

PETDESETA OBLETNICA SVETOVNEGA STANDARDIZIRANEGA SEIZMOGRAFSKEGA OMREŽJA (WWSSN)

Fifty years of the World-Wide Standardized Seismograph Network (WWSSN)

Andrej Gosar* UDK 550.34.034.038(100)

Povzetek
Svetovno standardizirano seizmografsko omrežje (WWSSN), ki je bilo postavljeno leta 1961, je pomenilo velik korak naprej pri razvoju seizmologije. Njegovi podatki o svetovni seizmičnosti so bili ključni pri oblikovanju teorije tektonike plošč, ki je ena najpomembnejših teorij v naravoslovju. Vseh 120 potresnih opazovalnic je bilo opremljenih z enakimi kratkoperiodnimi in dolgoperiodnimi trikomponentnimi seizmografi. Leta 1969 se je tudi potresna opazovalnica na Golovcu v Ljubljani vključila v WWSSN, kar jo je uvrščalo med najboljše opazovalnice na svetu. Takratni seizmografi z zapisom na fotografski papir so delovali neprekinjeno več kot 35 let, do leta 2004.

Abstract
The World-Wide Standardized Seismograph Network (WWSSN), established in 1961, was a major step forward in the development of seismology. Its data on global seismicity provided a key contribution to the formulation of the plate tectonics theory, which is among the most important natural science theories. All 120 seismic stations were equipped with identical short-period and long-period three-component seismographs. In 1969, the seismic station at Golovec in Ljubljana was included in the WWSSN, which ranked it among the best stations in the world. Seismographs from that period, recording on photographic paper, were in uninterrupted operation for more than 35 years, until 2004.

Uvod

Prva instrumentalna opazovanja potresne dejavnosti na Zemlji segajo v konec 19. stoletja. Hiter razvoj znanosti in tehnike v prvi polovici 20. stoletja je pomenil tudi vedno boljše seizmografe, vendar so bili ti zelo neenakomerno razporejeni po površju Zemlje. Velika ovira za natančnejša opazovanja je bila to, da se je v različnih delih sveta uporabljala zelo različna oprema, ki ni bila enotno kalibrirana. Standardizacijo opazovanj in izmenjave seizmoloških podatkov so močno oteževali dve svetovni vojni, številne revolucije in drugo burno dogajanje v tem času. Z razvojem in širjenjem jedrskega orožja se je konec petdesetih let 20. stoletja pojavila velika potreba po nadzoru podzemnih jedrskih poizkusov, kar je mogoče učinkovito doseči le z dovolj natančnim in svetovno razširjenim seizmološkim opazovanjem. Vplivno Berknerjevo poročilo iz ZDA o tej temi iz leta 1959 je bilo velika podpora seizmološki stroki, čeprav so bili motivi predvsem politično-vojaške narave.

Svetovno standardizirano seizmografsko omrežje

Rezultat Berknerjevega poročila je bila postavitve Svetovnega standardiziranega seizmografskega omrežja (World-Wide Standardized Seismograph Network – WWSSN) leta 1961. Omrežje je obsegalo 120 potresnih opazovalnic, ki so bile razporejene po vsem svetu razen Sovjetske zveze in Kitajske in so imele nameščene enako seizmološko opremo. Vsaka potresna opazovalnica je bila opremljena z dvema kompletoma dolgoperiodnih trikomponentnih seizmografov in natančnimi kronometri. Lastna perioda prvih je bila 15 sekund in drugih 90 sekund. Pri razvoju teh seizmografov je bil dosežen velik napredek, saj so kljub dolgim lastnim periodam nihanja ohranili precej kompaktne mere instrumentov. Pomembno je bilo tudi, da so bili vsi instrumenti enako kalibrirani. Zapis podatkov je bil optičen s svetlobnim žarkom na fotografski papir, ki je bil napet na enakomerno se vrteč boben. Seizmometer je bil povezan z galvanometrom, na osi katerega je bilo pritrjeno majhno ogledalo, ki je odklanjalo svetlobni žarek skladno z močjo signala, ta pa je risal sled seizmograma na papir, ki je

* dr., Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska 47, Ljubljana, andrej.gosar@gov.si

moral biti v popolni temi. Enkrat na dan ali dva dneva se je fotografski papir zamenjal in razvil v temnici. Seizmogrami so se pošiljali v Združene države Amerike, kjer so jih prenesli na 70-milimetrski film in posredovali naprej [Lee in sod., 2002].

