

MREŽA POTRESNIH OPAZOVALNIC V SLOVENIJI

Peter Sinčič*, Renato Vidrih**

UDK 550.34 (497.12)

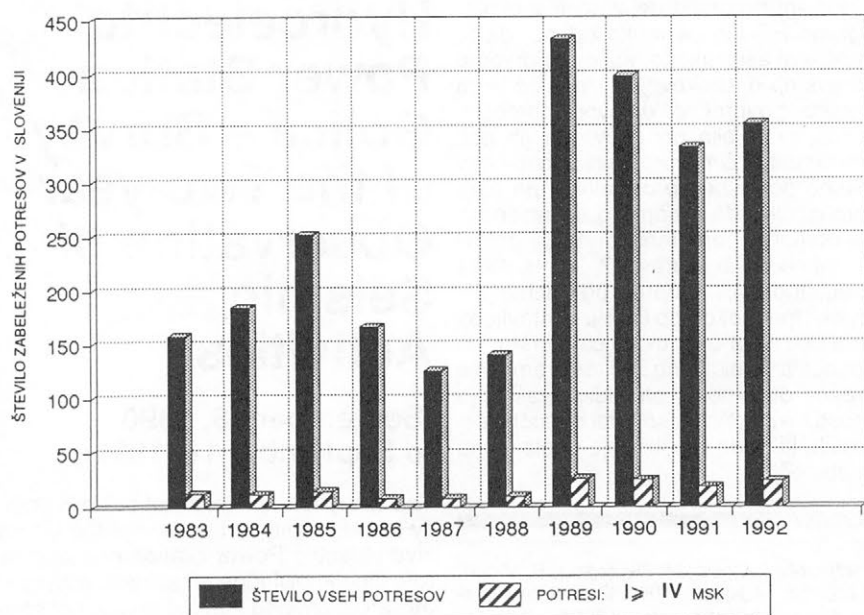
Poleg štirih stalnih potresnih opazovalnic, ki so na Golovcu v Ljubljani, pri Cerknici, na Vojskem in v Bojancih v Beli krajini, sta na celotnem območju Slovenije samo še dve prenosni opazovalnici, prva je postavljena v bližini JE Krško, druga poleg HE Golica. Observatorij seizmološkega zavoda na Golovcu v Ljubljani je edina postaja I. reda, kar pomeni, da je sestavni del svetovnega omrežja in da ustreza svetovnim standardom. Beleži kratkoperiodne in dolgoperiodne potresne valove na velikih razdaljah. Omrežje potresnih opazovalnic, ki jih načrtujemo, bi omogočilo bistveno kakovostnejše spremljanje potresne dejavnosti na ozemlju Slovenije in s tem natančnejše izračune potresnih parametrov, kot so geografske koordinate epicentra, globina potresnega žarišča in žariščni čas nastanka potresa. Vse to prispeva k izboljšanju poznavanja potresne nevarnosti in ogroženosti posameznih predelov Slovenije. Naše znanje o seizmičnosti slovenskega ozemlja bi se z izgradnjo regionalne in dveh lokalnih mrež bistveno povečalo, s tem pa tudi izboljšalo obveščanje javnosti in pristojnih organov.

Potres je naravni dogodek, katerega učinki so včasih lahko katastrofalni, zato je blažitev posledic potresa eden prvih ciljev človeka. Za doseg tega cilja s tehnološkimi sredstvi, to je s potresno varno gradnjo objektov, pa je treba poznati mehanizme nastanka potresov. Regionalna slika seizmičnosti, raziskovanje strukture zemeljske skorje, povezovanje potresnih žarišč z geološkimi lastnostmi, porazdelitev potresnih žarišč in na koncu določitev potresne ogroženosti na določenem območju temelji na meritvah seizmičnih pojavov.

Slovenija leži na dokaj aktivnem potresnem območju. V preteklosti je bilo na ozemlju Slovenije prek šestdeset rušilnih potresov. V zadnjih sto letih so bili najbolj odmevni potres leta 1895, ki je porušil del Ljubljane, brežiški rušilni potres leta 1917 in potres v Karnijskih Alpah leta 1976, ki je sicer imel epicenter v sosednji Italiji, vendar so njegovi učinki zajeli tudi slovensko ozemlje. Potres je povzročil škodo, ki je po ocenah znašala 6 % narodnega dohodka Slovenije. Diagram na sliki 1 prikazuje število registriranih potresov in število potresov četrte ali višje stopnje po MCS-lestevici, ki so nastali na ozemlju Slovenije v letih 1982–1992 (1). Seizmološki zavod Republike Slovenije razpolaga danes s štirimi stalnimi in dvema prenosnimi potresnimi opazovalnicama. Predvidena je razširitev omrežja merilnih postaj, ki naj bi zagotovila primerno pokrivanje celotnega ozemlja Slovenije. Razporeditev obstoječih in predvidenih novih opazovalnic z dvema lokalnima mrežama je prikazana na sliki 2.

ljubljskem potresu (2, 3, 6). Njen ustanovitelj profesor Albin Belar jo je opremil s seizmometri tipa Vicentini in Agamennone, pri tem pa je tudi sam ustvaril nekaj seizmografov. Postaja je v začetku delovala v Ljubljani, kasneje pa v Gorjah pri Bledu. Leta 1912 so te seizmografe zamenjali sodobnejši tipa Galicin, ki so delovali do leta 1920. Leta 1926 je ljubljanska postaja dobila instrument tipa Wiechert. To je astatičen mehanski dvokomponentni horizontalni seizmograf z maso kardansko vpetega nihala 200 kg. Njegova povečava je 80-kratna. Primeren je bil za registracijo bližnjih, srednje močnih potresov, ki jih je beležil na osajeni papir. Po drugi svetovni vojni je nastal pri ljubljanski univerzi Fizikalni inštitut. Z

dograditvijo Astronomsko-geofizikalnega observatorija na Golovcu v Ljubljani je tudi zastarelega Wiecherta zamenjal kratkoperiodni vertikalni seizmograf Hiller. Njegova 10 000-kratna povečava je omogočala registracije lokalnih potresov z majhnimi magnitudami, do 3. stopnje po Richterjevi lestvici. Izpopolnjevanje opreme se je nadaljevalo, tako da so bili v letu 1967 postavljeni sodobnejši trokomponentni kratkoperiodni seizmograf Lehner-Griffith in trokomponentni dolgoperiodni seizmograf Sprengnether (2). Leta 1971 so strokovnjaki Geofizikalnega inštituta sestavili seizmografe z vidljivimi zapisi. Signale seizmometrov Willmore MK-II so dovolj ojačane z na inštitutu razvitimi ojačevalniki SO-01 zapisovali na



Slika 1. Število vseh potresov, zabeleženih na potresnih opazovalnicah seizmološkega zavoda, ki so nastali na ozemlju Slovenije v letih 1983–1992, in potresov z intenziteto I ≥ IV MSK.

Kratka zgodovina

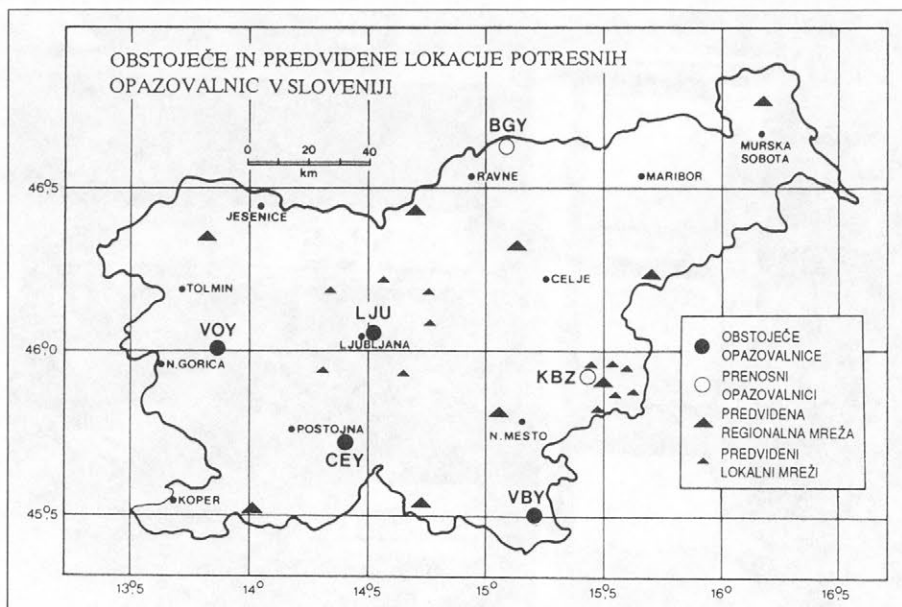
Prva seizmološka opazovalnica je začela delovati v Ljubljani leta 1898, le tri leta po

* Ministrstvo za okolje in prostor, Seizmološki zavod Republike Slovenije, Pot na Golovec 25, Ljubljana.

