

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
GEOFIZIČKI ODSJEK**

**POLIGON OS RH „EUGEN KVATERNIK” SLUNJ**

**REZULTATI PRAĆENJA LOKALNE SEIZMIČKE AKTIVNOSTI U  
2012. GODINI**

mr. sc. Ivo Allegretti, dipl.ing. fizike

Iva Dasović, dipl.ing. fizike

Tomislav Fiket, dipl.ing. fizike

prof. dr. sc. Davorka Herak, dipl.ing. fizike

prof. dr. sc. Marijan Herak, dipl.ing. fizike

mr. sc. Ines Ivančić, dipl.ing. fizike

Krešimir Kuk, dipl. ing. fizike

mr. sc. Vlado Kuk, dipl.ing. fizike

mr. sc. Krešimir Marić, dipl.ing. fizike

doc. dr. sc. Snježana Markušić, dipl.ing. fizike

Snježan Prevolnik, dipl.ing. fizike

mr. sc. Ivica Sović, dipl.ing. fizike

dr. sc. Josip Stipčević, dipl.ing. fizike

Zagreb, rujan 2013.

Voditelj Projekta:

mr. sc. Vlado Kuk, dipl.ing. fizike

## **SADRŽAJ**

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2. METODE RADA</b>	<b>2</b>
<b>3. REZULTATI RADA</b>	<b>6</b>
<i>3.1. Potresi epicentralnih udaljenosti         do 50 km od Slunja</i>	13
<i>3.2. Potresi epicentralnih udaljenosti         od 50 do 100 km od Slunja</i>	17
<i>3.3. Lokalni potresi na području Slunja         locirani u razdoblju od 1. siječnja 2007. godine         do 31. prosinca 2012. godine</i>	22
<b>4 . ZAKLJUČAK</b>	<b>26</b>
<b>5. LITERATURA</b>	<b>29</b>

## **1. UVOD**

Temeljem Okvirnog sporazuma između Ministarstva obrane Republike Hrvatske i Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu sklopljen je Ugovor o nabavi usluge praćenja stanja okoliša - seismološki monitoring na VP „E. Kvaternik” Slunj. Time su krajem 2006. godine počela istraživanja lokalne seizmičnosti Poligona i okolice. Primarni cilj istraživanja bio je ne samo upotpunjavanje saznanja o recentnoj seizmičkoj i seismotektonskoj aktivnosti šireg prostora oko Poligona nego i mogućnost eliminiranja eventualnih dilema o pojavi šteta na civilnim objektima šireg područja oko Poligona, kao i egzaktnog odgovora na pitanje uzroka potencijalno nastalih oštećenja.

Instrumentalno praćenje lokalne seizmičke aktivnosti na seismološkoj postaji Slunj na Kuranovom vrhu provedeno je tijekom 2012. godine kao nastavak navedenih istraživanja.

Seizmološka postaja Slunj je od samog početka rada opremljena modernim digitalnim širokopojasnim trokomponentnim seismografom engleske firme Guralp. S obzirom na tehničke karakteristike, ovakav visokoosjetljivi seismograf omogućuje precizno i jednoznačno određivanje osnovnih parametara potresa lokalnog područja oko Poligona.

U ovoj Studiji prikazuju se rezultati rada navedene postaje u 2012. godini.

## 2. METODE RADA

Od samog početka rada seizmološka postaja Slunj na Kuranovom vrhu opremljena je digitalnim mjernim sustavom engleskog proizvođača Guralp System Ltd. U razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine na postaji je bio postavljen širokopojasni trokomponentni seismometar tipa *CMG-3ESP*, 24-bitni analogno digitalni (AD) pretvornik tipa *CMG-DM24 S3* te GPS (Global Positioning System) vremenski modul. Seismometar ima jedan vertikalni i dva horizontalna senzora koji su međusobno ortogonalni s točnošću većom od 0.1 stupnja. Takva konstrukcija omogućava istovremeno mjerjenje gibanja tla u smjerovima gore-dolje (Z), sjever-jug (N-S) i istok-zapad (E-W). Instrument radi po principu naponske vase, koristeći silu povratne sveze za uravnoteženje mase njihala za vrijeme gibanja uzrokovanih potresom. Time je u području frekvencija od 0.03 do 50 Hz postignut ravan frekvencijski odziv instrumenta u odnosu na brzinu gibanja tla. Dakle, instrument frekventno prekriva gotovo cijelo područje gibanja tla izazvanog potresima i k tome bilježi sve tri prostorne komponente gibanja istovremeno. Linearnost je zadovoljena u području preko 100 dB, a dinamički raspon veći je od 140 dB.

Senzori seismometra kao izlazni signal daju električni napon koji je proporcionalan brzini gibanja tla. Takav analogni signal zatim se digitalizira pomoću 24-bitnog trokanalnog AD pretvornika. Vremenski niz mjerenih podataka uzorkovan je s frekvencijom uzorkovanja od 50 Hz, dok je za vrijeme potresa („trigger“ mod) frekvencija uzorkovanja postavljena na 200 Hz što omogućuje prikupljanje većeg broja podataka za analizu. Na AD pretvornik priključen je GPS prijemnik koji daje vremensku bazu pomoću koje pripadni mikroprocesor u pretvorniku svakom pojedinom uzorku iz vremenskog niza mjerenih podataka pridjeljuje točno vrijeme. Tako dobiveni digitalizirani podaci pohranjuju se na računalo i spremni su za daljnju računalnu obradu.

Kako bi se osigurao što dulji neprestani rad instrumenta, na postaji je postavljen sustav autonomnog napajanja koji omogućuje rad opreme u slučaju nestanka električne struje (npr. zbog udara groma, radova na održavanju mreže i sl.). Time je osiguran neprekidni rad instrumenta kroz razdoblje od par dana. Nakon povratka struje kao izvor napajanja ponovno se koristi javna gradska mreža.

Prijenos podataka u približno realnom vremenu u centar za obradu seismoloških podataka koji se nalazi na Geofizičkom odsjeku PMF-a u Zagrebu ostvaren je putem satelitskog interneta. Na taj način omogućena je još bolja kontrola rada seismološke postaje Slunj.

Digitalni zapisi seismograma seismološke postaje Slunj analizirani su programom SANDI2 koji je u tu svrhu razvijen na Geofizičkom zavodu. Točno vrijeme je primano GPS uređajem, a nastupna vremena su mjerena točno do na 0.001 s.

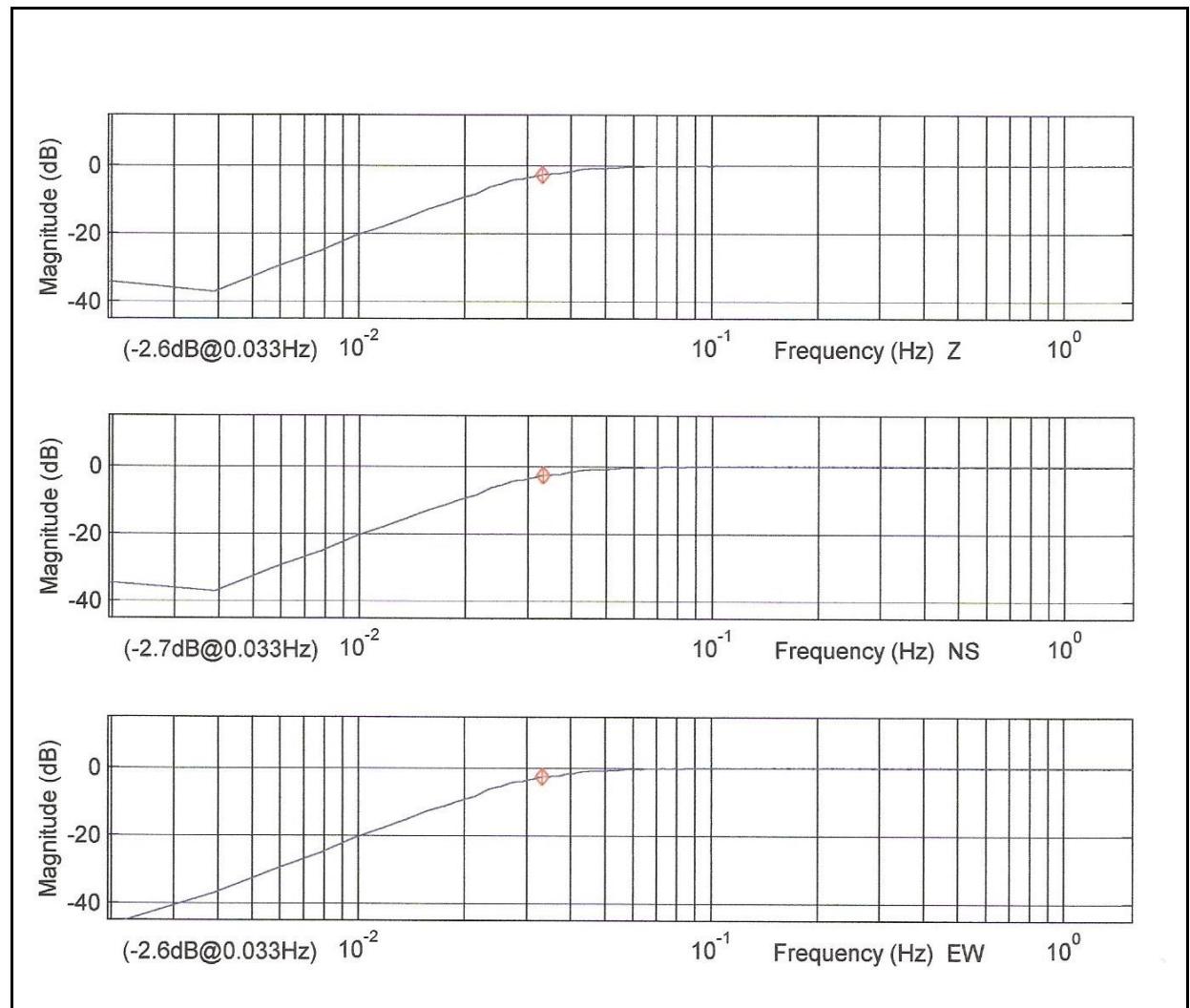
Osnovni parametri potresa (koordinate epicentra, dubina žarišta, vrijeme nastanka potresa) računati su HYPOSEARCH programom (Herak, 1989), pri čemu su uz registraciju seismografa na Poligonu, korišteni podaci stalnih i privremenih seismoloških postaja na području Republike Hrvatske, kao i svi dostupni podaci postaja iz susjednih i drugih država.

