresi. Objekt je bil med vojno leta 1992-93 požgan in lastnik ga je ustrezno ojačal. Požgane lesene strope je nadomestil z armirano betonskimi, vgradil pa je tudi potresne vezi. Zidovi so bili popravljeni z obdelanim kamnom, novi zidovi pa so opečni; uporabljena je bila dobra malta. Predelni zidovi so opečni. Tako ojačan objekt je vzdržal glavni potres in tudi popotresne sunke. Vendar je žal to le eden redkih objektov, pri drugih pa bodo potrebna velika vlaganja v sanacijo. Veliko objektov bo potrebno odstraniti in zgraditi nove. Poleg tega je potrebno dodati, da so se pojavile tudi razpoke v rezervoarjih pitne

vode. Zaradi razpok le-ti puščajo vodo, kar še dodatno otežuje življenje prebivalcev na prizadetih območjih.

Veliko obsežnih poškodb na gradbenih objektih je nastalo tudi v mestu Ston. Takšni učinki so posledica slabih lokalnih talnih pogojev. Mnogo objektov je popolnoma uničenih. Posebej katastrofalne pa so poškodbe na zgradbi občine Ston, ki je popolnoma uničena. Kot opomin se je ura na občinski zgradbi ustavila ob 22.45. V stenah te zgradbe so se pojavile obsežne in globoke razpoke, odpadli so veliki kosi ometa, zrušili so se deli zidov in velikokrat celotne predelne stene.



Slika 4. Odlom dela cestišča je posledica slabo komprimiranega nasutja.

Fig. A part of the road broke off as a consequence of poorly-compressed land.

Mestno jedro sestavljajo zgradbe, ki so še iz časov Dubrovniške republike. Zgrajeno je po urbanističnem načrtu iz 14. stoletja, ki sodi med najstarejše v Evropi. Poškodbe so podobne kot v vaseh na epicentralnem območju. Zaradi strnjenosti pa sta pogled na mesto, polno ruševin, in sprehod po njem še strašnejša. Dostop v Ston je bil ob našem prihodu zaradi nevarnosti rušenj omejen. Na srečo so nam prijazni domačini in predstavniki kriznih štabov omogočili ogled mesta in porušenih objektov. Večina prebivalcev je bivala v šotorih in stanovanjskih prikolicah.

Tudi v Stonu smo videli, da je pravočasna ustrezna sanacija objekta edino zdravilo za zmanjšanje učinkov bodočih potresov. Stari objekt v samem mestnem jedru, ki je bil pred kakim desetletjem popolnoma prenovljen v manjši hotel, je potres preživel le s

nekaj lasastimi razpokami. Tam je imel ob našem obisku svoje prostore štab civilne zaščite. Podobne zgradbe, oddaljene le nekaj metrov, so po potresu postale popolnoma neuporabne za bivanje.



Slika 5. Obsežne poškodbe starejše hiše v vasi Podimoč. Porušil se je nosilni zid.
Fig. 5. Extensive damage to an older house in the village of Podimoč. The main pillar wall was destroyed.



Slika 6. Pogled na zgradbo občine v Stonu. Objekt je utrpel hude poškodbe, ob oknih so vidne diagonalne razpoke.
Fig. 6. A view of the municipal building in Ston. The building suffered severe damage, diagonal cracks in the windows are visible.

Na obrobju mesta je nekaj novejših stanovanjskih objektov. Čeprav so solidno grajeni na primernih tleh jim potres ni prizanesel. Običajnih resnejših poškodb, nastalih ob potresu, sicer nismo našli, toda skala, odlomljena iz bližnjega hriba, je prebila zid ene izmed stanovanjskih hiš.



Slika 7. Notranjost občine Ston. Porušene so bile predelne stene, odpadli so veliki kosi ometa, porušili so se deli stropne konstrukcije.

Fig. 7. The interior of the municipal building in Ston. The partition walls were destroyed, large pieces of plaster fell down, parts of the roof were demolished.

Omenili smo le najbolj poškodovane vasi in mesto Ston, poškodovanih pa je bilo še veliko manjših naselij. Marsikje so se poškodbe, nastale ob potresu, prepletale s poškodbami, ki so nastale pri obstreljevanju v nedavni vojni. Mesto Slano, na primer, ki je bilo poškodovano tudi ob potresu, je utrpelo veliko škodo pri obstreljevanju in izgleda kakor mesto duhov. Lega Stona, ki je bil že v zgodovini pomembna utrdba polotoka Pelješca (mogočno obzidje ga je varovalo pred napadi Turkov in ohranjalo soline, ki so pomenile tretjino dohodka Dubrovniške republike), je onemogočala obstreljevanje in vse poškodbe, ki smo jih lahko videli, so bile izključno posledica potresa.