** Mag., Ministrstvo za okolje in prostor, Seizmološki zavod Republike Slovenije, Pot na Golovec 25, Ljubljana.

pisače Gunter–Volk. Ta seizmograf omogoča zapise bližnjih in srednje oddaljenih potresov in deluje še danes. Od leta 1973 dalje je ob tem sistemu deloval še trokomponentni srednjeperiodni sistem SKD sovjetske proizvodnje z zapisom na fotografski papir. Leta 1975 je bila pri Cerknici postavljena druga opazovalnica z vertikalno in dvema horizontalnima komponentama. Vsako komponento sestavljajo seizmometer Willmore MK-II, seizmografski ojačevalnik SO-01 in pisar Gunter–Volk.

Astronomsko-geofizikalni observatorij je v letu 1980 povečal svoje kapacitete in iz njegovega geofizikalnega dela je nastal Seizmološki zavod SR Slovenije, danes Republike Slovenije. Kljub majhnim finančnim sredstvom nam je uspelo usposobiti za registracije potresov še dve opazovalnici, leta 1984 na Vojskem pri Idriji in leta 1985 v Bojancih v Beli krajini. Na obeh je v začetku delovala samo vertikalna komponenta, leta 1990 pa sta bili postaji na Vojskem dodani še horizontalni komponenti.



Slika 2. Lokacije obstoječih potresnih opazovalnic in predvidenih novih potresnih opazovalnic regionalne mreže in obeh lokalnih mrež.

Potresne opazovalnice in njihova oprema

Da bi bili merilni rezultati uporabni za določitev parametrov potresa, mora merilna oprema, pa tudi sama lokacija potresne opazovalnice, zadostiti različnim pogojem. Občutljivost seizmografa, to je detekcija potresov z majhnimi magnitudami, je na eni strani odvisna od povečave seizmografa, po drugi strani pa jo omejuje mikro seizmični nemir lokacije, kjer so postavljeni instrumenti. Večja povečava omogoča registriranje potresa z majhno

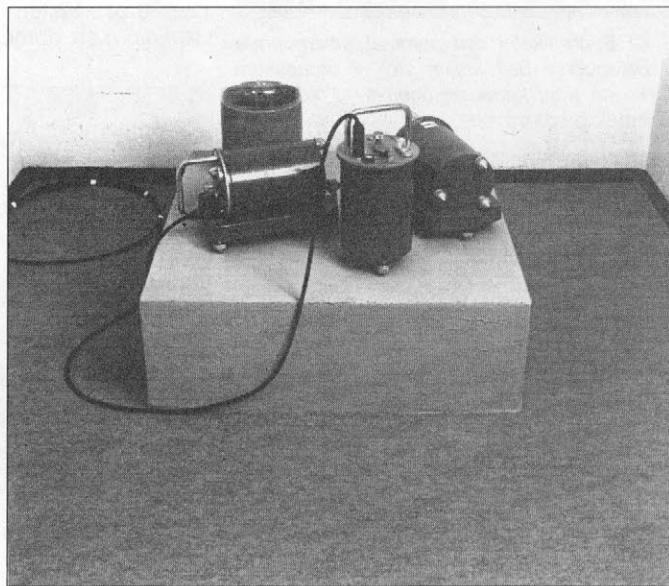
magnitudo na večjem območju (na primer 56 000-kratna povečava omogoča registracijo potresov z magnitudo 2 na območju s polmerom 200 km). Sočasno pa se niža magnituda najmanjših potresov, ki so detektirani znotraj tega polmera. Drugi pogoj je dinamika seizmografa. Potresi so različnih intenzitet in nastajajo v različnih oddaljenostih od merilne opazovalnice. Razpon njihove moči je v razmerju 1:1 000 000, to je 12 dB. Seizmograf mora imeti veliko dinamiko, če hočemo z njim kakovostno zapisati majhne potrese v večjih oddaljenostih in močnejše bližnje potrese. Frekvenčni pas je tretja karakteristika seizmografa. Za beleženje bližnjih potresov uporabljamo kratkoperiodne seizmometre z maksimalno občutljivostjo

pri periodi 1 sekunda. Za dober zapis potresov v oddaljenosti več tisoč kilometrov pa uporabljamo seizmometre s periodo 10 sekund (7).

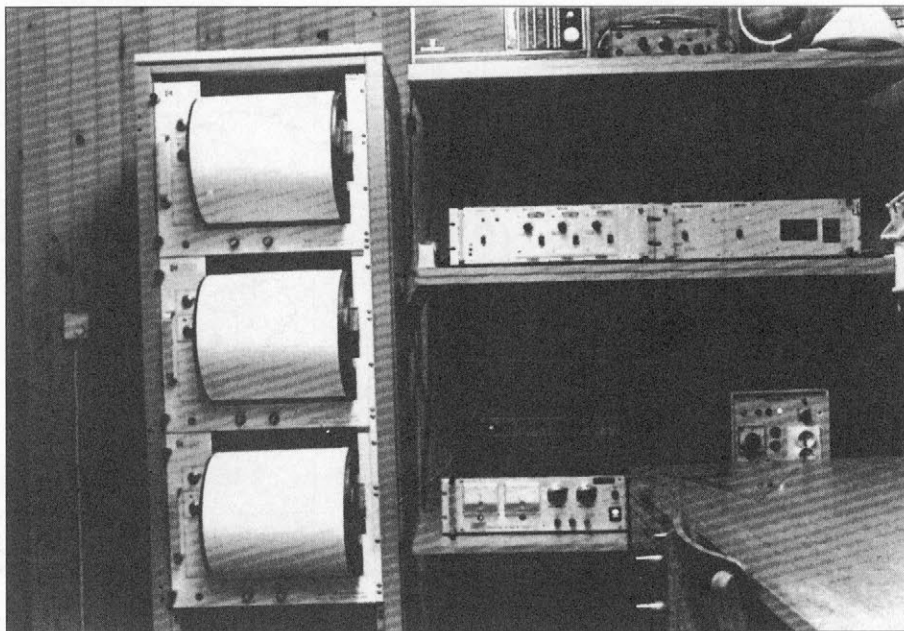
Seizmološki zavod ima v Ljubljani instrumente za beleženje potresov postavljene na observatoriju na Golovcu (slika 3). Opazovalnica je zgrajena v karbonskih peščenjakih, ki v seizmogeološkem smislu pomenijo srednje ugodna tla. Koordinati opazovalnice sta 14,53 E in 46,04 N, leži pa na nadmorski višini 396 m. Postaja sodi med potresne opazovalnice prvega reda, kar pomeni, da beleži kratkoperiodne in dolgoperiodne potresne valove na velikih razdaljah, in je del svetovnega omrežja. Da bi bili podatki zanimivi za svetovno mrežo, morajo ustrezati svetovnim



Slika 3. Merilni prostor na observatoriju na Golovcu. Na desni stojijo ojačevalniki in pisarji vidljivih zapisov seizmičnih nihanj. Na policah na levem delu slike so ure, sprejemnik časovnih signalov in usmerniki za napajanje z električno energijo. (Foto: arhiv seizmološkega zavoda).