Tijekom 2011. godine, uslijed zahtjeva MORH-a izvršeno je izmjještanje postaje s dotadašnje lokacije (Čatrnja) na novu lokaciju (Kuranov vrh), gdje se i trenutno nalazi.

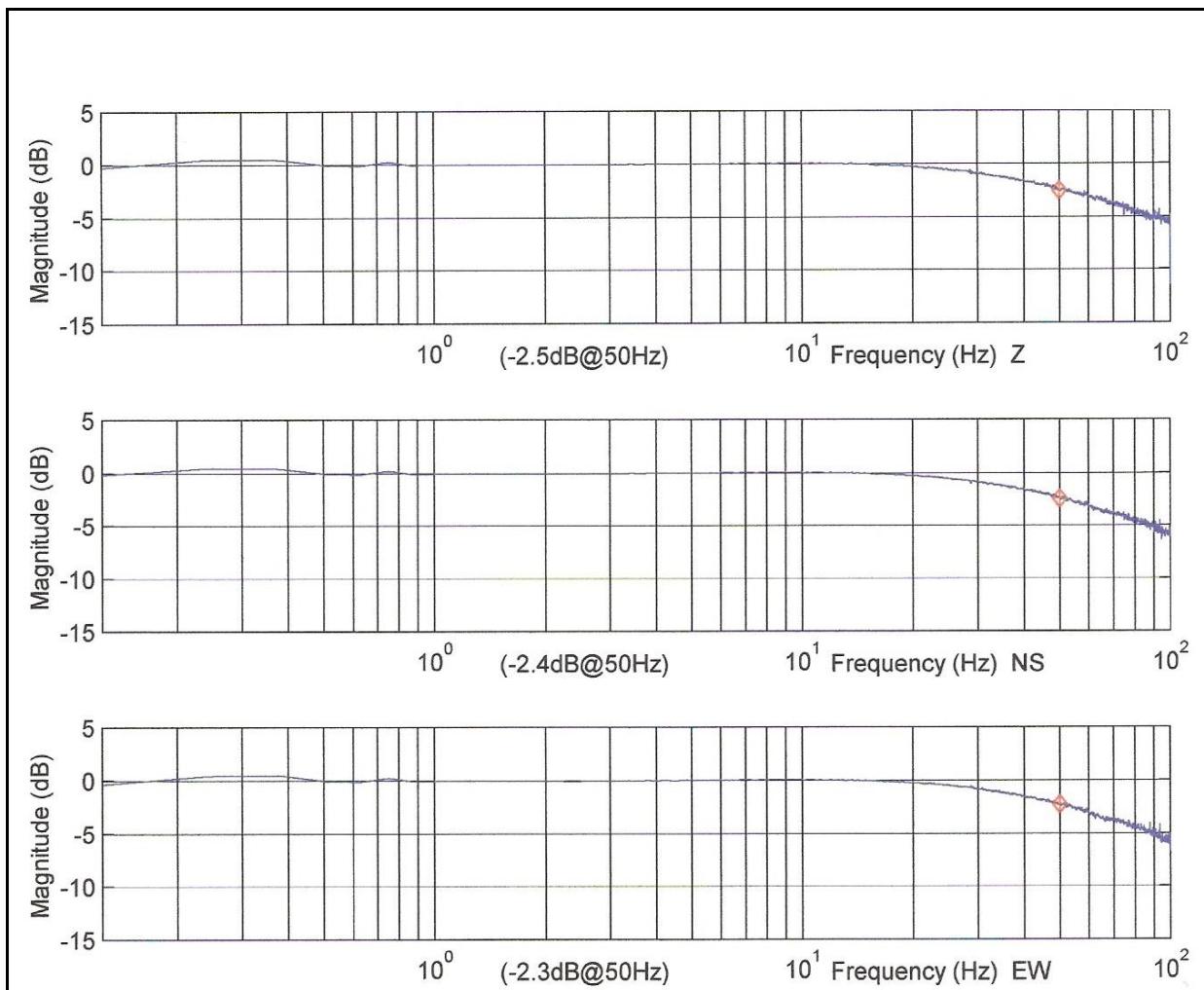
Do 2011. godine za potrebe istraživanja lokalne seizmičnosti Poligona radila je i seismološka postaja Kukača. Prestankom rada te postaje smanjena je kvaliteta i mogućnost detaljnijeg izučavanja lokalne seizmičnosti Poligona.

Magnituda potresa određuje se na temelju maksimalne amplitude brzine osciliranja tla. Sama se amplituda očitava iz registracije potresa pa je nužno poznavati povećanje seismometra pri svakom periodu osciliranja tla. Takva frekventna karakteristika, definirana kao ovisnost odnosa registrirane amplitude i amplitude brzine gibanja tla o pripadnoj frekvenciji, prikazana je krivuljom dinamičkog povećanja instrumenta u odnosu na brzinu. Zbog velike dinamike digitalnog mjernog sustava postavljenog na postaji Slunj, krivulja dinamičkog povećanja instrumenta u odnosu na brzinu prikazana je u logaritamskom mjerilu. Uobičajena je praksa zasebno prikazati niskofrekventni i visokofrekventni dio te krivulje zbog širokog pojasa frekvencija unutar kojeg seismometar može registrirati gibanje tla. Prikazana je

krivulja dinamičkog povećanja u odnosu na brzinu seizmometra postavljenog na seizmološkoj postaji Slunj (slike 2.1.a. i 2.1.b.).



**Slika 2.1.a.** Krivulja dinamičkog povećanja u odnosu na brzinu u niskofrekventnom području za seismometar postavljen na seizmološkoj postaji Slunj na vojnom poligonu „Eugen Kvaternik”.



**Slika 2.1.b.** Krivulja dinamičkog povećanja u odnosu na brzinu u visokofrekventnom području za seizmometar postavljen na seismološkoj postaji Slunj na vojnom poligonu „Eugen Kvaternik”.

Instrument postavljen na seismološkoj postaji Slunj namijenjen je radu u terenskim uvjetima. Unatoč tome za uredan i kvalitetan rad nužan je obilazak, kontrola ispravnosti rada i umjeravanje seizmometra od strane stručne osobe, što je redovito obavljano tijekom 2012. godine. Pri umjeravanju seizmometra provjeravalo se odstupanje od tvorničkih krivulja. Umjeravanje je izvođeno koristeći metodu simulacije potresa sinusnom strujom iz AD pretvornika (Willmore, 1959) ili je bila primijenjena funkcija skoka akceleracije na njihalo seizmometra (Wielandt, 2002).

### **3. REZULTATI RADA**

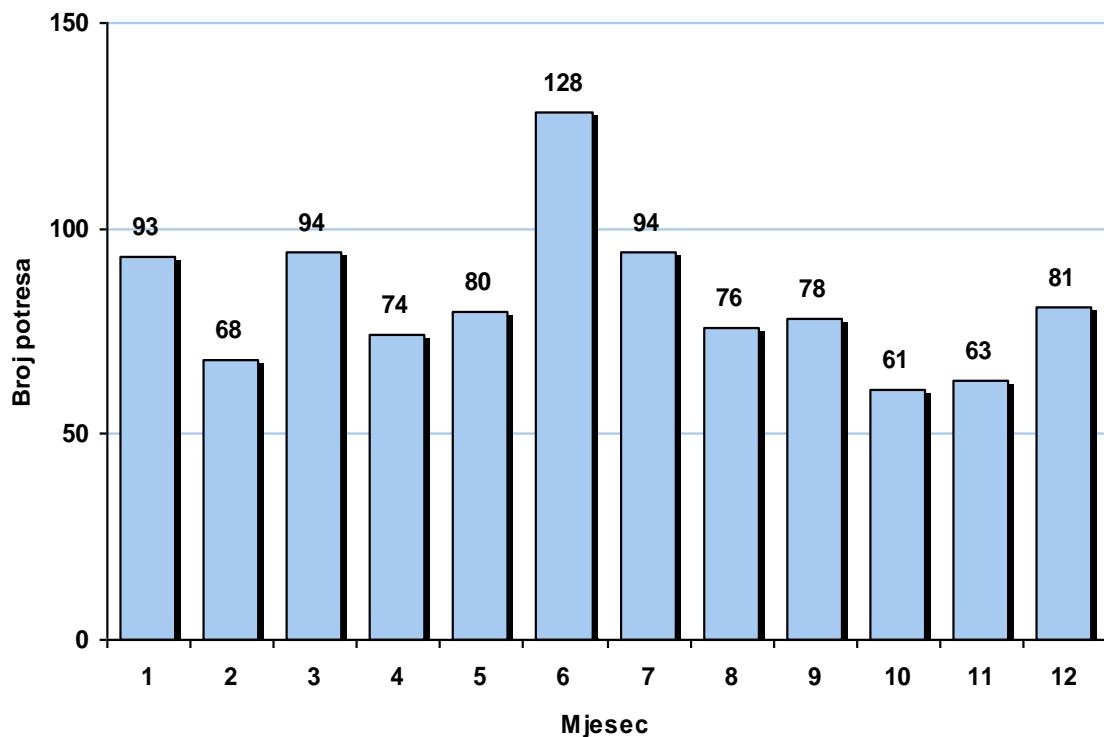
Iz Kataloga potresa Hrvatske i susjednih područja, koji je sačinjen na temelju zapisa seismografa Slunj (smještenog unutar Poligona na Kuranovom vrhu) te ostalih naših i inozemnih seismoloških postaja, izdvojeni su potresi locirani unutar kruga radiusa 100 km oko seismološke postaje Slunj (u dalnjem tekstu samo Slunj), a koji su se dogodili u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine. Locirani potresi razdijeljeni su u dvije grupe prema epicentralnim udaljenostima. Prva grupa obuhvaća **bliže lokalne** potrese do 50 km epicentralne udaljenosti, dok druga grupa obuhvaća **dalje lokalne** potrese od 50 do 100 km epicentralne udaljenosti.

Tijekom 2012. godine unutar kruga radiusa 100 km oko Slunja locirano je sveukupno 990 potresa. Od toga je:

- **183** potresa iz epicentralnih udaljenosti do 50 km i
- **807** potresa iz epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km.