Omrežje WWSSN je bilo zaslužno za velik napredek pri opazovanju svetovne seizmičnosti. V nekaj letih opazovanj je bilo mogoče izdelati globalne karte seizmičnosti, ki so jasno pokazale robove tektonskih litosferskih plošč. Ti podatki so nato prispevali pomembne dokaze pri oblikovanju teorije tektonike plošč, ki se je razvijala v šestdesetih letih in se dokončno oblikovala okoli leta 1968. Podatki iz WWSSN so pomenili tudi začetek rutinskega določanja žariščnih mehanizmov potresov na podlagi polaritete prvega vstopa seizmičnega valovanja, ki so pomembni za razumevanje seizmotektonike potresnih območij [Sharer, 2009].

Kljub velikemu uspehu pa so aktivnosti WWSSN po letu 1975 zaradi težav s financiranjem začele počasi zamirati. To je na začetku zaradi osnovnega motiva zaznavanja in lociranja podzemnih jedrskih poskusov v celoti zagotavljalo ministrstvo za obrambo ZDA. Pozneje so financiranje prenesli na ameriško upravo za oceane in atmosfero (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA) in še pozneje na ameriški geološki zavod (US Geological Survey). Ta zaradi statutarnih omejitev ni mogel več financirati potresnih opazovalnic zunaj meja ZDA, zato je nekaj časa to še izvajala ameriška znanstvena fundacija (National Science Foundation), pozneje pa so vzdrževanje večinoma nadaljevale posamezne države. Ker je bila oprema zelo kakovostna, je večinoma z le manjšimi izboljšavami delovala več kot 30 let. V približno dvajsetih letih sistematičnega opazovanja je WWSSN prispevala več kot tri milijone analognih seizmogramov,

veliko več, kot so jih seizmologi zmogli sproti analizirati. Njihov arhiv je še danes pomemben vir za različne znanstvene raziskave. Večina seizmografov WWSSN je kljub nezanesljivemu financiranju delovala neprekinjeno do konca 20. stoletja, ko so jih izpodrinili modernejši digitalni instrumenti. Ker je to najdaljše obdobje standardiziranega opazovanja seizmičnosti Zemlje, so zbrani podatki še danes neprecenljive vrednosti.