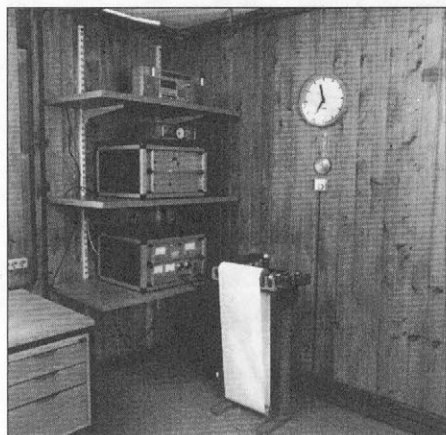
Slika 4. Na betonskem stebru, stoječem ločeno od temeljev stavbe, so postavljeni trije seizmometri Willmore MK-II. Horizontalna seizmometra sta postavljena v smeri sever–jug in vzhod–zahod. Za seizmometri je delno zakrit seizmoskop za registracijo močnih potresov. (Foto: arhiv seizmološkega zavoda).



Slika 5. Tri komponente seizmografa na opazovalnici na Vojskem sestavljajo pisarji VR-1 firme Kinemetrics in desno na polici ojačevalniki SO-03 ter kvarčna ura UK-03 z dolgovalovnim sprejemnikom časovnih signalov, ki so delo strokovnjakov seizmološkega zavoda. (Foto: arhiv seizmološkega zavoda).



Slika 6. Vertikalni seizmometer seizmografa v Bojancih v Beli krajini stoji v betonskem jasku na trdni kaminski podlagi. (Foto: arhiv seizmološkega zavoda).



Slika 7. Seizmografski ojačevalnik, pisar, elektronska ura in elektronske komponente za oskrbovanje z električno energijo na opazovalnici v Bojancih. (Foto: arhiv seizmološkega zavoda).

standardom. Enako velja za opremo in njeno delovanje. Dolgoperiodni sistem sestavljajo vertikalni in dva horizontalna seizmometra Sprengnether model S5007 s periodo 15 sekund, galvanometri Lehner & Griffith GL261 pa zapisujejo signale s svetlobnim žarkom na fotopapir na pisarju Sprengnether R-6007. Povečava sistema je 2000. V pogonu je tudi kratkoperiodni sistem z zapisom na fotopapir. Seizmometri firme Lehner & Griffith, modela SV 215 (vertikalna komponenta) in SV 216H (horizontalni komponenti), so priključeni na galvanometre GS 250 iste firme. Papir se vrti na pisarju DR 273 firme Teledyne. Povečava tega sistema je 12 000 (4). Sistem z vidljivimi zapisi sestavljajo seizmometri Willmore MK-II z

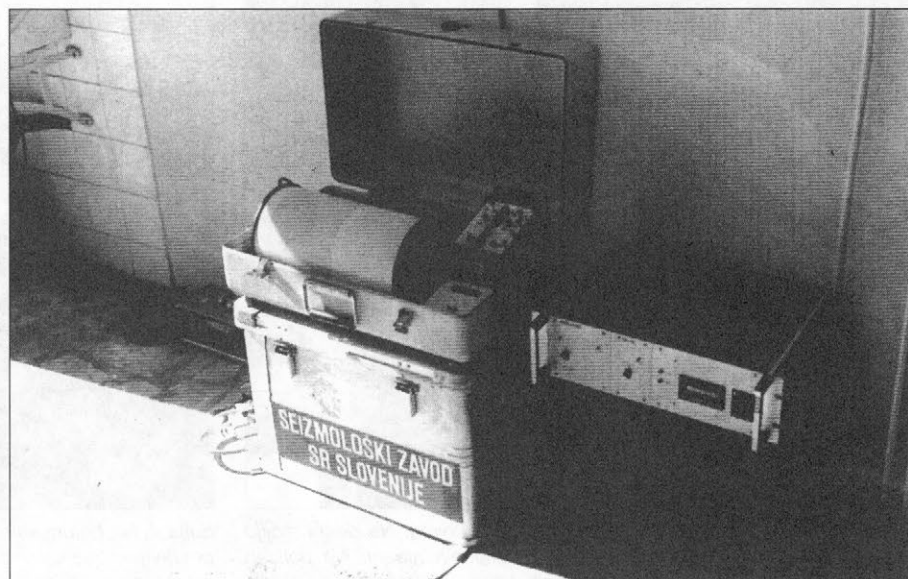
lastno periodo 1 s, seizmografski ojačevalniki SO-01 s stopenjsko nastavljenim ojačanjem in filtrom, ki so ga razvili strokovnjaki seizmološkega zavoda, ter pisarji Günter Volk z galvanometri Astromed. Povečava vidljivega sistema je 30 000. Vsi zapisi so opremljeni s časovnimi signali, ki jih daje točna ura. Elektronsko uro UK-03 so prav tako konstruirali strokovnjaki na zavodu, njeno točnost pa kontroliramo s signali sprejemnika časovnih signalov DCF77.

Ostale tri postaje so regionalnega značaja in so opremljene samo s kratkoperiodnimi seizmografi. Prostore, v katerih so merilni instrumenti, imamo v najem v zasebnih hišah pri vzdrževalcih postaj.

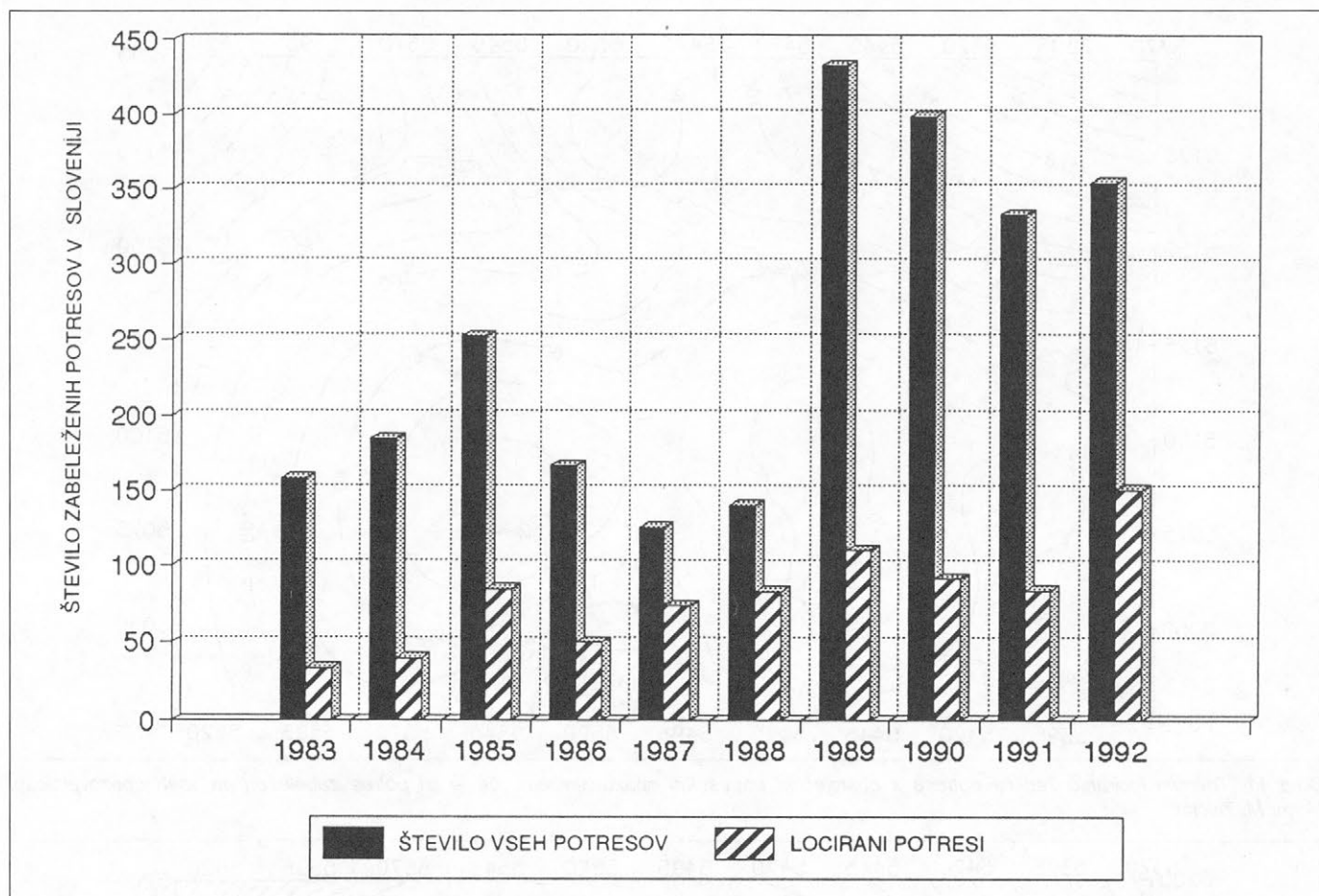
Potresna opazovalnica v Cerknici stoji na spodnjejurskih apnencih, ki so ugodna seizmogeološka podlaga. Koordinati opazovalnice sta 14,43 E in 45,74 N, nadmorska višina pa 579 m. Merilni sistem sestavljajo vertikalni in horizontalna seizmometra Willmore MK-II (slika 4), seizmografski ojačevalniki SO-01 in pisarji Günter Volk z galvanometri Astromed ter uro UK-03. Povečava je zaradi mirnejše lokacije večja kot v Ljubljani in znaša 50 000.