Razmišljanje ob ogledu terena

Potres v Dubrovniškem primorju nas vnovič opozarja, da obstajajo velike razlike med učinki potresa v razvitih in v nerazvitih predelih. Že tako siromašni predeli z ostarelimi prebivalci so bili najbolj prizadeti prav zaradi tega, ker nihče nima zadostnih sredstev za obnovo starih, dotrajanih, slabo zgrajenih objektov. Siromašni

prebivalci, ki živijo v kraški pokrajini z maloštevilnimi njivami in trtami, kjer se na redkih travnikih pasejo posamezne živali, so bili veseli našega obiska. V začetku smo se počutili kot "mrhovinarji", ki s fotoaparati in beležnicami v rokah "uživamo" v nesreči drugih, kasneje pa smo v pogovorih s prijaznimi domačini ugotovili, da so se našega obiska razveselili. Zahvaljevali so se nam, da smo prišli pogledat njihovo nesrečo; najprej jim je del premoženja uničila vojna, dokončno pa še potres. Tudi sami smo med ogledovanjem terena občutili tresenje in bobnenje, ki je vsakokrat vznemirilo že tako prestrašene ljudi. Domačini so ostali brez vsega. Obnova teh vasi je verjetno nesmiselna, saj nimajo nobene perspektive. Predlog, da bi za vse prebivalce porušenih vasi zgradili nadomestno naselje ob morju, je verjetno naboljša rešitev. Razumeti pa je treba ljudi, ki že več desetletij obdelujejo skromno zemljo, da so navezani na svoje domove.



Slika 8. Edina preventiva pred potresi je potresno varna gradnja. Tudi v središču Stona stojita druga poleg druge stari hiši: desno so že pred leti ojačali in ni utrpela poškodb (tu je bil sedež poveljstva civilne zaščite), leva hiša pa je močno poškodovana.

Fig. 8. The only protection from earthquakes is earthquake-safe construction. In the centre of Ston, two old houses stand next to each other: the house on the right was reinforced a few years ago and did not suffer any damage (the building served as the headquarters of the civil defence), the house on the left was severely damaged.

Če strnemo opazovanja, vidimo, da je v mestu Ston ostalo brez strehe nad glavo več kot 400 ljudi, še bolj pa so prizadete manjše vasi, kjer je prebivalcev manj. Zato so tudi mediji posvečali veliko več pozornosti Stonu, ker je pač mesto, kot pa manjšim nerazvitim zaselkom v zaledju Dubrovniškega primorja. Prav zato so se nas prebivalci teh zaselkov razveselili. Najpogostejši stavek, ki smo ga slišali, je bil "tko će nam

pomoči, nego Bog i dobri ljudi". Upajmo, da se bodo našli dobri ljudje in jim pomagali graditi nove domove.



Slika 9. Potres je povzročil tudi odlome skal. Te so se prikotalile v dolino. Tako je ena od skal prebila zid stanovanjske hiše v predmestju Stona.

Fig. 9. The earthquake also caused a rock slide which came down into the valley. One rock demolished the wall of a house just before Ston.

Kaj se lahko iz podobnih potresov naučimo

Nauk vseh potresov je en sam: ne moremo jih napovedovati, ne moremo jih preprečiti, lahko jih le pričakujemo ustrezno pripravljene. Pri tem velja upoštevati pri gradnji novih in adaptacijah ter rekonstrukcijah starih poslopij vsa načela sodobne potresno inženirske prakse. Za manjše stanovanjske objekte (običajne stanovanjske hiše) velja:

- objekti naj bodo čim lažji (težko kritino je potrebno nadomestiti z lažjo ipd.),
- v višini stropnih konstrukcij je potrebno vgraditi potresne vezi (vence),
- pri adaptacijah in rekonstrukcijah je potrebno paziti, da bistveno ne zmanjšamo togosti posamezne etaže (največkrat se to dogaja pri preurejanju pritličij stanovanjskih objektov v lokale).

Pri tem se je treba zavedati, da Slovenija leži na potresno dejavnem območju. Čeprav že dalj časa nismo imeli močnega potresa, to še ne pomeni, da ga ne bo. Nasprotno, bliže nam je. Vendar večina ljudi po daljšem časovnem razmiku od potresa ne posveča več dovolj pozornosti ukrepom za zagotovitev ustrezne potresne varnosti.

Izkušnje kažejo, da je večina največ pripravljena vlagati v potresno ojačitev takoj po močnem potresu, vendar je takrat večinoma prepozno.

Končajmo z nasvetom: ne pozabimo, da možnost rušilnega potresa obstaja. Preglejmo stanje na objektih danes in pričnimo s potresnim ojačevanjem jutri. To velja še posebej za objekte zgrajene po predpisih, ki so veljali pred letom 1963. Tega leta smo namreč dobili ustrezen predpis (resda je bil kasneje spremenjen), ki je večini gradbenih konstrukcij zagotavljal solidno raven varnosti pred potresi.

Literatura

Cecić, I., M. Godec and R. Vidrih (1996). The September 5, 1996 Slano - Ston earthquake: Examples of the damage.

<http://www.gsrn.nmh.ac.uk/~phoh/escwg/papers/slano/stona.htm>

Herak M., 1985. O odnosu jadranskih i dinarskih struktura. Zbornik Ivana Rakovca. Razprave IV. razreda SAZU, XXVI, 401-414, Ljubljana.

Ivanović S., Vučinić S., 1980. Zemljotres od 15. aprila 1979. godine, njegove karakteristike i posledice. Simpozijum o zemljotresu na crnogorskom primorju od 15. IV. 1979 godine. Zbornik radova. Zajednica za seizmologiju SFRJ. Republički seizmološki zavod-Titograd, 11-27, Herceg Novi.