Analizom vremenske i prostorne raspodjele lociranih lokalnih potresa stječe se kvalitetniji i temeljitiji uvid u najosnovnije značajke lokalne seizmičnosti promatranog područja.

**1. - Mjesečna razdioba čestina potresa** lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine prikazana je u obliku histograma na slici 3.1. Broj potresa lociranih po pojedinim mjesecima varira od 61 potresa, koliko je locirano tijekom listopada do 128 potresa, koliko je locirano tijekom lipnja. Prema broju lociranih potresa seizmička aktivnost bila je nešto veća u prvom polugodištu tijekom kojega je locirano 537 od ukupno 990 potresa u 2012. godini. U drugom polugodištu, seizmička se aktivnost prema broju lociranih potresa smanjuje (453 locirana potresa), posebice tijekom mjeseci listopada i studenog. Varijabilnost broja lociranih potresa po mjesecima izraženija je tijekom prvog polugodišta, posebice zbog lipnja koji predstavlja mjesec s najviše lociranih potresa tijekom 2012. godine.



**Slika 3.1.** Histogram razdiobe lokalnih potresa po mjesecima iz epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja, lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine.

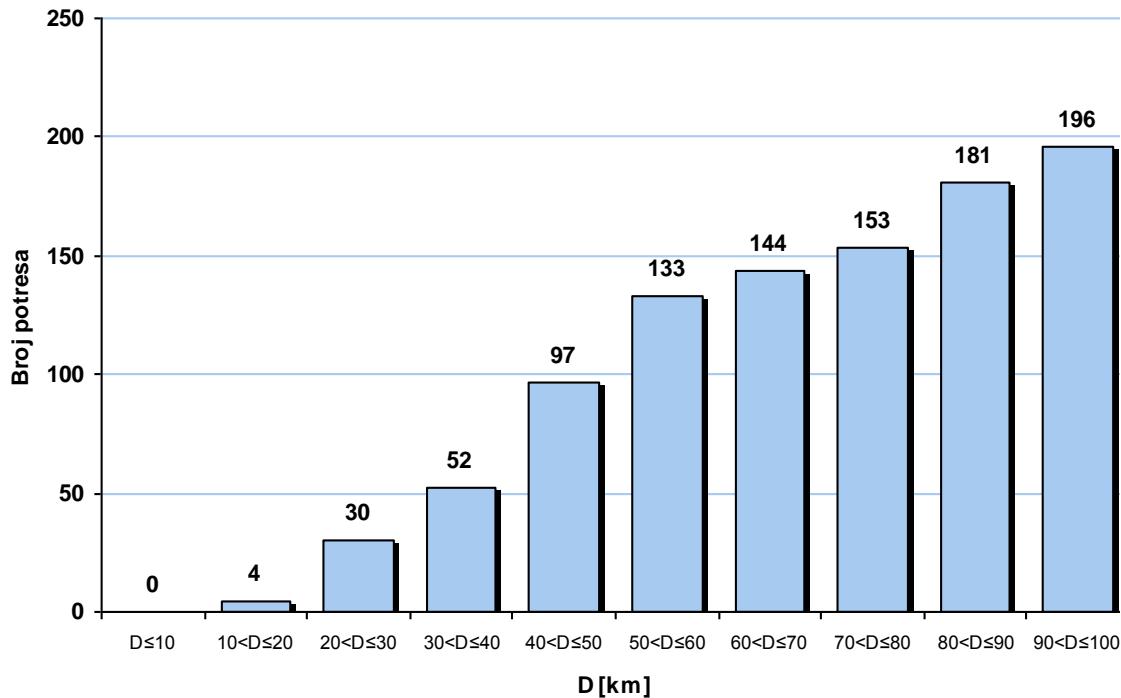
Mjesečna razdioba potresa po epicentralnim udaljenostima (bliži i dalji lokalni potresi) prikazana je u tablici 3.1. Kao što je bio slučaj i prethodnih godina uključenih u ovo istraživanje, postoji velika razlika u udjelu bližih i daljih lokalnih potresa u ukupnom broju potresa. Naime, vidljivo je kako je tijekom svih mjeseci broj daljih lokalnih potresa puno veći od broja bližih lokalnih potresa. Navedeno je jednim dijelom posljedica činjenice kako se seizmički najaktivnija područja nalaze upravo unutar epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km od Slunja. S druge pak strane, takva opažena razlika u broju bližih i daljih lokalnih potresa posljedica je činjenice kako je seizmološka postaja Slunj jedina postaja unutar područja epicentralnih udaljenosti do 50 km od Slunja. Iz tog je razloga znatno smanjena mogućnost registriranja i lociranja slabijih potresa koji se dogode unutar tog područja, a koji ujedno čine i većinu lociranih potresa. Broj bližih lokalnih potresa po pojedinim mjesecima kreće se u rasponu 7 (prosinac) do 31 (lipanj) lociranog potresa, dok se broj daljih lokalnih potresa kreće u rasponu od 51 (listopad) do 97 (lipanj) lociranih potresa.

**Tablica 3.1.** *Mjesečna razdioba čestina lokalnih potresa po epicentralnim udaljenostima D (km) od Slunja, lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine.*

Mjesec	0<D≤50	50<D≤100	Ukupno
Siječanj	16	77	93
Veljača	15	53	68
Ožujak	21	73	94
Travanj	11	63	74
Svibanj	16	64	80
Lipanj	31	97	128
Srpanj	13	81	94
Kolovoz	18	58	76
Rujan	16	62	78
Listopad	10	51	61
Studeni	9	54	63
Prosincac	7	74	81
<b>Ukupno</b>	<b>183</b>	<b>807</b>	<b>990</b>

**2. - Histogram čestina potresa** po epicentralnim udaljenostima do 100 km od Slunja, lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine, prikazan je na slici 3.2. Odabrana širina razreda epicentralnih udaljenosti iznosi 10 km. Kao i prethodnih godina, nastavlja se trend generalnog porasta broja lociranih potresa unutar pojedinog razreda kako razredi obuhvaćaju veće epicentralne udaljenosti. Nadalje, seizmička aktivnost prema broju lociranih potresa znatno je manje izražena unutar područja epicentralnih udaljenosti do 50 km, a postaje sve izraženija unutar područja epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km od Slunja. U području epicentralnih udaljenosti do 50 km locirano je svega 183 potresa, što čini tek 18.5 % od ukupnog broja lociranih potresa. U području epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km locirano je 807 potresa, što čini 81.5 % od ukupnog broja potresa. Slična prostorna razdioba potresa po razredima epicentralnih udaljenosti vidljiva je i u Izvještajima iz prošlih godina (vidi poglavlje 3.3), a posljedica je rasporeda seizmički najaktivnijih

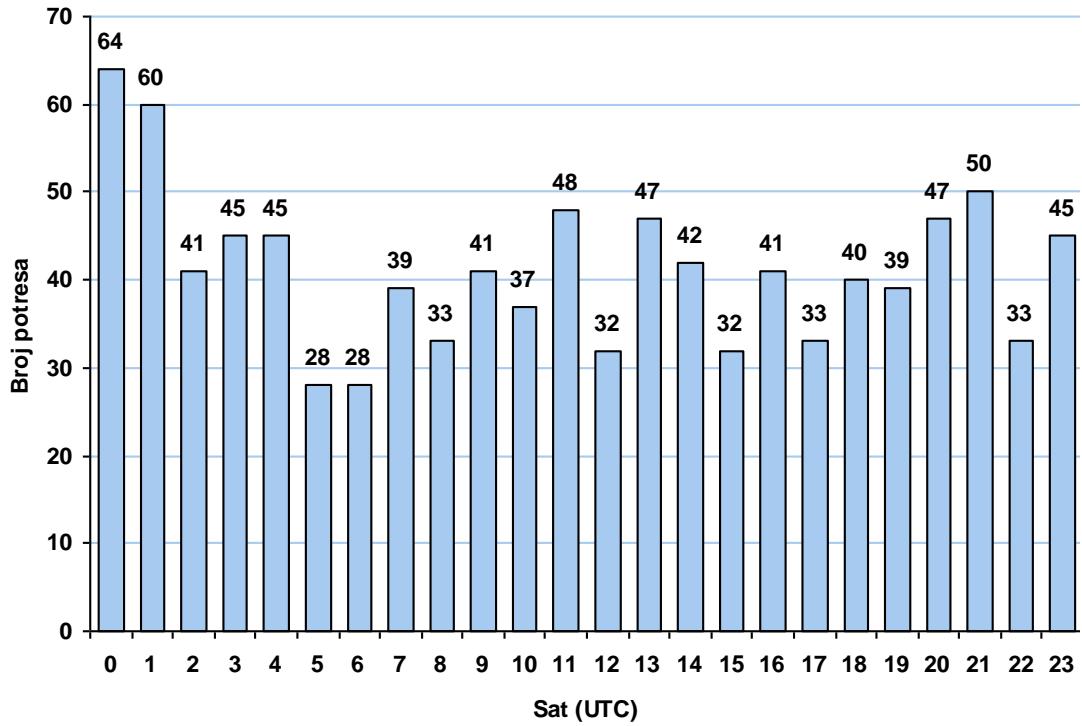
područja upravo na epicentralnim udaljenostima većim od 40 km, a koja obuhvaćaju područje od Rijeke do Senja, zatim područje Žumberak – Brežice – Krško i okolicu Novog Mesta u Sloveniji te Medvednicu.



**Slika 3.2.** Histogram čestina potresa po epicentralnim udaljenostima do 100 km od Slunja lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine.

**3. - Dnevni hod čestina potresa** lociranih unutar epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja, u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine prikazan je na slici 3.3. Dnevni hod čestina potresa daje korisne informacije o mogućim umjetno izazvanim potresima (eksplozijama). Takve umjetne potrese potrebno je prepoznati i izdvojiti prije provođenja analize kako bi se stekao što kvalitetniji uvid u stvarnu seizmičnost promatranog područja. Eksplozije uzrokuju slabe potrese čiji su seizmogrami slični seismogramima prirodnih potresa. Međutim, eksplozije je moguće razlikovati od prirodnih potresa na temelju analize prvih pomaka, ali samo ako ih je zabilježio veći broj seismografa raspoređenih ravnomjerno u sva četiri kvadranta oko mjesta gdje se događaju. Zbog prerijetke mreže seismografa i činjenice kako se radi o slabim potresima, eksplozije najčešće ne registrira dovoljan broj seismoloških postaja da bi ih se sa sigurnošću moglo identificirati. Stoga povećanje broja lociranih potresa

tijekom dana često može biti posljedica krive interpretacije eksplozija kao potresa. S druge pak strane, ako su žarišta potresa plitka, relativno blizu seismografa i malih magnituda, to može ukazivati na njihovo umjetno porijeklo.