Opazovalnica na Vojskem leži na seizmogeološko zelo ugodni podlagi, ki jo sestavljajo zgornjetriasni dolomiti, na koordinatah 13,89 E in 46,03 N. Nadmorska višina opazovalnice je 1073 m. Opazovalnica je opremljena z vertikalnim in dvema horizontalnima seizmometroma Willmore MK-II s periodo 1,2 sekunde, s seizmografskimi ojačevalniki SO-03 (razvoj seizmološkega zavoda) s stopenjsko nastavljenim ojačanjem in fiksnim 3-hertznim filtrom, pisarji Kinemetrics VR-2 in uro UK-03 (slika 5). Povečava seizmografa na Vojskem je 80 000.

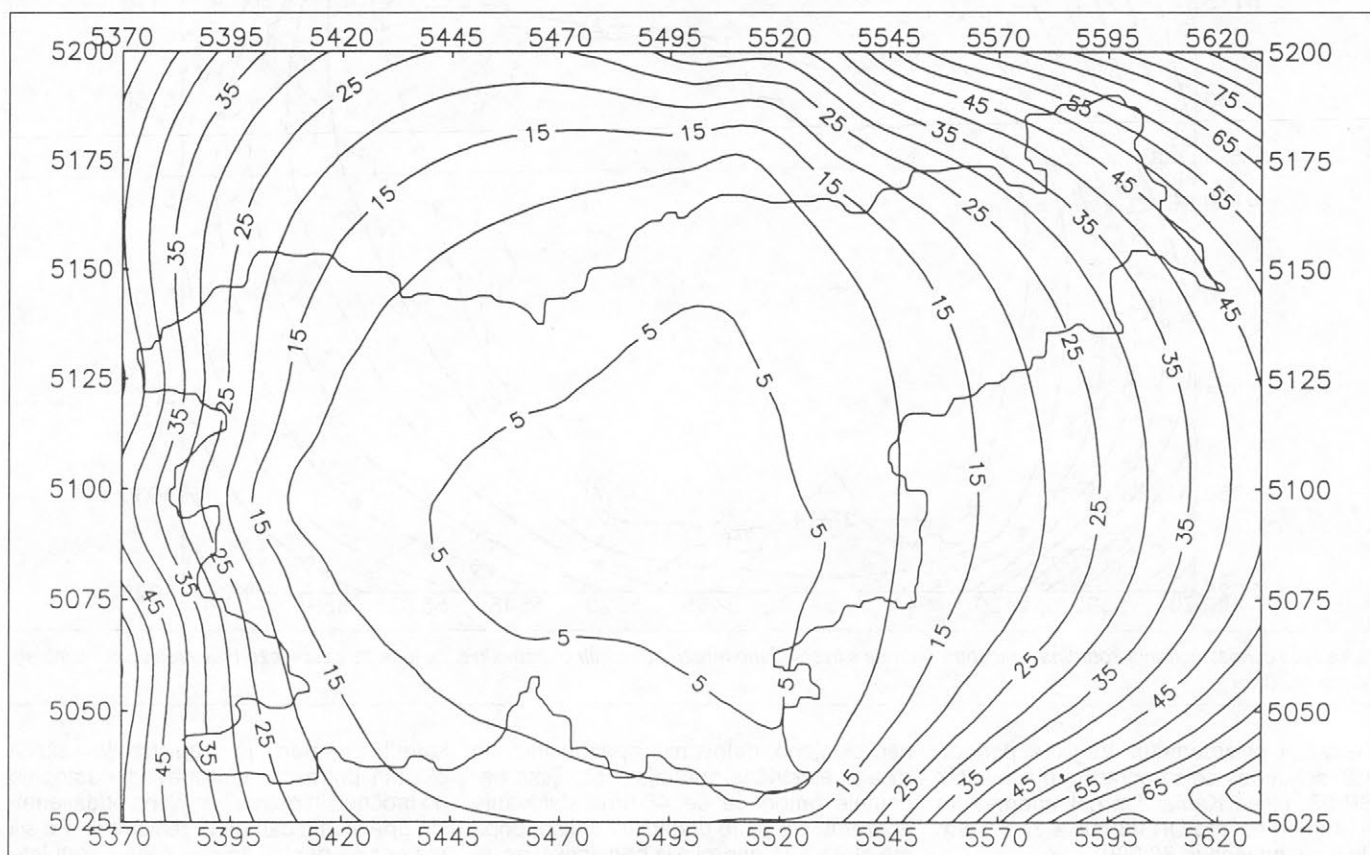
Četrta opazovalnica v Bojancih je enokomponentna (slika 6). Zgrajena je v krednem apnencu, kar je zelo dobra seizmogeološka podlaga. Koordinati opazovalnice sta 15,26 E in 45,50 N, nadmorska višina pa 259 m. Seizmograf sestavljajo