Preliminarni seizmološki bilteni slovenskih, avstrijskih, hrvaških in italijanskih opazovalnic za leto 1996.

Vidrih, R., M. Godec in I. Cecić, 1997. Lanski potresi v dubrovniškem primorju. GEA, letnik VII, št. 1, januar 1997, 12-13, Ljubljana.

MOČNEJŠI POTRESI PO SVETU LETA 1996 LARGEST WORLD EARTHQUAKES IN 1996

Renata Mukavec, Renato Vidrih, David Dolenc

Izveček. Vsako leto zatrese naš planet več kot milijon potresov, ki so večinoma šibki, ne povzročajo gmotne škode in ne zahtevajo človeških življenj. Število zapisanih potresov je odvisno od števila in občutljivosti seizmografov v svetovni mreži. Med potresi je le nekaj deset takih, ki povzročijo velika razdejanja in zahtevajo smrtne žrtve. Opisali bomo le najpomembnejše. Najmočnejša potresa s smrtnimi žrtvami leta 1996 sta bila 17. februarja v Indoneziji in 12. novembra v Peruju. Potres z največ smrtnimi žrtvami je bil 3. februarja z magnitudo 6,3 na Kitajskem. V tem letu je za posledicami rušilnih potresov umrlo 493 ljudi, kar je bistveno manj od povprečja zadnjih let (npr. v letih 1991 do 1995 je zaradi posledic potresov umrlo 26 500 ljudi, samo v letu 1995 pa 7900).

Abstact. Every year the world is shaken by approximately 1 million weak earthquakes that do not cause any material damage and do not claim any lives. The number of registered earthquakes depends on both the sensitivity and number of seismographs in the world's seismic network. In addition to these, there are several earthquakes which result in extensive destruction and even deaths. In 1996, there were less powerful earthquakes and, most importantly, there were fewer deaths caused. The numbers expressing damage caused are mostly estimates. Altogether, the numbers reveal 493 dead, more than 5 300 slightly or seriously injured, and more than 360 000 buildings damaged or demolished. By way of comparison in 1995 the number of victims of earthquakes around the world totalled 7900.

Our article discusses earthquakes which have caused extensive material damage and resulted in injuries and victims. The 17 February earthquake in Indonesia and the 12 November earthquake in Peru rank first in terms of released energy or magnitude. The highest number of casualties was caused by the 3 February earthquake in China. 251 people died and 4 027 were injured. The quake reached a peak intensity of IX on the EMS scale. The 5th September earthquake in the Littoral region around Dubrovnik in Croatia caused severe material damage in the villages around Dubrovnik and in the towns of Ston and Slano. A few details of typical damage are shown in the photos taken by a team of workers from the Geophysical Survey while surveying and documenting the damage (see the article on page 75).

The epicentres of the most powerful earthquakes, shown in Figure 1, originated mostly at the tectonic plates boundaries. Their depths differ from the shallowest earthquake on May 3th in the USA (Washington), whose hypocentre was 4 km below

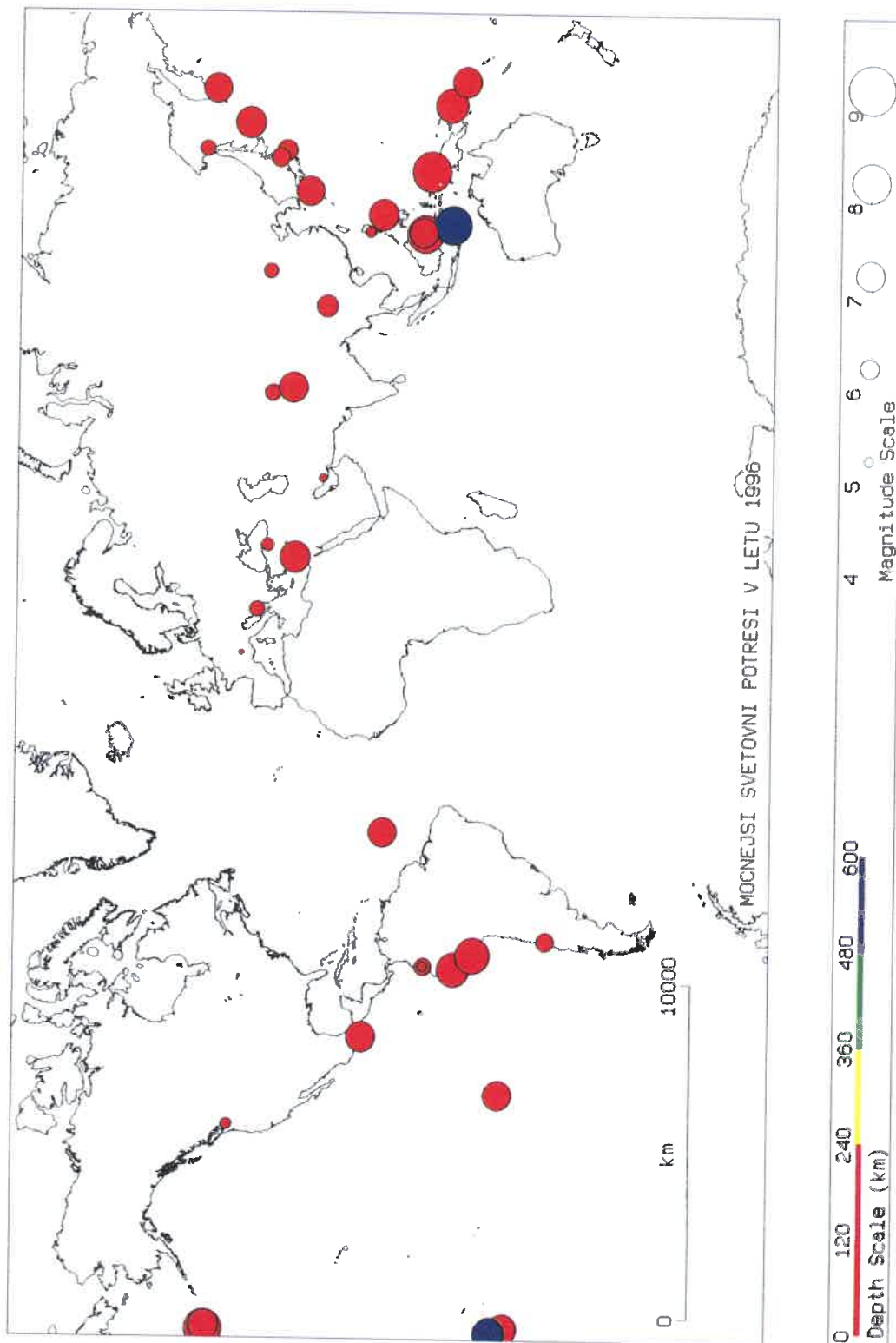
the surface, to the deepest quake under the Flores Islands on 17 th June, whose hypocentre was 587 km below the surface.