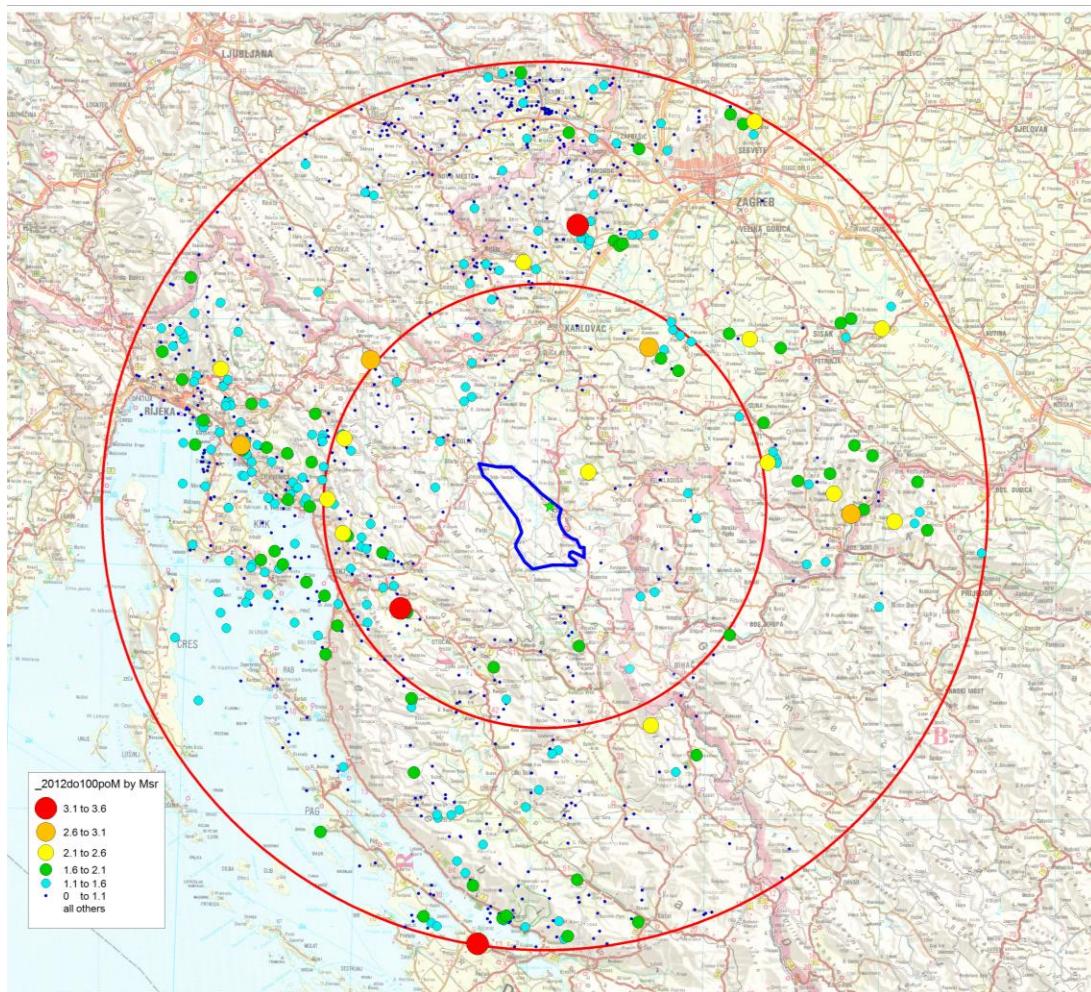


**Slika 3.3.** Dnevni hod čestina lokalnih potresa iz epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine.

Iz dnevnog hoda čestina potresa lociranih tijekom 2012. godine (slika 3.3.) vidljivo je da je broj lociranih potresa veći tijekom noćnih sati nego tijekom dnevnih sati. Jedan od uzroka leži u činjenici da je razina mikroseizmičkog nemira (koji zapravo predstavlja šum i smetnju) tijekom noći manja nego tijekom dana, što utječe na mogućnost kvalitetnijeg registriranja i lociranja slabijih potresa, a koji zapravo čine većinu lociranih potresa. Tijekom noćnih sati maksimalan broj potresa zabilježen je tijekom 0 i 1 sata (64, odnosno 60 potresa). Tijekom dnevnih sati uočava se povećanje broja lociranih potresa u razdoblju od 7 do 16 sata, s najvećim brojem potresa lociranih tijekom 11 i 13 sata kada je locirano 48, odnosno 47 potresa. Tijekom navedenog dnevnog razdoblja zabilježeno je samo pet potresa bliskih epicentralnih udaljenosti koji su imali iznimno malu dubinu žarišta (manju od 2 km) i male

magnitude, dok je u ostale sate broj tako bliskih i plitkih potresa zanemariv. Stoga se može zaključiti kako je utjecaj eksplozija na broj potresa sveden na minimum.

**4. - Karta epicentara potresa** lociranih unutar kruga radijusa 100 km od Slunja u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine prikazana je na slici 3.4.

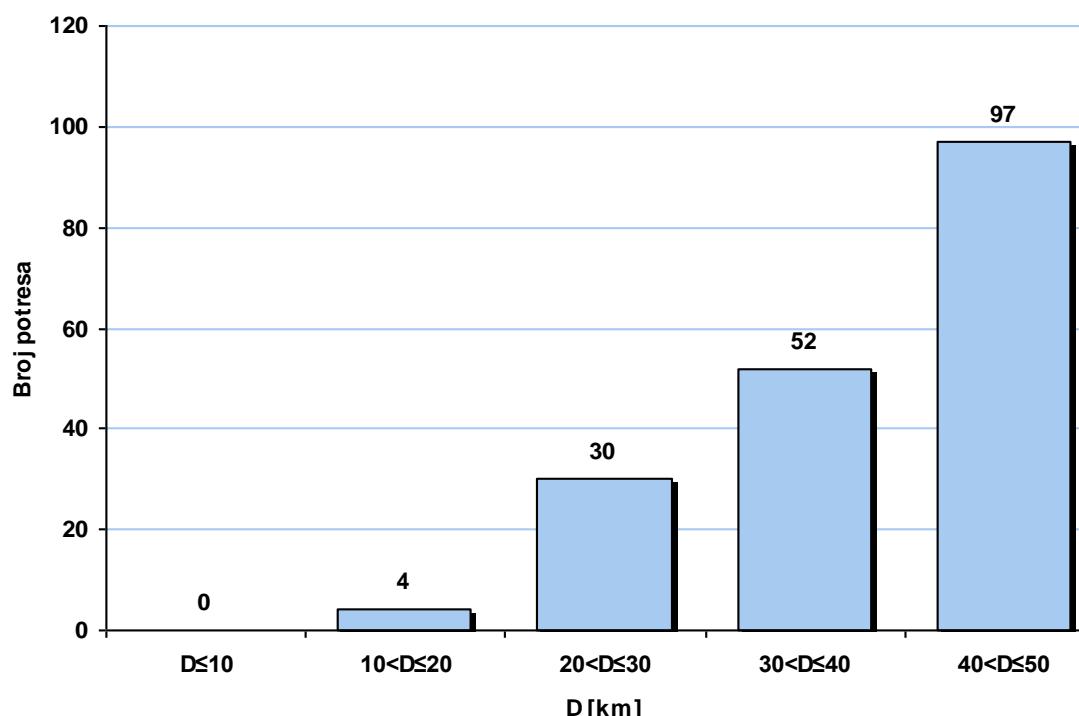


**Slika 3.4.** Karta epicentara potresa lociranih unutar kruga radijusa 100 km od Slunja u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine. Seizmološka postaja Slunj označena je zelenom zvijezdom. Granice poligona OS RH „Eugen Kvaternik“ Slunj iscrtane su plavom linijom. Crvene kružnice odgovaraju kružnicama radijusa 50 i 100 km od seizmološke postaje Slunj.

Karta predstavlja detaljni prikaz prostorne razdiobe epicentara potresa i na njoj se uočavaju područja na kojima se dogodila većina potresa tijekom 2012. godine. Ta područja obuhvaćaju područje Sjevernog Jadrana i Sjevernog Velebita između Rijeke i Senja, zatim područje Žumberak – Brežice – Krško te šire područje Novog Mesta u Sloveniji i Medvednicu. Najjači potres koji se dogodio unutar kruga radijusa 100 km od Slunja tijekom 2012. godine bio je magnitude  $M = 3.6$ , s epicentrom lociranim nedaleko Žute Lokve, u zaleđu Senja. Tijekom 2012. godine dogodila su se još dva potresa magnitude veće od 3: prvi, magnitude 3.4 s epicentrom lociranim kod mjesta Ražanac u zaleđu Zadra i drugi magnitude 3.2 s epicentrom lociranim kod Jastrebarskog.

### 3.1. Potresi epicentralnih udaljenosti do 50 km od Slunja

Od ukupno 990 potresa lociranih tijekom 2012. godine unutar kruga radijusa 100 km od Slunja, njih 183 (18.5%) bilo je iz područja epicentralnih udaljenosti do 50 km. Histogram čestina tih potresa prema epicentralnim udaljenostima prikazan je na slici 3.5.