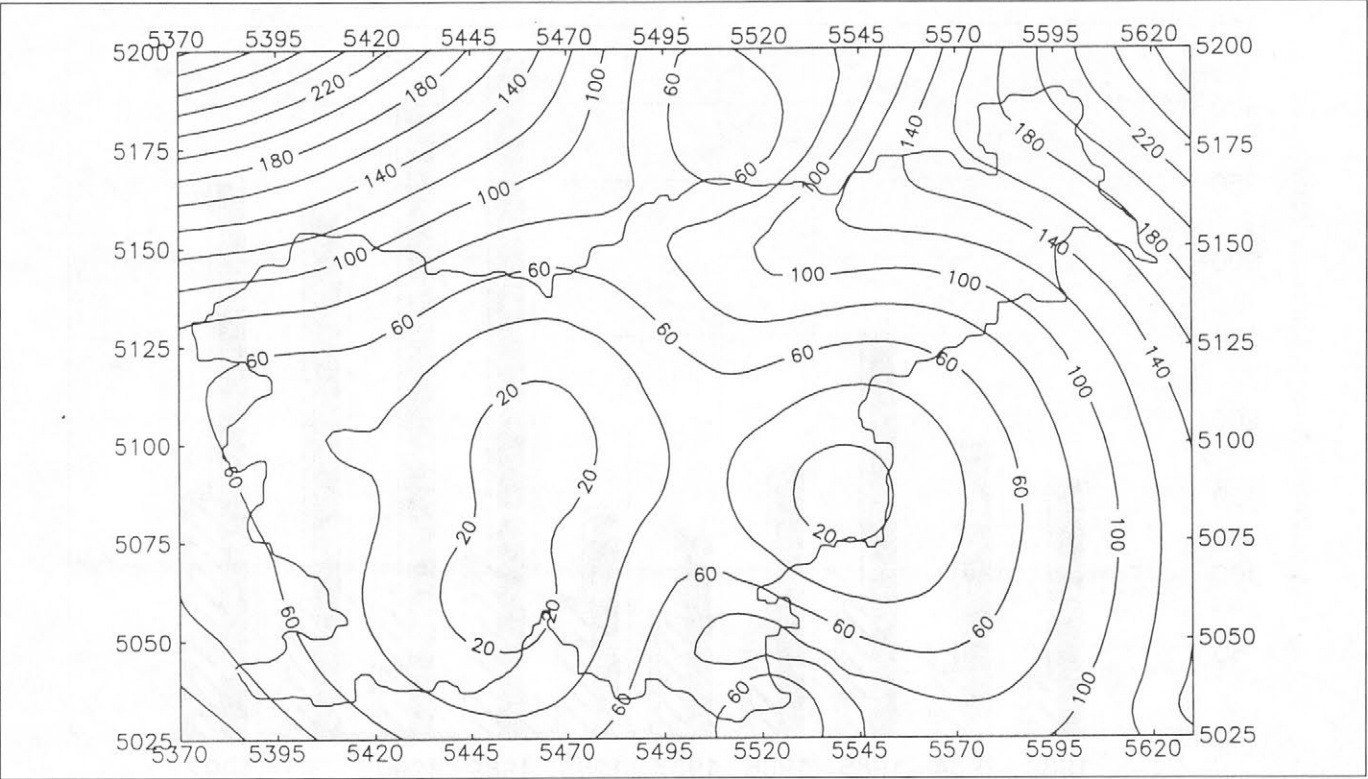
Slika 8. Prenosna opazovalnica PS-2 firme Kinemetrics in kvarčna ura UK-03 z dolgovalovnim sprejemnikom časovnih signalov. (Foto: arhiv seizmološkega zavoda).



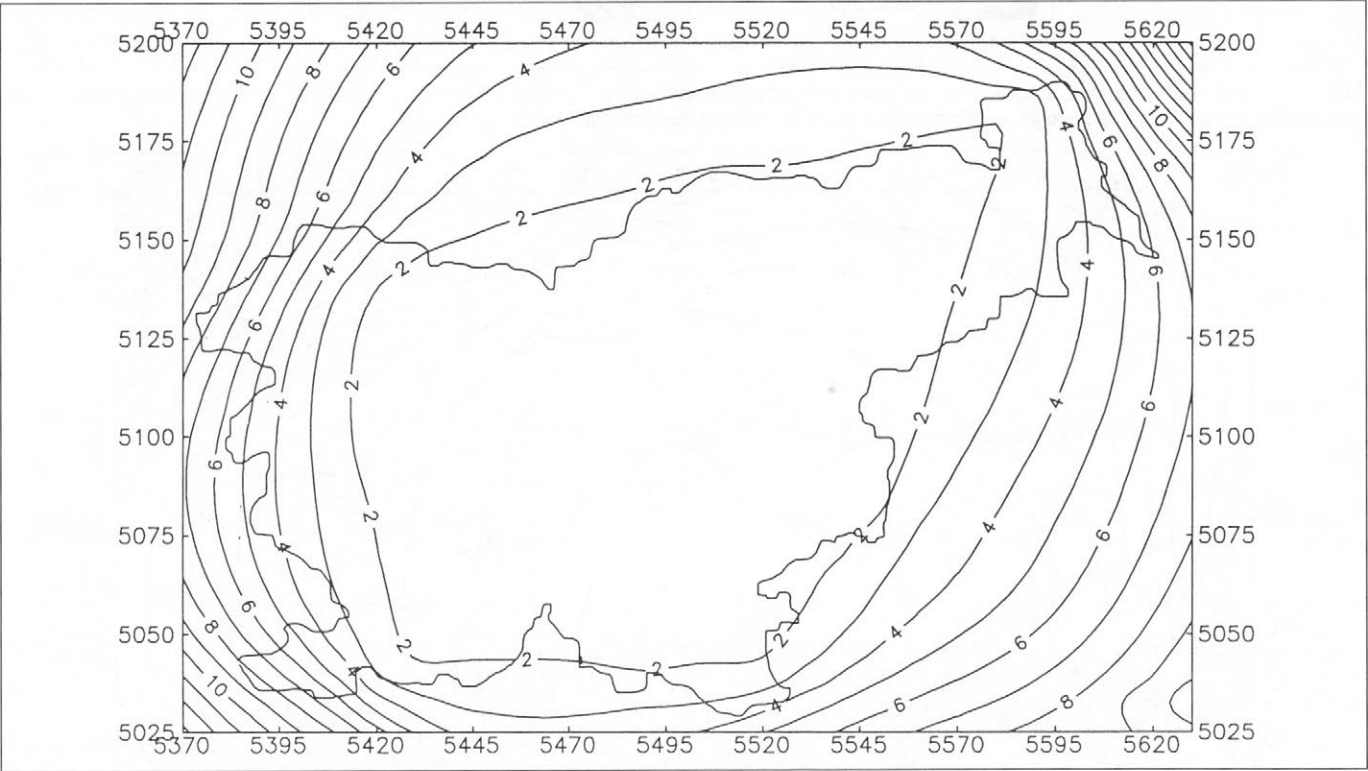
Slika 9. Število vseh potresov, zabeleženih na potresnih opazovalnicah Seizmološkega zavoda, ki so nastali na ozemlju Slovenije v letih 1983–1992, in število potresov, ki jim je bilo možno določiti koordinate epicentra in žarišče.



Slika 10. Točnost lociranja koordinat epicentra potresa z obstoječimi potresnimi opazovalnicami, če je bil potres zabeležen na vseh opazovalnicah. (Avtor M. Živčič).



Slika 11. Točnost lociranja žarišča potresa z obstoječimi potresnimi opazovalnicami, če je bil potres zabeležen na vseh opazovalnicah. (Avtor M. Živčič).