Potresi in tektonika plošč

Zemljina litosfera je sestavljena iz nekaj večjih in več manjših tektonskih plošč (slika 1). Najpomembnejše plošče so pacifiška (tihooceanska), severno in južnoameriška, evrazijska, afriška, avstralska in antarktična. Za svetovno potresno dejavnost pa niso nič manj pomembne številne manjše plošče. Tektonske plošče so v stalnem (sicer počasnem) gibanju. Med seboj se lahko primikajo - primične (konvergentne) ločnice, razmikajo - razmične (divergentne) ločnice, lahko pa druga ob drugi drsijo - strižne ločnice plošč. Severnoameriška in južnoameriška plošča se oddaljujeta od evrazijske in afriške plošče. Loči ju razmična ločnica, ki se kaže v srednjeatlantskem grebenu, za katerega je značilna povečana potresna dejavnost. Na nasprotni strani pa 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 podiranje najhitrejše na Zemlji in znaša več kot 100 mm/leto. Na območju Kalifornije drsita pacifiška in severnoameriška plošča druga ob drugi (znana so številna potresna žarišča). Med pacifiško in južnoameriško ploščo pa je vrinjena plošča Nazca (na stiku slednjih je nastal eden od najmočnejših potresov v letu 1996). Omenjena stičišča plošč so med potresno najdejavnějšími območji na Zemlji. Med afriško in pacifiško ploščo je avstralska plošča, ki se odmika od antarktične. Sledi več manjših plošč med evrazijsko na severu in afriško na jugu. Od vzhoda proti zahodu si sledijo indijska, arabska in turško-egejska plošča. Tu leži tudi 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 potresi edini znanilci spreminjanja in nastajanja novih geoloških formacij. V letu 1996 so medsebojna premikanja omenjenih plošč povzročila veliko potresov na celotnem območju od Sredozemskega morja (potres v dubrovniškem primorju) do Tihega oceana. Slika 1 jasno kaže povezanost tektonike plošč s potresno dejavnostjo, saj so vsi močnejši potresi nastali na stikih tektonskih plošč. Narisani so le najmočnejši svetovni potresi. Če bi izrisali nadžarišča (epicentre) vseh potresov, bi še bolje videli, da potresi omejujejo posamezne plošče. Pravzaprav je prav porazdelitev potresov razkrila ločnice oz. stičišča plošč.