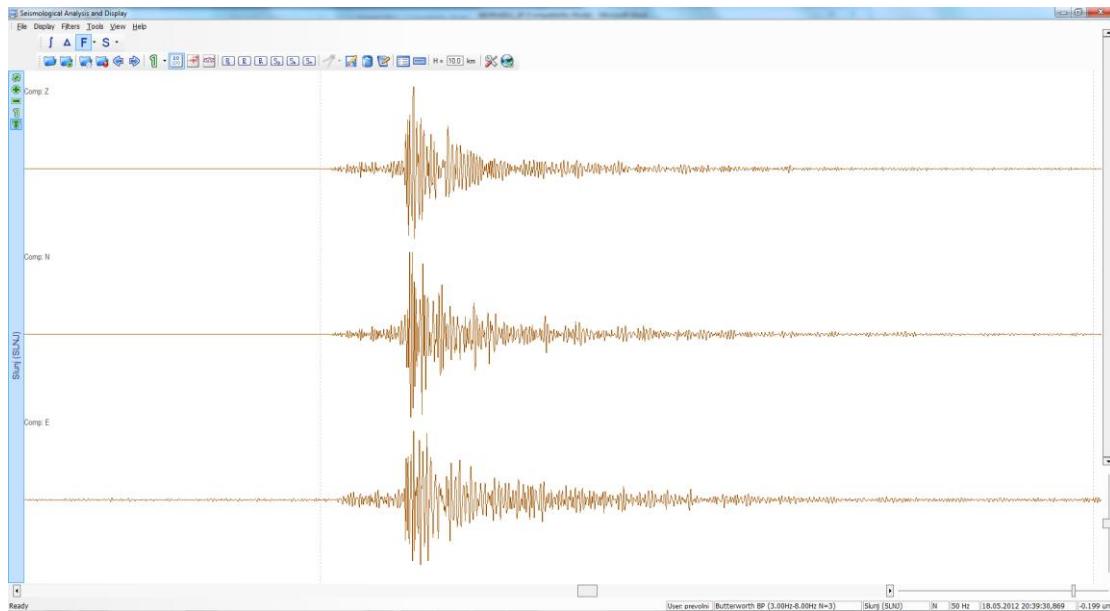


**Slika 3.5.** Histogram čestina potresa po epicentralnim udaljenostima do 50 km od Slunja lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine.

Seizmička aktivnost prema broju lociranih potresa vrlo je slabo izražena unutar područja epicentralnih udaljenosti do 20 km te postaje sve izraženija kako razredi obuhvaćaju veće epicentralne udaljenosti, što je bio slučaj i prethodnih godina uključenih u ovo istraživanje. Više od polovice svih potresa lociranih unutar kruga radijusa 50 km od Slunja locirano je unutar područja epicentralnih udaljenosti od 40 do 50 km, njih 97.

Kao seizmički najaktivnije područje unutar kruga radijusa 50 km od Slunja izdvaja se područje koje obuhvaća zaleđe Senja i Novog Vinodolskog. Unutar navedenog područja locirano je preko 1/3 svih potresa lociranih unutar promatranog područja epicentralnih udaljenosti. Također, na tom se području dogodio i najjači

potres unutar kruga radijusa 100 km od Slunja. Taj potres magnitude  $M=3.6$  dogodio se dana 18. svibnja 2012. godine u  $20^h 38^{min} 53.0^s$  (UTC) nedaleko Žute Lokve u senjskom zaleđu, na epicentralnoj udaljenosti od 41 km jugozapadno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.913^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.115^\circ\text{E}$ . Seizmogram ovog najjačeg potresa zabilježenog na seismološkoj postaji Slunj prikazan je na slici 3.6.



**Slika 3.6.** *Seizmogram potresa magnitude  $M = 3.6$  koji se dogodio 18. svibnja 2012. godine u  $20^h 38^{min} 53.0^s$  (UTC), epicentralne udaljenosti  $D = 41$  km jugozapadno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 44.913^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.115^\circ\text{E}$ , zabilježen na seismološkoj postaji Slunj.*

Izdvajanjem potresa s najvećim magnitudama stječe se uvid u energetske značajke seizmičnosti promatranog područja. Izdvojeni su potresi s magnitudom većom ili jednakom 2.0. Tijekom 2012. godine od ukupno 183 locirana potresa unutar kruga radijusa 50 km oko Slunja dogodilo se sedam takvih potresa.

Uz navedeni najjači potres u promatranom području epicentralnih udaljenosti, u zaleđu Senja i Novog Vinodolskog dogodila su se još 3 potresa magnitude veće ili jednake 2.0 (poredani po magnitudi od većeg prema manjem):

- 09. travnja 2012. godine u  $11^{\text{h}} 25^{\text{min}} 20.8^{\text{s}}$  (UTC), magnitude  $M = 2.6$ , epicentralne udaljenosti 47 km od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.065^{\circ}\text{N}$  i  $\lambda = 14.949^{\circ}\text{E}$ ,
- 12. srpnja 2012. godine u  $20^{\text{h}} 51^{\text{min}} 49.8^{\text{s}}$  (UTC), magnitude  $M = 2.4$ , epicentralne udaljenosti 49 km od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.257^{\circ}\text{N}$  i  $\lambda = 14.953^{\circ}\text{E}$  i
- 21. kolovoza 2012. godine u  $20^{\text{h}} 05^{\text{min}} 11.9^{\text{s}}$  (UTC), magnitude  $M = 2.2$ , epicentralne udaljenosti 50 km od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.134^{\circ}\text{N}$  i  $\lambda = 14.905^{\circ}\text{E}$ .

Na širem području Korduna dogodila su se dva potresa magnitude veće ili jednake 2. Prvi, jači potres magnitude  $M = 2.6$ , dogodio se na granici Korduna i Pokuplja 31. siječnja 2012. godine u  $08^{\text{h}} 09^{\text{min}} 54.6^{\text{s}}$  (UTC), na epicentralnoj udaljenosti od 42 km sjeveroistočno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.442^{\circ}\text{N}$  i  $\lambda = 15.829^{\circ}\text{E}$ . Drugi, slabiji potres magnitude  $M = 2.4$ , dogodio se nedaleko Slunja 24. srpnja 2012. godine u  $13^{\text{h}} 49^{\text{min}} 39.7^{\text{s}}$  (UTC), na epicentralnoj udaljenosti od 12 km sjeveroistočno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.189^{\circ}\text{N}$  i  $\lambda = 15.655^{\circ}\text{E}$ . To je ujedno bio i najbliži potres seizmološkoj postaji Slunj. Seizmogram tog najbližeg potresa zabilježenog na seizmološkoj postaji Slunj prikazan je na slici 3.7.

Unutar promatranog područja epicentralnih udaljenosti do 50 km od Slunja dogodio se još jedan potres magnitude veće ili jednake 2. Taj potres magnitude  $M = 2.2$  dogodio se na zapadnim obroncima Zrinske gore 28. travnja 2012. godine u  $04^{\text{h}} 46^{\text{min}} 44.9^{\text{s}}$  (UTC), na epicentralnoj udaljenosti od 50 km istok – sjeveroistočno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.208^{\circ}\text{N}$  i  $\lambda = 16.171^{\circ}\text{E}$ .

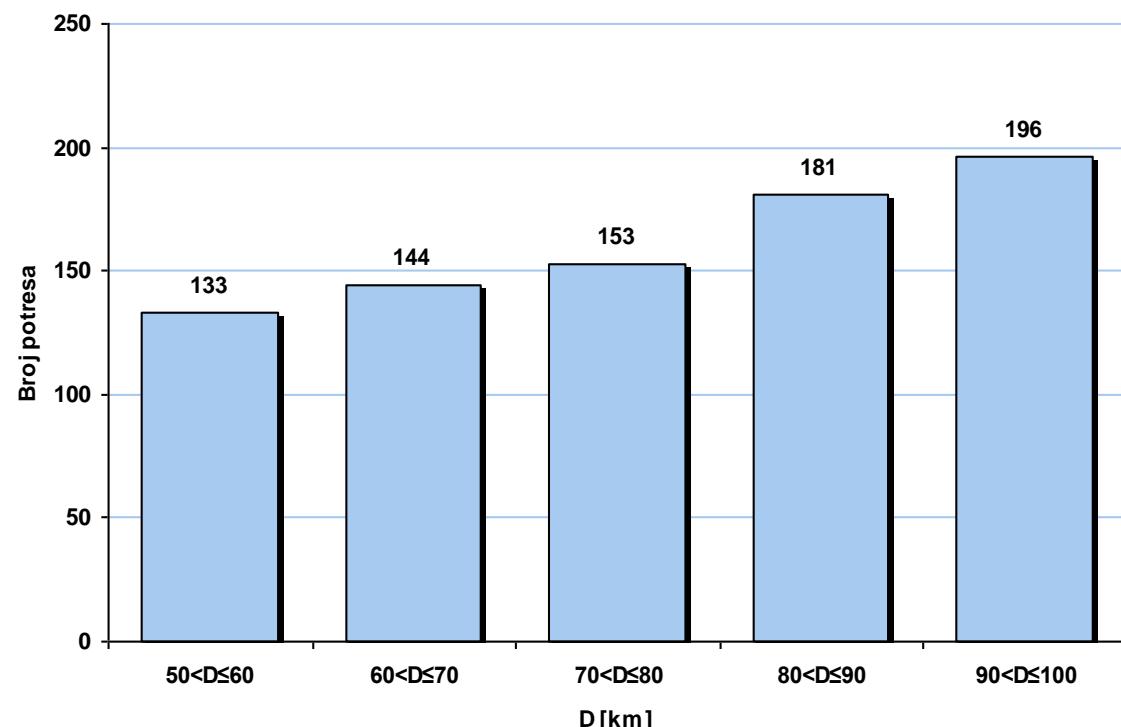


**Slika 3.7.** Seizmogram potresa magnitude  $M = 2.4$  koji se dogodio 24. srpnja 2012. godine u  $13^h\ 49^{min}\ 39.7^s$  (UTC), epicentralne udaljenosti  $D = 12$  km sjeveroistočno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 45.189^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.655^\circ\text{E}$ , zabilježen na seizmološkoj postaji Slunj.

S obzirom na energetsку karakteristiku seizmičnosti promatranog područja unutar kruga radijusa 50 km od Slunja, tijekom 2012. godine zabilježeno je najmanje potresa magnitude veće ili jednake 2 u razdoblju od kraja 2006. godine, od kada traju istraživanja lokalne seizmičnosti Poligona.