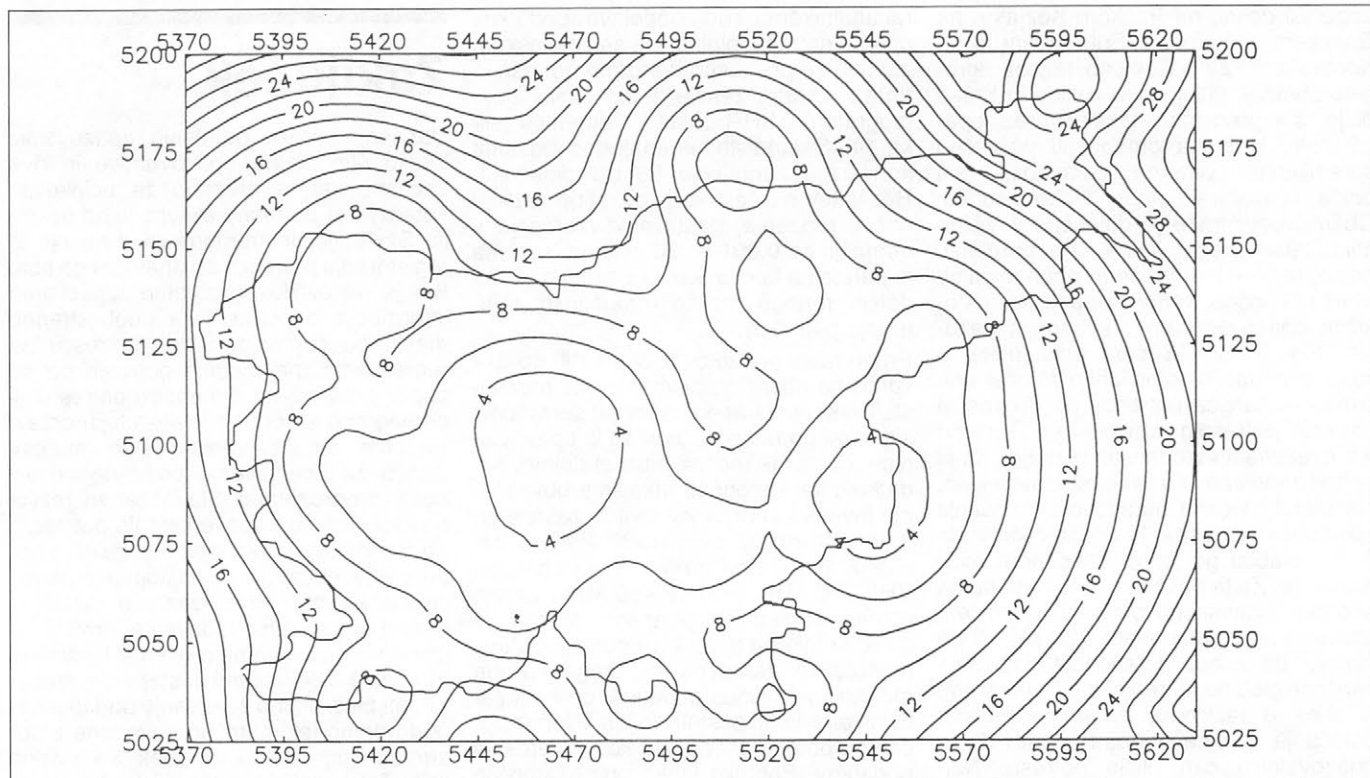


Slika 12. Točnost lociranja koordinat epicentra potresa s predvideno mrežo potresnih opazovalnic, če je potres zabeležen na vseh opazovalnicah. (Avtor M. Živčič).

vertikalni seizmometer Vegik s periodo 1,2 sekunde, seizmografski ojačevalnik SP-03, pisar Kablar I z galvanometrom Astromed ter uro UK-03 (slika 7). Sistem deluje s povečavo 80 000. Vse opazovalnice so opremljene z avtonomnim baterijskim napajanjem z usmerniki in razsmerniki, ki omogočajo

neprekinjeno delovanje opazovalnic ob izpadu električne energije. Baterijsko napajanje omogoča še 48-urno delovanje aparatur. Če pa je prekinitev daljša, dobimo električno energijo iz bencinskih agregatov. Seizmološki zavod ima tudi dve prenosni opazovalnici Kinometrics PS-2 (slika 8),

katerih namen je registracija šibkih okalnih potresov, ki ponavadi nastopajo po močnejših potresih in jih na oddaljenejših opazovalnicah ne bi registrirali. Po sili razmer pa postaji že dalj časa obratujeta kot stalni postaji. Potresna opazovalnica v Braniku nad Muto, ki beleži seizmične pojave v bližini jezua HE Golica, je postavljene



Slika 13. Točnost lociranja žarišča potresa s predvideno mrežo potresnih opazovalnic, če je potres zabeležen na vseh opazovalnicah. (Avtor M. Živčič).

na v objektu, ki je zgrajen v metamorfnih kamninah, ki so v seizmogeološkem pogledu ugodne. Koordinati opazovalnice sta 15,13 E in 46,65 N, nadmorska višina pa 480 m. Druga opazovalnica je postavljena v Senušah pri Krškem in meri seizmičnost pri jedrski elektrarni Krško. Objekt je zgrajen na krednih apnenicah v izmenjavi z laporji, kar je dovolj ugodna seizmogeološka podlaga. Koordinati opazovalnice sta 15,44 E in 45,94 N, nadmorska višina pa 215 m.

Pomanjkljivosti obstoječega omrežja

Število potresnih opazovalnic, njihova razporeditev po terenu in zastarela oprema ne omogočajo zadovoljivega opravljanja nalog seizmološkega zavoda. Za določitev geografskih koordinat, globine potresnega žarišča in žariščnega časa potresa potrebujemo njegov zapis na najmanj štirih postajah, če poznamo strukturo geološke podlage in hitrosti razširjanja v njej. V splošnem pa nam šele večje število podatkov omogoča zanesljivejši izračun, še posebno takrat, ko je žarišče potresa zunaj mreže opazovalnic. Diagram na sliki 9 kaže število potresov, ki so nastali na ozemlju Slovenije in v bližnji okolici v letih 1982 do 1992, in število potresov, ki smo jim lahko izračunali žariščni čas, mikrosezmični koordinati epicentra, globino žarišča in določili seizmično območje. Sliki 10 in 11 kažeta,

s kakšno točnostjo lahko določimo epicenter in žarišče potresa. Izračunane vrednosti veljajo za potrese, ki jih zabeležijo vse postaje, to je potrese z magnitudo $M > 3$. Na sliki 10 vidimo, da je natančnost določanja epicentrov potresov med 5 in 15 km na območju osrednje Slovenije znotraj mreže potresnih opazovalnic, na obrobju pa je slabša. Tudi določljivost žariščne globine je zelo slaba (slika 11), saj je natančnost določanja globine na nekaj 10 bm znotraj mreže, na obrobju pa je še slabša. Pri šibkejših potresih, ki jih zabeleži samo nekaj postaj, je točnost določanja koordinat epicentra in žarišča potresa slabša. Za določanje parametrov potresov zunaj tega območja si moramo pomagati s podatki potresnih opazovalnic sosednjih držav. Seizmografi na postajah so analognega tipa in so tehnološko zastareli. Njihova dinamika se giblje med 30 in 35 decibelov. To pomeni, da znaša razmerje med najšibkejšim in najmočnejšim potresom, ki ga še zapišejo, največ 1 : 60. Največje magnitude lokalnih potresov, ki jih še registriramo, gredo od 2,5 do 4, kar je odvisno od oddaljenosti potresa od opazovalnice. Močnejši potresi povzročijo prekrmljenje instrumentov in edini uporabljeni podatek takega zapisa je vstopni čas. V takih primerih smo odvisni od podatkov tujih postaj.

Naloga seizmološkega zavoda je tudi hitro obveščanje Republiškega centra za obveščanje in alarmiranje, organov civilne zaštite in javnosti o osnovnih parametrih potresa, ki služijo za prve ocene posledic potresa, ukrepov civilne zaštite, če je potrebno, pa tudi za preprečevanje panike po potresu. S

postavljamo na Vojskem in v Cerknici imamo samo govorno radijsko zvezo. Če je opazovalec na postaji v trenutku potresa, opravi osnovno analizo in sporoči podatke po radijski zvezi. Število delavcev zavoda, ki so pristojni za analizo močnih potresov in posredovanje podatkov, je premajhno, da bi lahko organizirali 24-urno neprekinjeno dežurstvo, zato je potreben določen čas za prihod na observatorij zunaj delovnega časa. Zaradi majhnega števila podatkov se morajo večkrat odločati na podlagi izkušenj, ekstrapolacije prekrmljenih registracij in z oceno verjetnosti za nastanek potresov na posameznih območjih. Rezultat je zgolj približna, lahko celo napačna lokacija potresa, dana uro ali uro in pol po dogodku, kar je s stališča obveščanja javnosti in hitrega ukrepanja civilne zaštite prevelika zakasnitev.