Pregled močnejših potresov

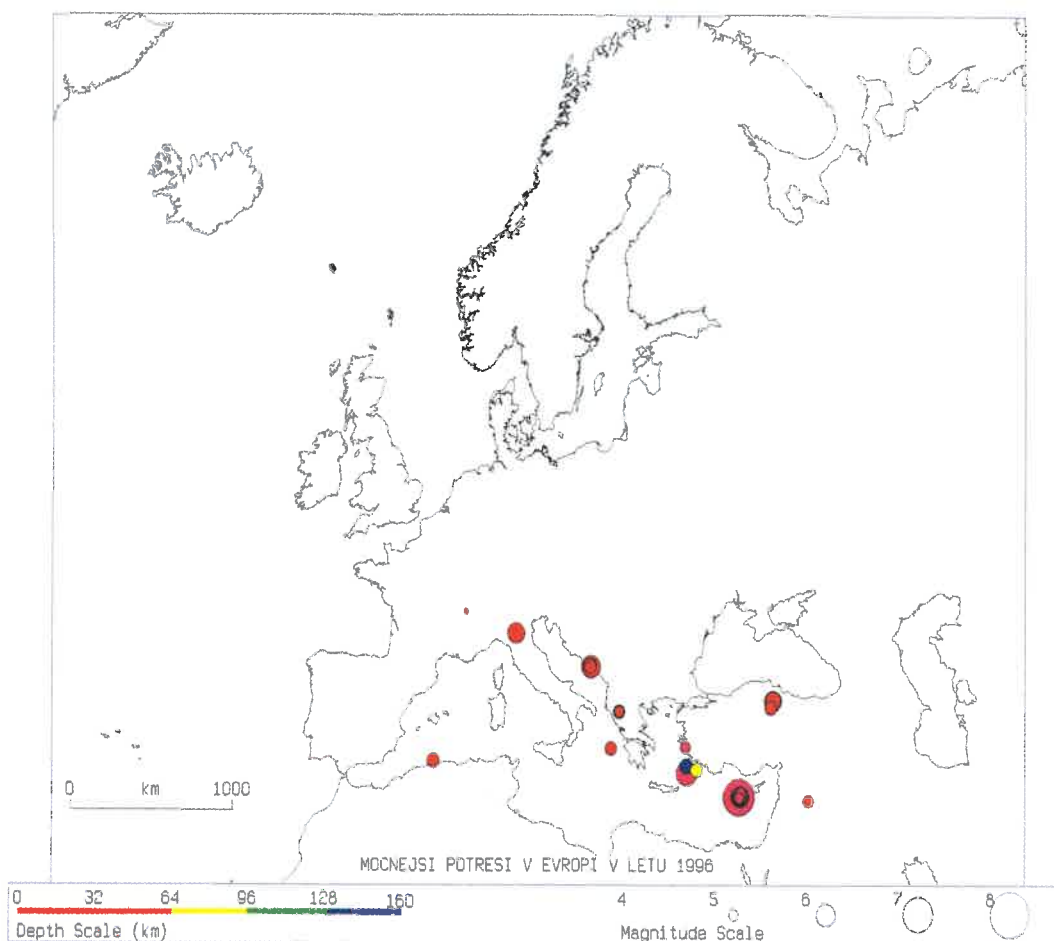
Podatki v preglednici so zbrani iz tedenskih seznamov potresov. Izdaja jih ameriški Državni center za obveščanje o potresih (National Earthquake Information Center), ki je del ameriške geološke službe (US Geological Survey) v Denverju. V preglednici so podatki o najmočnejših potresih v letu 1996. Predstavljeni so le tisti, ki so povzročili večjo gmotno škodo in med prebivalstvom zahtevali ranjene in smrtne žrtve ter vsi,



Slika 1. Porazdelitev najmočnejših potresov leta 1996 na Zemlji, njihove globine in magnitude in glavne tektonske plošče; velikost krogcev kaže potresno magnitudo, barva pa žariščno globino.

Figure 1. Distribution of the most powerful earthquakes in 1996, their depths and magnitudes and main tectonic plates. The size of the circle indicates the magnitude and the colour represents the focal depth.

katerih magnituda je bila ali je presegla 7,0. V pregledu so datum in čas potresa, izražen v svetovnem času (UTC), koordinati nadžarišča, magnituda in globina. Podane so vrednosti magnitud M_b , M_s in M_w . Vrednosti, podane za M_b in M_s , so srednje vrednosti, določene iz podatkov, ki so jih posredovale potresne opazovalnice, ki so potres zabeležile. Magnitude M_b , M_s in M_w se med seboj razlikujejo po območju veljavnosti, ki ga omejujejo oddaljenost in globina žarišča ter nihajni čas pri maksimalni amplitudi. Magnituda M_b (body wave magnitude) je določena iz maksimalne vertikalne amplitude telesnih valov v prvih 20-tih sekundah po vstopu longitudinalnih valov. Magnituda M_s (surface wave magnitude) je določena iz vertikalne komponente dolgoperiodnih površinskih valov. Le-ti se razvijejo pri potresih, katerih žarišče ni globlje od približno 50 km. M_w je momentna magnituda (moment magnitude), ki velja tudi za najmočnejše potrese in je odvisna od seizmičnega momenta. Seizmični moment je produkt strižnega modula kamnin v žarišču, površine prelomne ploskve in premika. Globina potresov je izražena v kilometrih, preglednico pa končujemo z imenom širšega nadžariščnega območja potresa.



Slika 2. Porazdelitev najmočnejših potresov leta 1996 v Evropi, njihove globine in magnitude.

Figure 2. Distribution of the most powerful earthquakes in 1996 in Europe, their depths and magnitudes.

Preglednica. Seznam potresov v letu 1996, katerih magnituda je bila večja ali enaka 7,0. Dodani so potresi, ki so povzročili večjo materialno škodo, ranjene ali smrtne žrtve.

Table. List of earthquakes in 1996 with magnitude 7.0 and over. Earthquakes which caused extensive material damage, injuries or victims are added.