### 3.2. Potresi epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km od Slunja

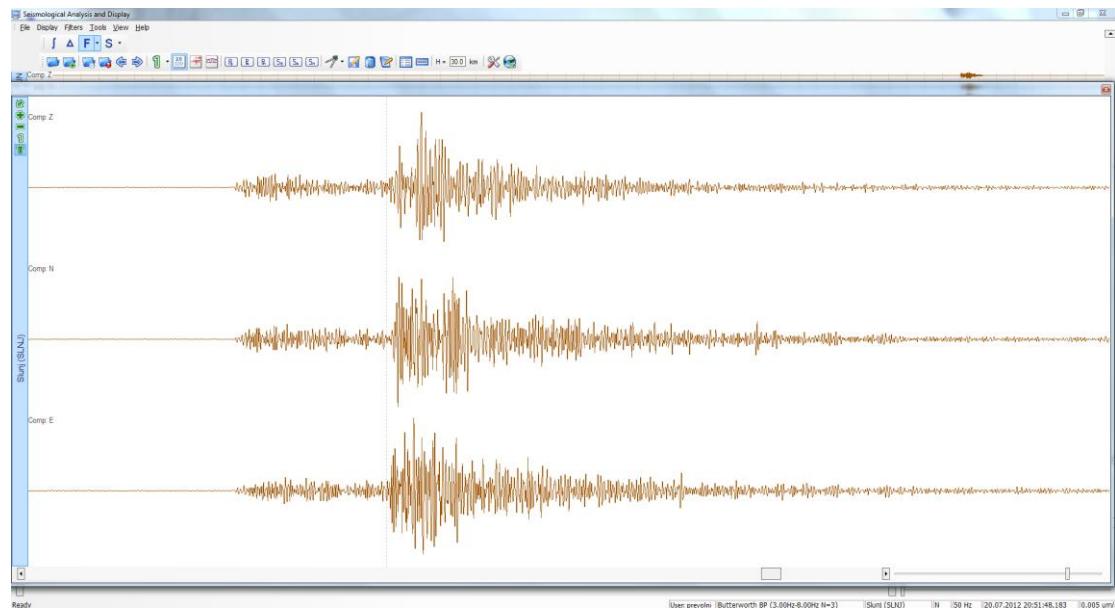
Od ukupno 990 potresa koji su locirani na cjelokupnom analiziranom području u 2012. godini, njih 807, odnosno 81.5%, pripada grupi daljih lokalnih potresa čija je epicentralna udaljenost između 50 i 100 km od Slunja. Na slici 3.8 prikazan je histogram čestina tih potresa s obzirom na epicentralnu udaljenost.



**Slika 3.8.** Histogram čestina potresa po epicentralnim udaljenostima  $D$  (km) od 50 do 100 km od Slunja lociranih u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine.

Seizmička aktivnost prema broju lociranih potresa postaje sve izraženija kako razredi obuhvaćaju veće epicentralne udaljenosti, što je bio slučaj i prethodnih godina uključenih u ovo istraživanje. Promatrajući kartu prostorne raspodjele potresa na slici 3.4, kao seizmički najaktivnija ističu se sljedeća područja: šire područje koje se proteže od Ilirske Bistrice preko Rijeke i Novog Vinodolskog do Senja, zatim područje Žumberak – Brežice – Krško te šire područje Novog Mesta u Sloveniji. Seizmički je aktivno bilo i područje koje se proteže od Pokupskog preko Siska prema Lonjskom polju te područje koje se proteže od Gline preko Zrinske gore do Prijedora u susjednoj Republici BiH. Najjači dalji lokalni potres bio je magnitude 3.4 i dogodio se

20. srpnja 2012. godine u  $20^h\ 51^{min}\ 33.7^s$  (UTC) u zadarskom zaleđu, nedaleko Ražanca, na epicentralnoj udaljenosti od 100 km jug-jugozapadno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.234^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.336^\circ\text{E}$ . Seizmogram navedenog potresa zabilježenog na seismološkoj postaji Slunj prikazan je na slici 3.9.



**Slika 3.9.** *Seizmogram najjačeg daljeg lokalnog potresa magnitude  $M = 3.4$  koji se dogodio 20. srpnja 2012. godine u  $20^h\ 51^{min}\ 33.7^s$  (UTC), epicentralne udaljenosti  $D = 100$  km jug-jugozapadno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 44.234^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 15.336^\circ\text{E}$ , zabilježen na seismološkoj postaji Slunj.*

Izdvajanjem potresa s najvećim magnitudama stječe se uvid u energetske značajke seizmičnosti promatranog područja. Izdvojeni su potresi s magnitudom većom ili jednakom 2.0. Tijekom 2012. godine od ukupno 807 daljih lociranih potresa dogodilo se 19 takvih potresa. U sljedećim odlomcima navodimo ih prema područjima u kojima su se dogodili.

U široj okolini Siska i Petrinje, locirana su tri potresa magnitude veće ili jednake 2.0, a navedeni su kronološki:

- 24. siječnja 2012. godine u  $10^h 40^{min} 49.2^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.479^\circ N$  i  $\lambda = 16.499^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 85 km,
- 26. kolovoza 2012. godine u  $21^h 38^{min} 26.8^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.3$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.458^\circ N$  i  $\lambda = 16.119^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 59 km,
- 24. listopada 2012. godine u  $14^h 47^{min} 2.9^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.0$ , sa zemljopisnim koordinatama  $\varphi = 45.500^\circ N$  i  $\lambda = 16.411^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 80 km.

U Pounju, u okolini Bosanskog Novog, dogodila su se četiri potresa magnitude veće ili jednake 2.0 (navedeni kronološki):

- 10. srpnja 2012. godine u  $8^h 46^{min} 17.2^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.0$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.169^\circ N$  i  $\lambda = 16.602^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 83 km,
- 24. kolovoza 2012. godine u  $20^h 21^{min} 15.4^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.4$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.089^\circ N$  i  $\lambda = 16.535^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 78 km,
- 17. listopada 2012. godine u  $4^h 29^{min} 28.7^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.7$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.104^\circ N$  i  $\lambda = 16.411^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 68 km,
- 12. studenog 2012. godine u  $12^h 28^{min} 22.8^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.4$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.145^\circ N$  i  $\lambda = 16.361^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 64 km.

U okolini Ozlja i Jastrebarskog, locirana su dva potresa magnitude veće ili jednake 2.0 (navedeni kronološki):

- 3. siječnja 2012. godine u  $14^h 54^{min} 48.7^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.614^\circ N$  i  $\lambda = 15.469^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 55 km i

- 8. rujna 2012. godine u  $20^h 31^{min} 6.4^s$  (UTC), magnitude  $M = 3.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.689^\circ N$  i  $\lambda = 15.624^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 63 km, koji je ujedno i drugi najjači potres na udaljenostima od 50 do 100 km od seizmološke postaje Slunj.

Kod Kaština je lociran potres magnitude  $M = 2.3$  koji se dogodio 6. siječnja 2012. godine u  $7^h 24^{min} 44.6^s$  (UTC), sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.899^\circ N$  i  $\lambda = 16.133^\circ E$  na udaljenosti od 98 km od Slunja.

U širem riječkom području, locirana su četiri potresa magnitude veće ili jednake 2.0 (navедeni kronološki):

- 8. siječnja 2012. godine u  $3^h 10^{min} 1.1^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.6$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.416^\circ N$  i  $\lambda = 15.029^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 52 km,
- 20. siječnja 2012. godine u  $20^h 17^{min} 24.1^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.6$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.244^\circ N$  i  $\lambda = 14.656^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 71 km,
- 15. svibnja 2012. godine u  $19^h 21^{min} 9.4^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.1$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.433^\circ N$  i  $\lambda = 14.430^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 94 km,
- 21. lipnja 2012. godine u  $4^h 50^{min} 5.8^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.2$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.398^\circ N$  i  $\lambda = 14.598^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 80 km.

Jedan potres dogodio se u općini Udbina, u blizini mjesta Pećane. Imao je magnitudu 2.4, a dogodio se:

- 17. studenog 2012. godine u  $13^h 28^{min} 50.9^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.4$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.676^\circ N$  i  $\lambda = 15.835^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 54 km.

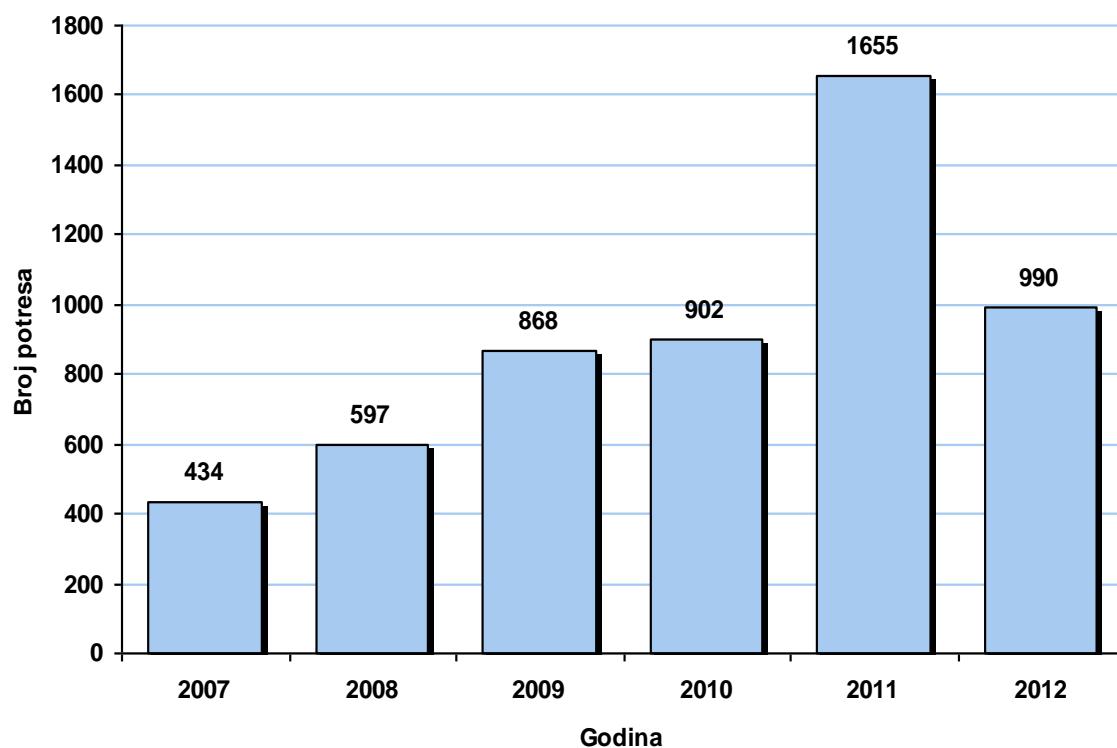
U okolici Starigrada i Paklenice, tj. u širem Zadarskom području dogodila su se četiri potresa magnitude veće ili jednake 2.0 (navedeni kronološki):

- *13. lipnja 2012. godine u  $6^h 17^{min} 55.0^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.0$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.364^\circ N$  i  $\lambda = 15.623^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 84 km,*
- *20. srpnja 2012. godine u  $20^h 51^{min} 33.7^s$  (UTC), magnitude  $M = 3.4$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.234^\circ N$  i  $\lambda = 15.336^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 100 km, koji je ujedno i najjači potres na udaljenostima od 50 do 100 km od seizmološke postaje Slunj,*
- *1. kolovoza 2012. godine u  $14^h 42^{min} 33.3^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.0$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.250^\circ N$  i  $\lambda = 15.596^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 97 km,*
- *31. prosinca 2012. godine u  $11^h 37^{min} 48.9^s$  (UTC), magnitude  $M = 2.1$ , sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.278^\circ N$  i  $\lambda = 15.799^\circ E$  i epicentralne udaljenosti 96 km.*

Tijekom 2012. godine zabilježeno je smanjenje ukupnog broja lociranih potresa, kao i smanjenje broja potresa čija magnituda premašuje 2.0, u odnosu na prethodnu godinu.