Razširitev in posodobitev omrežja potresnih opazovalnic

S postavitvijo dodatnih regionalnih postaj bomo pokrili potresno ogrožena območja v Sloveniji, na katerih je danes nemogoče opazovati lokalno seizmičnost. Tako so predvidene regionalne opazovalnice na Brkinih, v Trnovskem gozdu, Bohinju,

136 Logarski dolini, na Paškem Kozjaku, na Goričkem, v Halozah, Suhi krajini in na Kočevskem. Za seizmično najbolj ogroženi območji, ljubljansko kotlino in Krško polje, sta predvideni lokalni mreži opazovalnic, ki bosta omogočali natančno spremljanje potresne dejavnosti, saj bosta registrirali tudi šibke sunke. Občutljivost mreže je določena z višino mikrosezmičnega šuma. Razporeditev postaj regionalne mreže in obeh lokalnih mrež ni končna, ker ni prilagojena obstoječim opazovalnicam v sosednjih deželah. Sliki 12 in 13 nam prikazujeta, s kakšno točnostjo bomo lahko določali epicentre in žarišča potresov po dograditvi omrežja potresnih opazovalnic. Tudi pri teh izračunanih vrednostih je pogoj, da je potres zabeležen na vseh opazovalnicah. Na sliki 12 vidimo natančnost določanja epicentrov potresov, ki znašajo od 2 do 4 km, slabša pa je na zahodnem robu Slovenije. Za ta del ozemlja računamo na podatke furlanskega omrežja, ki pri tem izračunu niso upoštevani. Na sliki 13 pa vidimo, da znaša natančnost določanja žariščne globine potresov med 4 in 10 km. S slike je razvidno, da je za točnost določanja globine potresa važno, da je opazovalnica čim bližje potresu. Najmanjša napaka je v okolici Ljubljane in Krškega, kjer sta predvideni lokalni mreži. V vzhodnem delu Slovenije se točnost določanja žarišč potresov poslabša, zato bi morali mreži dodati potresno opazovalnico v jugovzhodnem delu Slovenskih gor.

Sodobni digitalni instrumenti imajo veliko dinamiko. Proizvajalci jo dosežejo s samonastavljivimi ojačevalniki, ki svoje ojačenje v hipu prilagodijo trenutnemu signalu, ali pa s povečano resolucijo pri pretvorbi analognega signala v digitalno obliko. Dogodkov ne zapisujemo več na foto papir ali registrirni papir, temveč v računalniške spominske medije. Prekrmljenih zapisov ni več. Vsak tak instrument ima že vgrajeno točno uro in sprejemnik časovnih signalov. Parametre instrumenta nastavljamo programsko z osebnim

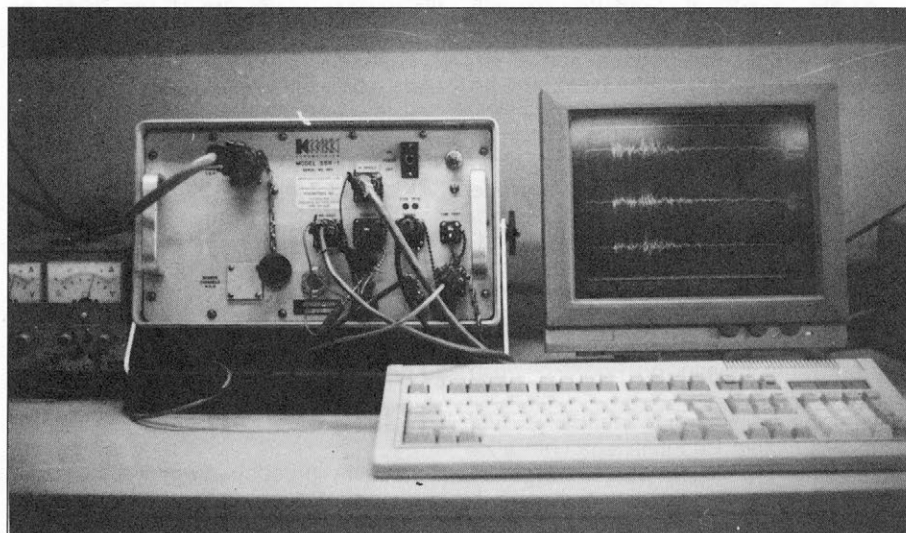
računalnikom. Tudi obdelava podatkov poteka na računalniku. Na seizmološkem zavodu že poskusno beležimo potrese in druga nihanja zemlje z digitalnim seizmografofom SSR-1 firme Kinematics (slika 14). Šestnajstbitna analogno digitalna konverzija zagotavlja 96 dB dinamike. Razširitev na šest kanalov, štirje različni načini proženja, nastavitve vzorčenja v območju od 0,001 do 30 sekund, serijska in paralelna komunikacija z računalnikom dajejo mnogo različnih možnosti zajemanja podatkov.

Pri prenosu podatkov iz potresnih opazovalnic na observatorij imamo več možnosti. Pri kontinuiranem prenosu seizmičnih signalov po radijskih zvezah iz opazovalnic v center je možna hitra obdelava podatkov, kar omogoča takojšnje obveščanje javnosti in organov civilne zaštite pri močni seizmični dejavnosti. Prenos podatkov poteka na frekvenčnem območju VHF 170 MHz ali UHF 450 MHz. Zaradi konfiguracijsko razgibanega terena je izvedba takega načina prenosa podatkov tehnološko zahtevna in draga. Druga možnost je prenos podatkov po komutativnih ali najetih poštnih linijah. Prenos podatkov poteka počasneje kot zajemanje podatkov. Podatke lahko prenašamo ob izbranem času, na primer takrat, ko so poštnice linije manj obremenjene. Slaba stran tega načina prenosa pa je preobremenjenost linij ob potresu, kar lahko povzroči izgubo podatkov. Tretji način je, da se podatki na postaji beležijo na spominski medij dalj časa, potem pa jih ročno prenesemo v center. Teh podatkov seveda ne moremo uporabiti pri hitrih izračunanih parametrov potresa (5).

Za naše omrežje opazovalnic predvidevamo telemetrično povezavo opazovalnic ljubljanske in krške lokalne mreže z observatorijem, ostale opazovalnice pa bodo povezane s centrom prek poštnih linij. Stalna povezava nam omogoča kontrolo delovanja opazovalnice, koliko spomina je še na voljo za shranjevanje, kakšni podatki so zabeleženi in njihov prenos ter nastavitve parametrov instrumentov.

Zaključek

Današnja mrežo potresnih opazovalnic tvorijo štiri stalne opazovalnice in dve začasni, kar je premalo za učinkovito spremljanje potresne aktivnosti na ozemlju Slovenije. Instrumenti za merjenje in registriranje potresov so analognega tipa. Ker je njihov doseg omejen, izgublamo informacije o potresih na obeh straneh merilnega območja. Šibkih potresov ne registriramo, pri močnih potresih pa so zapisi prekrmljeni. Pri analizi potresov si pomagamo s podatki iz sosednjih držav. Rezultati analiz seizmoloških meritev služijo za ocenjevanje potresne nevarnosti in ogroženosti Slovenije, za razvoj bodočih metod napovedovanja potresov, ob močnejših potresih pa tudi za hitro obveščanje občanov in pristojnih organov civilne zaštite. Predvidena je razširitev mreže opazovalnic z devetimi novimi regionalnimi postajami in dvema lokalnima mrežama s po šestimi postajami z aparaturami za digitalno zajemanje podatkov, ki bodo delno telemetrično povezane z observatorijem, delno pa prek telefonskih linij. Tako projektirana mreža bo omogočala hitrejše in natančnejše določanje parametrov potresov. Skupaj z mrežo potresnih opazovalnic je predvidena tudi mreža akceleroagrafov, to je registratorjev močnih potresov. Akceleroagrafi merijo pospeške tal, katerim so prenosorazmerne potresne sile, ki delujejo na objekte. Podatke uporablja inženirska seizmologija, ki povezuje seizmologijo z gradbeništvom. Poleg državne mreže pa je potrebna postavitev akceleroagrafov tudi na visoke pregrade na hidroelektrarnah, kar je dolžno storiti elektrogo-spodarstvo. Podatki obeh mrež bodo osnova računalniško podprti podatkovni bazi z inženirsko seizmološkimi podatki, kot so maksimalne magnitude, intenzitete, pospeški, atenuacije zemljišča itd., ki bo omogočala racionalnejše potresno varno projektiranje (5).