Zap.št	Datum	Čas (UTC) Ura Min Sek	Koordinati		Magnituda			Globina km	Območje
			Širina	Dolžina	Mb	Ms	Mw		
No.	Date	Time (UTC) Hour Min Sec	Coordinates		Magnitude			Depth	Area
			° Lat	° Lon					
1	1. 1.	08 05 12.0	00.73N	119.98E	6.2	7.7	7.8	33	Sulawesi, Indonezija
2	8. 1.	10 04 51.3	53.23N	142.73E	5.5	5.3	5.7	33	Sahalin, Rusija
3	3. 2.	11 14 19.8	27.30N	100.34E	6.3	6.5	6.6	10	Yunnan, Kitajska
4	7. 2.	21 36 45.1	45.32N	149.91E	6.3	7.0	7.2	33	Kurili, Rusija
5	16. 2.	15 22 57.8	37.34N	142.47E	6.2	6.2	6.7	33	Honšu, Japonska
6	17. 2.	05 59 29.7	00.95S	137.03E	6.5	8.1	7.9	33	Irian Jaya, Indonezija
7	21. 2.	12 51 04.3	09.62S	79.57W	5.8	6.6	7.5	33	obala severnega Peruja
8	22. 2.	13 40 53.5	33.69S	71.71W	5.9	5.5	6.0	44	obala osrednjega Čila
9	25. 2.	03 08 18.8	16.20N	97.96W	5.9	6.9	7.1	33	Oaxaca, Mehika
10	19. 3.	15 00 26.1	39.99N	76.70E	5.7	6.0	6.3	28	Xinjiang, Kitajska
11	28. 3.	23 03 49.8	01.04S	78.74W	5.8	5.2	5.9	33	Ekvador
12	16. 4.	00 30 54.7	24.06S	177.04W	6.4	6.8	7.1	111	otočje Fiji
13	29. 4.	14 40 41.1	06.52S	155.00E	6.3	7.5	7.2	44	otočje Solomon
14	2. 5.	06 30 24.9	16.13N	120.66E	5.2	5.0	-	33	Luzon, Filipini
15	3. 5.	03 32 47.1	40.77N	109.66E	5.5	6.0	6.0	26	Kitajska
16	3. 5.	04 04 22.7	47.76N	121.88W	5.2	-	5.5	4	Washington, ZDA
17	24. 5.	06 35 58.8	27.85N	53.59E	4.9	4.7	-	33	južni Iran
18	2. 6.	02 52 09.6	10.80N	42.25W	6.1	6.9	7.0	10	srednjeatlantski hrbet
19	10. 6.	04 03 35.5	51.56N	177.63W	6.6	7.6	7.9	33	otočje Andreanof
20	10. 6.	15 24 56.0	51.48N	176.85W	5.9	7.1	7.2	26	otočje Andreanof
21	11. 6.	18 22 55.7	12.61N	125.15E	6.0	7.0	7.2	33	Samar, Filipini
22	17. 6.	11 22 18.5	07.14S	122.59E	6.6	-	7.9	587	otočje Flores
23	21. 6.	13 57 10.0	51.57N	159.12E	6.0	6.6	7.0	20	Kamčatka, Rusija
24	15. 7.	00 13 28.6	46.02N	05.98E	4.5	4.5	-	5	Francija
25	16. 7.	10 07 36.7	01.02N	120.25E	6.0	6.4	6.6	33	Sulawesi, Indonezija
26	22. 7.	14 19 35.8	01.00N	120.45E	6.0	6.9	7.0	33	Sulawesi, Indonezija
27	2. 8.	12 55 29.3	10.77S	161.44E	6.2	7.1	6.9	33	otočje Solomon
28	5. 8.	22 38 22.1	20.69S	178.31W	6.4	-	7.4	550	otočje Fiji
29	10. 8.	18 12 17.4	38.91N	140.53E	6.0	5.7	5.9	10	Honšu, Japonska
30	14. 8.	01 55 02.6	40.75N	35.34E	5.3	5.6	5.8	10	Turčija
31	25. 8.	14 09 03.3	01.08S	78.67W	5.1	4.2	-	51	Ekvador
32	5. 9.	08 14 14.5	22.12S	113.44W	6.2	7.0	7.0	10	Velikonočni otoki
33	5. 9.	20 44 09.3	42.80N	17.94E	5.6	6.0	6.0	10	Jadransko m., Hrvaška

Zap.št	Datum	Čas (UTC)			Koordinati			Magnituda			Globina km	Območje
		Ura	Min	Sek	Širina	Dolžina	Mb	Ms	Mw			
No.	Date	Time (UTC)			Coordinates		Magnitude			Depth	Area	
		Hour	Min	Sec	° Lat	° Lon						
34	9. 10.	13	10	52.1	34.56N	32.13E	6.4	6.8	7.2	33	Ciper	
35	19. 10.	14	44	40.8	31.86N	131.47E	6.3	6.6	7.0	22	Kjušu, Japonska	
36	12. 11.	16	59	44.0	14.99S	75.68W	6.5	7.3	7.7	33	Peru	
37	19. 11.	10	44	46.1	35.35N	78.13E	6.1	7.1	6.9	33	vzhodni Kašmir	

V nadaljevanju sledijo kratki opisi potresov, ki so povzročili večjo gmotno škodo, ranjene ali smrtne žrtve.

Potres 1. januarja (Indonezija). V priobalnem delu otoka Sulawesi je bilo osem smrtnih žrtev, en človek pa je bil pogrešan. Poškodovanih je bilo več kot 350 hiš. Največ škode je povzročil potresni morski val (tsunami), ki je bil ponekod visok tudi do 5 m.