### 3.3. Lokalni potresi na području Slunja locirani u razdoblju od 1. siječnja 2007. godine do 31. prosinca 2012. godine

U razdoblju od 1. siječnja 2007. do 31. prosinca 2012. godine locirano je sveukupno **5446 potresa** iz epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja. Histogram čestina tih potresa po godinama prikazan je na slici 3.10.

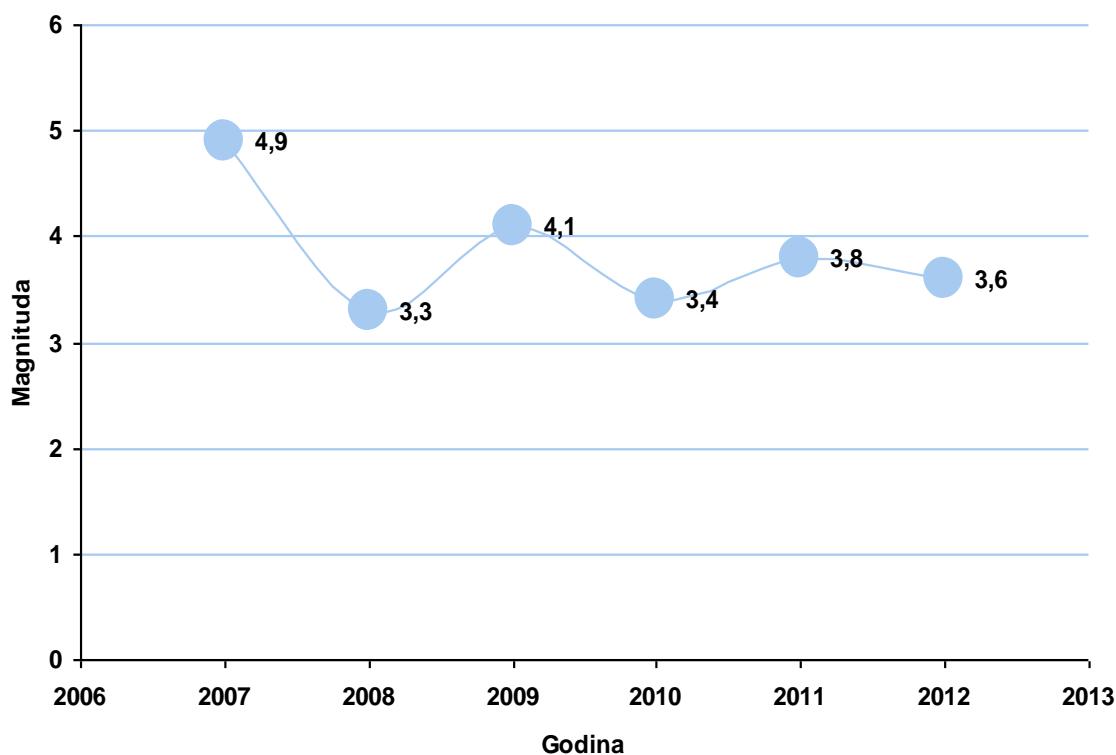


**Slika 3.10.** Histogram čestina lociranih potresa po godinama unutar kruga radijusa 100 km od Slunja u razdoblju od 1. siječnja 2007. godine do 31. prosinca 2012. godine.

U razdoblju u kojem traju istraživanja lokalne seizmičnosti područja oko Poligona, 2011. godina i dalje ostaje godina s najvećim brojem lociranih potresa. Broj potresa lociranih tijekom 2012. godine znatno je manji od broja potresa lociranih tijekom prethodne 2011. godine, ali je veći od broja potresa lociranih tijekom prethodnih godina. Stoga se može reći kako je i dalje prisutan generalni trend porasta broja lociranih potresa po pojedinim godinama istraživanja. Ovaj porast dijelom je posljedica stalnog poboljšanja instrumentalnog praćenja seizmičnosti i unaprjeđenja

programa i aplikacija za lociranje potresa, a dijelom je posljedica porasta seizmičke aktivnosti šireg lokalnog područja Slunja u promatranom razdoblju.

Na slici 3.11. prikazane su magnitude najjačih lokalnih potresa po pojedinim godinama u promatranom razdoblju s ciljem uvida u energetske karakteristike seizmičnosti promatranog područja. Najjači potres magnitude 4.9 dogodio se 2007. godine, a tijekom koje je ujedno locirano najmanje potresa, njih samo 434.



**Slika 3.11.** Maksimalne magnitudo lokalnih potresa lociranih unutar kruga radijusa 100 km od Slunja u razdoblju od 1. siječnja 2007. do 31. prosinca 2012. godine.

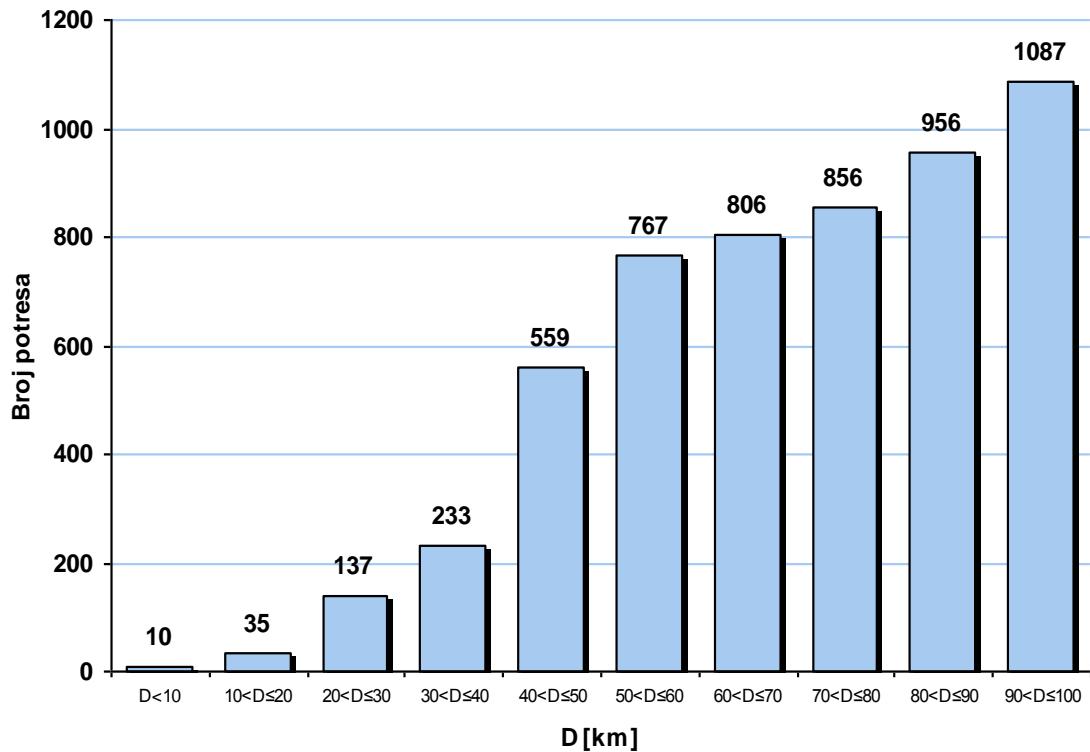
Lokalni potresi najveće magnitude unutar promatranog vremenskog razdoblja po godinama dogodili su se:

- 5. veljače 2007. u  $8^h\ 30^m\ 04.5^s$  (UTC), magnitude  $M = 4.9$ , epicentralne udaljenosti  $D = 47$  km zapadno od Slunja, kod Drežnice, zemljopisnih koordinata epicentra  $\varphi = 45.070^\circ\text{N}$  i  $\lambda = 14.950^\circ\text{E}$ ,

- **23. svibnja 2008.** u  $11^h\ 09^m\ 25.5^s$  (UTC), magnitude  $M = 3.3$ , epicentralne udaljenosti  $D = 49\ km$  jug-jugoistočno od Slunja, nedaleko Korenice, zemljopisnih koordinata epicentra  $\phi = 44.713^\circ N$  i  $\lambda = 15.773^\circ E$ ,
- **21. lipnja 2009.** u  $10^h\ 54^m\ 37.1^s$  (UTC), magnitude  $M = 4.1$ , epicentralne udaljenosti  $D = 96\ km$  južno od Slunja, nedaleko Starigrad-Paklenice, zemljopisnih koordinata epicentra  $\phi = 44.261^\circ N$  i  $\lambda = 15.419^\circ E$ ,
- **3. studenog 2010.** u  $15^h\ 08^m\ 9.0^s$  (UTC), magnitude  $M = 3.4$ , epicentralne udaljenosti  $D = 68\ km$  sjeverno od Slunja, nedaleko Jastrebarskog, zemljopisnih koordinata epicentra  $\phi = 45.703^\circ N$  i  $\lambda = 15.796^\circ E$ ,
- **6. svibnja 2011.** u  $23^h\ 44^m\ 52.0^s$  (UTC), magnitude  $M = 3.8$ , epicentralne udaljenosti  $D = 42\ km$  zapad-jugozapadno od Slunja, u zaledju Senja, zemljopisnih koordinata epicentra  $\phi = 44.997^\circ N$  i  $\lambda = 15.023^\circ E$ ,
- **18. svibnja 2012.** u  $20^h\ 38^{min}\ 53.0^s$  (UTC), magnitude  $M = 3.6$ , epicentralne udaljenosti  $D = 41\ km$  jugozapadno od Slunja, zemljopisnih koordinata epicentra  $\phi = 44.913^\circ N$  i  $\lambda = 15.115^\circ E$ .