Slika 14. Digitalna trokomponentna potresna opazovalnica firme Kinematics. Zabeleženi potres prikazemo na zaslonu osebnega računalnika. (Foto: arhiv seizmološkega zavoda).

1. Hržič, M. I. Cencić, M. Deterding, R. Vidrih, M. Živčić, M. Klebel, 1983–1992. Preliminary seismicological bulletin. Seismological Survey R of Slovenia, Ljubljana.
2. Ribarič, V., 1971. Seizmologija v Sloveniji 1971–1975, Stanje in perspektive. Astronomsko-geofizikalni observatorij, Ljubljana.
3. Ribarič, V., 1984. Potresi. Cankarjeva založba, Ljubljana.
4. Trnkoczy, A., Gostinčar, M., 1982. Kalibracija seizmometrov z dvema tuljavama in ojačevalnikom, Publ. No. 95-C-B/2-82. Seizmološki zavod Slovenije, Ljubljana.
5. Trnkoczy, A., 1990. Predlog modernizacije in razširitve dejavnosti Seizmološkega zavoda Republike Slovenije. Seizmološki zavod R Slovenije, Ljubljana.
6. Vidrih R., 1989. Seizmološka služba v Sloveniji. Seizmološki zavod SR Slovenije, Ljubljana.
7. Willmore, P. L., 1982. Manual of Seismological Observatory Practice. World data center A for solid earth geophysics.

Peter Sinčič, Renato Vidrih

The Network of Seismic Observation Stations in Slovenia

The Seismological Institute of Slovenia currently has four seismological observation stations: in Ljubljana, Cerknica, Bojanci and Vojsko. While the observation station in Ljubljana is equipped with long-period and short-period seismographs, the other three have only short-period seismographs for recording nearby and local earthquakes. Seismographs are analogue, their dynamic area is small, and the measurements are recorded on paper only. Due to the insufficient number of seismological observation stations, the precision of the measurements of the epicentre and focus coordinates is rather low. Many events, particularly local ones, remain unrecorded, while stronger earthquakes disturb the measurement instruments.

Apart from these observation stations, we have temporary portable observation stations near the Krško nuclear power station and the Golica Hydroelectric Power Station, in order to monitor local seismic activity.

By introducing new regional stations, we plan to cover those areas threatened by seismic activity where we cannot at present monitor local seismic activity. We plan observation stations in Brkini, Trnovski Gozd, Bohinj, Logarska Dolina, Paški Kozjak, Goričko, Haloze, Suha Krajina and Kočevsko. We plan to organise local networks of observation stations in the most seismically endangered areas of the Ljubljana basin and the Krško Polje plain; they will enable precise observation of seismic activity, since they will record even the weakest tremors. The observation stations will be equipped with the most modern digital instruments for data collection. We plan to connect the Ljubljana and Krško networks with the Observatory, through a telemetric link, while the others will be connected using the public telecommunications network. Permanent connections enable us to control the observation stations' work, the amount of memory available for saving data and what data is recorded. They also allow us to control data transfer and to set the parameters on the instruments.

The data collected by measuring seismic activity using a modern and extended network of seismological observation stations will be the basis for a computerised database on maximum magnitude, intensity, acceleration, attenuation of soil etc., which will in turn form the basis for a more rational anti-earthquake protection system.

POTRESNA ŽARIŠČA NEKAJ OSNOVNIH KINEMATIČNIH IN DINAMIČNIH PARAMETROV

Vladimir Ribarič*

UDK 550.34.06

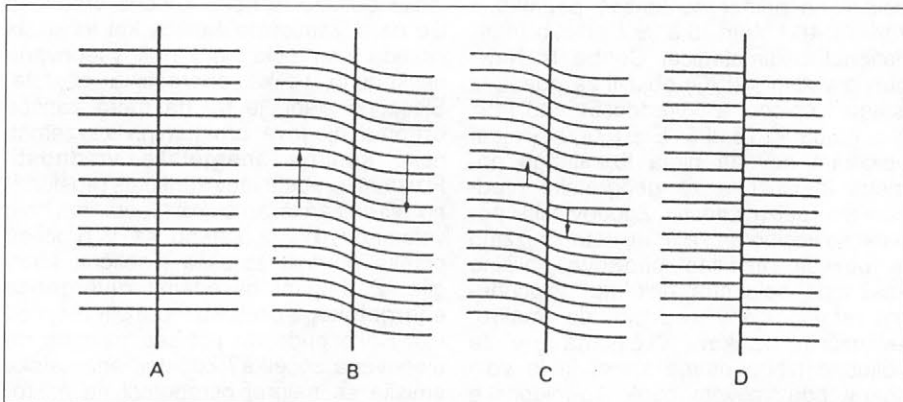
Obveščanje prebivalstva o potresih v medijih pri nas in po svetu je navadno dokaj enostavno, saj se prilagaja stopnji vedenja o potresih, ki je največkrat sila skromna.

Dokaz za to je na primer novica, ki jo je 4. januarja 1993 objavilo Delo in govori o največji eksploziji vseh časov. Avtorica Z. B. pravi v tretjem odstavku te novice naslednje: »Eksplozijo so čutili v 70 kilometrov oddaljenem Hongkongu in Macau kot potres z močjo 3,4 stopnje po Richterjevi lestvici, od katerega so se tresle šipe v oknih«. Dalje: »Bogate kitajske pirotehnične izkušnje so jim pomagale, da so moč detonacije ublažili s 4 na 2,5 stopnje po Richterjevi lestvici«. Zamenjava potresne intenzitete ali učinka pojava na ljudi, objekte, predmete in naravo, ki je klasificiran z makroseizmično lestvico, na primer s skalama Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) ali Medvedev-Sponheuer-Karnik (MSK), z Richterjevo lestvico potresnih **magnitud** je podobna tisti, pri kateri bi primerjali bolnikovo temperaturo s količino njegovega toplotnega sevanja. Zaradi pogostih nejasnosti v seizmologiji, ki se tičejo kopice drugih definicij – še zlasti tistih, ki so povezane z magnitudami potresov in njihovimi žarišči – bo koristno, če si na kar najpreprostejši način ogledamo nekaj bistvenih parametrov oziroma odnosov med njimi ob upoštevanju realnih geoloških sredin. Sodobna seizmologija zmore skupaj s

tektonofiziko mnogo več kot samo lociranje potresnih žarišč in določitev magnitude oziroma energije seizmičnih pojavov. Povedati velja še, da se časi opisne, geološko obarvane predstave potresnih pojavov iztekajo in tvorijo le majhen segment dopolnilnega značaja, ki je največkrat zazrt v daljnjo geološko preteklost nekega območja.

Pomembna predpostavka za opisovanje potresnega pojava je vsekakor **definicija potresnega žarišča**. Pod potresi razumemo impulzno učinkujoče izvore kinetične energije v trdnem delu Zemlje. To definicijo lahko opišemo tudi drugače: potrese povzroča hipna sprostitve deformacijske energije relativno lokaliziranih regij v litosferi, ki vključuje pri tem tudi globoke jezike potaplajoče se litosfere ob nekaterih mejah stikajočih se konvergentnih plošč.

Razširitev opisanega pojma postane pomembnejša, ko začnemo govoriti o prostorskem elementu potresov. Pri močnih potresih dosežejo izvori kinetične energije tudi površje tal na celinah oziroma morsko dno. Porušitvene cone v kamninah Zemljine notranosti merijo pri močnih pojavih metre, tudi desetine metrov in so



Slika 1. Poenostavljena skica mehanizma potresa v žarišču po teoriji Reidove elastične povratne zveze. A: pred potresom, B: med potresom, C: relaksacijski proces z naknadnimi potresi in D: po potresu.

* Dr., Ministrstvo za okolje in prostor, Seizmološki zavod Republike Slovenije, Kersnikova 3, Ljubljana