Potres 8. januarja (Rusija). Poškodoval je 14 hiš v mestu Oha na severu otoka Sahalin. Zaznali so ga prebivalci celotnega otoka.

Potres 3. februarja (Kitajska). Je potres z najhujšimi posledicami v letu 1996. Nastal je v severozahodnem delu province Yunnan. Na območjih mest Lijiang in Zhongdian je umrlo 251 ljudi, 4 027 jih je bilo huje ranjenih. Porušenihi je bilo 330 000 hiš in tako je približno milijon ljudi ostalo brez strehe nad glavo. Na epicentralnem (nadžariščnem) območju so se sprožili številni plazovi, intenziteto potresa pa so ocenili na IX. stopnjo lestvice EMS. Tiskovne agencije so poročale o številnih vaseh, ki so bile popolnoma porušene. Pretrgane so bile tudi vodovodne in električne napeljave med mesti. Preživele sta pestila hud mraz in veliko pomanjkanje zdravil in drugih medicinskih pripomočkov.

Potres 16. februarja (Japonska). Na nadžariščnem območju ob vzhodni obali otoka Honšu na Japonskem je bilo nekaj ljudi lažje ranjenih. Potres so čutili tudi na polotoku Izu, v Tokiu in na Hokaidu.

Potres 17. februarja (Indonezija). Na nadžariščnem območju je zahteval življenje 108 ljudi, 423 je bilo ranjenih, 58 pa pogrešanih. Porušenihi ali poškodovanihi je bilo več kot 5 000 hiš. Na otokih Biak in Supiori so veliko gmotno škodo povzročili potresni morski valovi, ki so ponekod dosegli višino do 7 m. Iz bojazni, da bi ti valovi dosegli tudi japonsko obalo, so tamkajšnje oblasti izselile prebivalce nekaj vasi.

Potres 21. februarja (Peru). Potres je povzročil potresni morski val, zaradi katerega so štirje ribiči umrli, trije so bili pogrešani, dva pa sta bila ranjena. V ribiškem kraju Chimbote so valovi porušili približno 150 ribiških koč, tako da je veliko prebivalcev ostalo brez domov.

Potres 22. februarja (Čile). Žarišče potresa je bilo ob obali osrednjega Čila. En človek je bil ranjen, v Santiagu in okoliških krajih pa je nastalo tudi nekaj gmotne

škode.

Potres 19. marca (Kitajska). Na severozahodu Kitajske na meji s Kazahstanom je potres zahteval najmanj 24 smrtnih žrtev, 128 ljudi je bilo ranjenih. Poškodovanih je bilo približno 15 000 hiš, zato je mnogo ljudi ostalo brez domov. Poročila o žrtvah in škodi so prihajala zelo počasi, saj sta bili na nadžariščnem območju pretrgani telefonska in električna napeljava.

Potres 28. marca (Ekvador). Umrlo je vsaj 19 ljudi, ranjenih pa jih je bilo 58, večinoma revnih indijanskih kmetov, ki so bili med potresom v svojih slabo grajenih kolibah. Nekaj tisoč ljudi je ostalo brez domov, veliko škode pa je nastalo tudi na telefonski in električni napeljavi ter na mostovih. V več okrožjih so bile ceste zaradi plazov zaprte.

Potres 29. aprila (Solomonsko otočje). Potres so čutili prebivalci celotnega otoka Bougainville. Porušil in poškodoval je nekaj hiš in zahteval eno smrtno žrtev.

Potres 2. maja (Filipini). Na otoku Luzon so bili v mestu Dagupan ranjeni trije prebivalci.

Potres 3. maja (Kitajska). Na območju mesta Baotou na severu Kitajske ob meji z Mongolijo je potres zahteval življenje vsaj 18 ljudi, ranjenih jih je bilo 300 in nastala je velika gmotna škoda. Potres so čutili tudi v Pekingu.

Potres 3. maja (Združene države Amerike). Potres so čutili prebivalci obširnega območja od Viktorije in Vancouvra v Kanadi do Portlanda v zvezni državi Oregon ter v zahodnem delu države Washington v Združenih državah Amerike. Na nadžariščnem območju v okolici Seattla sta bila dva človeka ranjena, nastala pa je tudi manjša gmotna škoda. Za nekaj ur je bil pretrgan dovod električne energije.

Potres 24. maja (Iran). Potres je prizadel provinco Fars na jugu Irana. Ranjenih je bilo 20 prebivalcev mesta Khonj, bilo pa je tudi nekaj gmotne škode.

Potres 15. julija (Francija). Potres, ki je imel žarišče v Savojskih Alpah, so čutili po vseh Alpah, v južni Švici in Lyonu v Franciji. En človek je bil lažje ranjen, nastala pa je tudi manjša gmotna škoda.

Potres 16. julija (Indonezija). Potres je povzročil nekaj škode na območju mesta Tolitoli na otoku Sulawesi.

Potres 22. julija (Indonezija). Potres ni zahteval človeških življenj, je pa tako kot prejšnji povzročil nekaj dodatne gmotne škode v mestu Tolitoli.

Potres 10. avgusta (Japonska). Na vzhodu otoka Honšu v prefekturah Yamagata in Miyagi je bilo poškodovanih nekaj deset hiš in ranjenih deset ljudi.