Za razdoblje od šest godina rada seizmografa (od 1. siječnja 2007. godine do 31. prosinca 2012. godine) na seismološkim postajama Slunj i Kukača načinjena je kumulativna razdioba lokalnih potresa po razredima epicentralne udaljenosti širine 10 km (Slika 3.12). Svaka godina tijekom koje se provode monitorska istraživanja seizmičnosti povećava uzorak lociranih potresa na temelju kojeg se izučava prostorna karakteristika seizmičnosti promatranog područja. Povećanjem uzorka, uvid u prostornu karakteristiku seizmičnosti promatranog područja postaje kvalitetniji i pouzdaniji. Uočava se kako broj lociranih potresa raste kako razredi obuhvaćaju veće epicentralne udaljenosti. Nadalje, prema broju lociranih potresa izdvajaju se dva područja epicentralnih udaljenosti. Prvo, koje obuhvaća epicentralne udaljenosti do 40 km od Slunja, okarakterizirano je znatno manjim brojem lociranih potresa. Drugo područje, koje obuhvaća epicentralne udaljenosti od 40 do 100 km, okarakterizirano je znatno većim brojem lociranih potresa. Takva razdioba broja potresa logičan je slijed prostornog rasporeda glavnih zona seizmičke aktivnosti unutar promatranog područja. Naime, glavne zone seismotektonske aktivnosti, a koje obuhvaćaju područje Sjevernog Jadrana i Sjevernog Velebita od Rijeke do Senja, zatim područje Žumberak

- Brežice – Krško i šire područje Novog Mesta u Sloveniji te Medvednicu, nalaze se upravo na tim udaljenostima.



**Slika 3.12.** Kumulativna razdioba lokalnih potresa po epicentralnim udaljenostima  $D$  (km) do 100 km od Slunja za razdoblje od 1. siječnja 2007. godine do 31. prosinca 2012. godine.

## **4. ZAKLJUČAK**

Koristeći zapise seizmografa u Slunju, te ostalih naših i inozemnih seizmoloških postaja, sačinjen je Katalog potresa koji predstavlja osnovu za analizu značajki lokalne seizmičke aktivnosti područja Poligona Slunj. Prema tom Katalogu, unutar kruga radijusa 100 km oko Slunja, u razdoblju od 1. siječnja do 31. prosinca 2012. godine **locirano je 990 potresa**, od kojih je:

- 183 iz epicentralnih udaljenosti do 50 km i
- 807 iz epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km.

**Od 183 potresa iz epicentralnih udaljenosti do 50 km** najveći broj (njih 97) potječe iz područja epicentralnih udaljenosti  $40 < D \leq 50$  km. Kao seizmički najaktivnije izdvaja se područje koje obuhvaća zaleđe Senja i Novog Vinodolskog. Unutar navedenog područja locirano je preko 1/3 svih bližih lokalnih potresa. Tijekom 2012. godine dogodilo se 7 potresa iz područja epicentralnih udaljenosti do 50 km oko Slunja magnituda većih ili jednakih 2.0, najmanje u promatranom razdoblju od kada traju istraživanja lokalne seizmičnosti područja oko Poligona.

**Najjači potres** unutar kruga radijusa 50 km od Slunja, ujedno i najjači u krugu do 100 km oko Slunja bio je magnitude  $M = 3.6$ , a dogodio se 18. svibnja 2012. godine u  $20^{\text{h}} 38^{\text{min}} 53.0^{\text{s}}$  (UTC), s epicentrom lociranim nedaleko Žute Lokve u senjskom zaleđu, na epicentralnoj udaljenosti od 41 km jugozapadno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.913^{\circ}\text{N}$  i  $\lambda = 15.115^{\circ}\text{E}$ .

**Najbliži potres** Slunju dogodio se 24. srpnja 2012. u  $13^{\text{h}} 49^{\text{min}} 39.7^{\text{s}}$  (UTC), na epicentralnoj udaljenosti od 12 km sjeveroistočno od Slunja, magnitude  $M = 2.4$  i sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 45.189^{\circ}\text{N}$  i  $\lambda = 15.655^{\circ}\text{E}$ .

**Od 807 potresa iz epicentralnih udaljenosti od 50 do 100 km** njih 19 imalo je magnitudu veću ili jednaku 2.0. Seizmičkom aktivnošću naročito se ističu sljedeća područja: šire područje koje se proteže od Ilirske Bistrice preko Rijeke i Novog Vinodolskog do Senja, zatim područje Žumberak – Brežice – Krško te šire područje Novog Mesta u Sloveniji. Seizmički je aktivno bilo i područje koje se proteže od

Pokupskog preko Siska prema Lonjskom polju te područje koje se proteže od Gline preko Zrinske gore do Prijedora u susjednoj Republici BiH.

Najjači dalji lokalni potres bio je magnitude 3.4 i dogodio se 20. srpnja 2012. godine u  $20^{\text{h}}\ 51^{\text{min}}\ 33.7^{\text{s}}$  (UTC) u zadarskom zaleđu, nedaleko Ražanca, na epicentralnoj udaljenosti od 100 km jug-jugozapadno od Slunja, sa zemljopisnim koordinatama epicentra  $\varphi = 44.234^{\circ}\text{N}$  i  $\lambda = 15.336^{\circ}\text{E}$ .

U 2012. godini **nije bilo potresa koji su se makroseizmički izraženije manifestirali na širemu području Slunja.**

U dosadašnjih šest godina rada seismografa postavljenih na privremenim seismološkim postajama Slunj i Kukača mogu se izvući neki konkretniji zaključci. U razdoblju **od 1. siječnja 2007. do 31. prosinca 2012. godine** sveukupno **je locirano 5446 potresa** iz epicentralnih udaljenosti do 100 km od Slunja. Tijekom 2011. godine locirano je najviše potresa, njih 1655. Iako je tijekom 2012. locirano manje potresa, može se zaključiti kako je i dalje prisutan generalni trend porasta broja lociranih potresa po pojedinim godinama istraživanja. Ovaj porast dijelom je posljedica stavnog poboljšanja instrumentalnog praćenja seizmičnosti i unaprjeđenja programa i aplikacija za lociranje potresa, a dijelom je posljedica porasta seizmičke aktivnosti šireg lokalnog područja Slunja u promatranom razdoblju. Lokalni potres najveće magnitude lociran je 2007. godine tijekom koje je ujedno locirano najmanje potresa. Iz razdiobe epicentara lokalnih potresa po epicentralnim udaljenostima u promatranom razdoblju, mogu se izdvojiti područja unutar kojih se dogodila većina potresa. Riječ je o područjima epicentralnih udaljenosti od 40 do 100 km od Slunja, unutar kojeg su epicentri velike većine potresa locirani u području Sjevernog Jadrana i Sjevernog Velebita od Rijeke do Senja, zatim u području Žumberak – Brežice – Krško i širem području Novog Mesta u Sloveniji te na Medvednici.

Dosadašnji rad seismografa u Slunjku, kojim se proteklih šest godina prati lokalna seizmičnost područja oko Poligona, pokazao je da je i **u nazužem lokalnom području oko Slunja prisutna izražena seizmička aktivnost** što je naglašavano i u prethodnim Izvješćima. Upravo ta činjenica ukazuje na potrebu nastavka rada seismološke postaje Slunj, kao i povratak seismološke postaje Kukača, čime bi se

opseg i mogućnost detaljnijeg izučavanja seizmičnosti užeg i šireg lokalnog područja oko Poligona bitno poboljšala. Time bi bila povećana mogućnost lociranja slabijih potresa epicentralnih udaljenosti do 50 km od same postaje, a koji predstavljaju vrlo vrijedan izvor podataka jer je za istraživanje seismoloških parametara za neku lokaciju najvažnija lokalna seizmičnost. Stoga je neophodno nastaviti seismološka istraživanja područja Poligona iz razloga što rezultati imaju veću težinu ako je vremenski niz mikroseizmičkih mjerena duži. To posljedično omogućava bolje određivanje relevantnih parametara potresa za buduća razdoblja. Time bi bila omogućena bolja i kvalitetnija analiza seizmičnosti s osnovnim ciljem utvrđivanja što egzaktnijih seismotektonskih modela koji su osnova za sve daljnje preventivne aktivnosti.

## **5. LITERATURA**

Herak, M. (1989):

HYPOSEARCH - An earthquake location program. Computers & Geosciences, Vol.15, No.7, 1157-1162.

Katalog potresa Hrvatske i susjednih područja. Arhiv Geofizičkog odsjeka Prirodoslovno – matematičkog fakulteta, Sveučilište u Zagrebu.

Kuk V. et al. (2008):

Poligon OS RH “Eugen Kvaternik” Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2007. godini. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Kuk V. et al. (2009):

Poligon OS RH “Eugen Kvaternik” Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2008. godini. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Kuk V. et al. (2010):

Poligon OS RH “Eugen Kvaternik” Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2009. godini. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Kuk V. et al. (2011):

Poligon OS RH “Eugen Kvaternik” Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2010. godini. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Kuk V. et al. (2012):

Poligon OS RH “Eugen Kvaternik” Slunj: Rezultati praćenja lokalne seizmičke aktivnosti u 2011. godini. Geofizički zavod PMF-a, Zagreb.

Prelogović, E., Kuk, V., Marić, K., Kuk, K. (2003):

Studija ciljanog sadržaja za Vojno vježbalište «Eugen Kvaternik» Slunj, Geomorfologija, Seizmotektonika i Seismologija

Wielandt, E. (2002):

Seismic sensors and their calibration. In „IASPEI New Manual of Seismological Practise“ P. Borman (Editor), Geoforschungs Zentrum, Potsdam

Willmore, P. L. (1959):

The application of the Maxwell impedance bridge to the calibration of the electromagnetic seismographs. Bull. Seism. Soc. Am., Vol.49, pp. 99-114.