Potres 14. avgusta (Turčija). Potres je sprožil plaz, v katerem je bilo ranjenih devet ljudi. Nastalo je tudi nekaj gmotne škode na območju mesta Amasya.

Potres 25. avgusta (Ekvador). Žarišče je imel v bližini mesta Ambato v Andih. Dva človeka sta bila ranjena, nekaj hiš pa je bilo poškodovanih.

Potres 5. septembra (Hrvaška). Čutili so ga prebivalci ob jadranski obali Italije, v Albaniji, Bosni in Hercegovini ter Makedoniji, pa tudi v slovenskem primorju in Ljubljani.

Potres je povzročil veliko gmotno škodo predvsem v mestu Ston z okolico na polotoku Pelješcu ter v vaseh dubrovniškega primorja. En človek je bil ranjen, približno 2 000 ljudi je ostalo brez strehe nad glavo. Zaradi poškodovanosti stanovanjskih hiš in številnih popotresnih sunkov je bilo celo prepovedano zadrževanje v stavbah v mestnem jedru Stona in Slanega. Prebivalci so našli zasilne domove v počitniških prikolicah in šotorih.

Pogoste poškodbe, ki so nastale ob potresu in popotresnih sunkih, so bile široke in globoke razpoke v nosilnih zidovih, drsenje opečnih strešnikov z lesenih strešnih konstrukcij, delni ali popolni odlomi dimnikov, delne ali popolne porušitve posameznih zidov. Marsikje so se porušili vogali zgradb, ponekod so lesene stropne konstrukcije izpadle iz ležišč. Če so tramovi stropne konstrukcije padli, so bili objekti marsikje popolnoma uničeni. Lep primer je cerkev v Mravincah, pa tudi marsikateri drug objekt je postal le še kup ruševin. Veliko poškodb je bilo v mestu Ston, poškodovanih pa je bilo še veliko manjših zaselkov, najbolj vasi Mravinca, Podimoč in Trnava. Objekti v dubrovniškem primorju so sezidani večinoma iz delno obdelanega in neobdelanega kamna. Večinoma so obdelana le lica zidovja, notranjost pa je mnogokrat zapolnjena s kamenim drobirjem. Zidovi so zelo debeli in masivni, med seboj nepovezani.

Precej škode je bilo tudi na vodovodni, telefonski in električni napeljavi, jadranska magistrala pa je bila zaradi udorov kamenja in manjših plazov med Dubrovnikom in Slanim zaprta. Kamniti obcestni zidovi, ki pogosto ograjujejo pašnike in travnike, pa tudi obcestni zidovi, so bile popolnoma podrti, kotaleče se kamenje pa je zasulo številne lokalne ceste (Godec et al., 1997, Vidrih et al., 1997).

Potres 9. oktobra (Ciper). Žarišče je imel pod morskim dnom ob jugozahodni obali Cipra. Na Cipru je za posledicami srčnega infarkta umrl en človek, 20 je bilo ranjenih. V Egiptu je 60 km severno od Kaira pod ruševinami svojega doma umrla neka ženska. Potres so čutili tudi v Izraelu, Libanonu, Siriji in Jordaniji.

Potres 12. novembra (Peru). Najbolj prizadeta so bila mesta ob tihomorski obali. Umrlo je 14 ljudi, 560 je bilo ranjenih, 12 000 pa jih je ostalo brez domov. Na območju mesta Nazca je bilo porušenih ali poškodovanih več kot 4 000 hiš. Prebivalci tega mesta so čutili še najmanj 200 popotresnih sunkov.

Sklep

Leta 1996 je bilo v primerjavi s prejšnjimi leti na našem planetu nekaj manj katastrofalnih potresov, tudi posledice so bile bistveno manjše. Splošni podatki za leto 1996: umrlo je 493 ljudi, več kot 5 300 je bilo huje ali lažje ranjenih, porušenih ali huje poškodovanih pa je bilo približno 360 000 zgradb.

Žarišča potresov so bila v zelo različnih globinah. Najplitvejše žarišče, v globini le 4 km, je imel potres 3. maja v ZDA (Washington). Najgloblji pa je bil potres 17. junija pod otočjem Flores, z žariščem v globini 587 km.

Literatura

Deterding, M. (redactor), Cecić, I., Šinkovec, M., Vidrih, R., Živčić, M., Mukavec, R., 1995. Preliminary seismological bulletin, No. 1-24. Geophysical Survey of Republic Slovenia, Ljubljana.

Dnevnik, 5. februarja 1996. Kitajsko provinco Junan prizadel najhujši potres v zadnjih osmih letih. Število žrtev vztrajno raste. Ob potresu, ki je porušil cele vasi in mesta, preživele povrhu vsega pesti še mraz.

Dnevnik, 18. februarja 1996. Po potresu visoki valovi.

Godec, M., Vidrih, R., Cecić, I., Razdejanje v Stonu in okolici. Dnevnik, 17. oktober 1996

Significant Earthquakes of the World, 1996. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center.

Vidrih, R., Godec, M., Cecić, I., 1997. Lanski potresi v dubrovniškem primorju. GEA, VII, januar 1997, 12-13, Ljubljana.