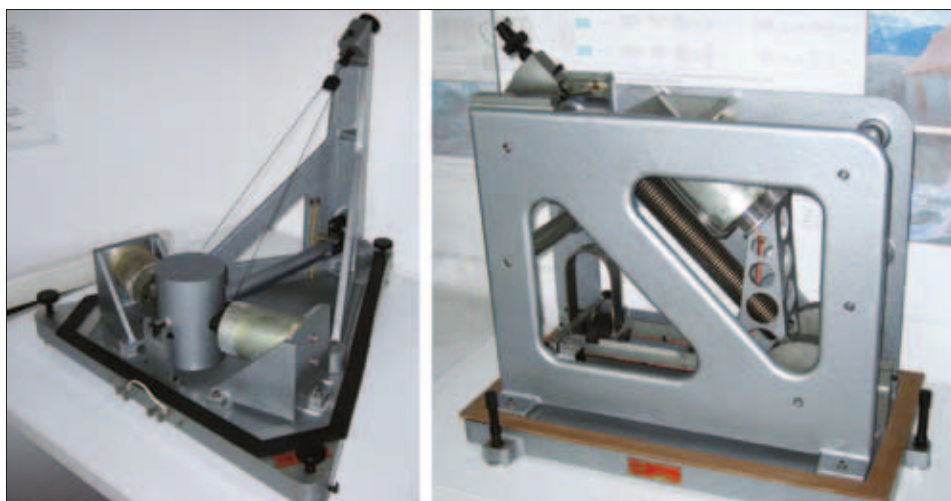
Vključenost Slovenije v WWSSN

Leta 1969 se je tudi Slovenija s potresno opazovalnico Ljubljana na Astronomsko-geofizikalnem observatoriju na Golovcu priključila WWSSN. Ker je razvoj seizmološke opreme od začetka šestdesetih let šel naprej, so izbrali nekoliko drugačno opremo od standardizirane, tudi zaradi potrebe po natančnejšem opazovanju lokalnih potresov. Dolgoperiodni seizmograf je bil enakovreden ali celo boljši, zato se je potresna opazovalnica Ljubljana uvrščala med najboljše na svetu v tistem času. Za registracijo lokalnih, bližnjih potresov so izbrali trikomponentni kratkoperiodni sistem Lehner & Griffith podjetja Teledyne (slika 1). Sestavljali so ga nizkoohmski elektrodinamični seizmometri, galvanometri, optična registracija na fotografski papir in registrirni valj. Lastna perioda seizmometra je bila nastavljiva med 1 in 2 s, vse tri komponente so bile nastavljene na 1,5 s, pripadajoči galvanometri pa na 1 s. Pri obeh izvedbah seizmometra (navpični in vodoravni) je bila valjasta utež z maso 20 kg pritrjena na ohišje s križnimi vzmetmi. Vsaka komponenta je imela svoj vir svetlobe z možnostjo nastavljanja jakosti svetlobe in fokusiranja žarka ter odklonski sistem za časovne oznake. Galvanometri in registrirni valj s fotografskim papirjem so bili nameščeni v popolnoma zatemnjeni sobi.



Slika 1: Kratkoperiodna seizmometra Lehner & Griffith podjetja Teledyne, namenjena merjenju lokalnih potresov; levo: vodoravna komponenta, desno: navpična komponenta (foto: A. Gosar)

Figure 1: Short-period seismometers Lehner & Griffith, produced by Teledyne, for the recording of local earthquakes; left: horizontal component, right: vertical component (photo: A. Gosar).



Slika 2:
Dolgoperiodna seizmometra Sprengnether; namenjena merjenju oddaljenih potresov; levo: vodoravna komponenta, desno: navpična komponenta (foto: A. Gosar)

Figure 2:
Long-period seismometers Sprengnether for the recording of distant earthquakes; left: horizontal component, right: vertical component (photo: A. Gosar).

Seizmografi so delovali neprekinjeno 35 let in pol, od 9. julija 1969 do 21. decembra 2004 (Vidrih, 2009).

Za zapisovanje oddaljenih potresov (teleseizmov) se je uporabljal sistem, ki so ga sestavljali dolgoperiodni navpični in dva vodoravna seizmometra podjetja Sprengnether z možnostjo nastavljanja lastne periode instrumenta med 6 in 60 s (slika 2). Dolgoperiodni navpični seizmometer je imel utež nihala z maso 11,2 kg na palici, ki je bila tečajno vpeta na steno ohišja, tako da se je lahko gibala navpično, obenem pa je visela na spiralni vzmeti, ki je bila tudi vpeta v ohišje senzorja. Vodoravni seizmometer je imel vodoravno tečajno nihalo z maso 10,7 kg, vpeto v ohišje z jekleno vzmetjo in podprto z žičnim jarmom, obešenim v točki navpično nad tečajem, medtem ko je bila palica, na kateri je bila pritrjena utež, vodoravna. Zaradi takšne konstrukcije je bilo mogoče nastaviti lastno periodo senzorja. V Ljubljani je bila navpična komponenta nastavljena na lastno periodo 15,7 s, horizontalni pa na 8,2 s. Na vsaki strani uteži sta bili pritrjeni signalni tuljavici, ne eni pa je bila navita še kalibracijska tuljava. Pripadajoči galvanometri so imeli lastno periodo 90 s. Dolgoperiodni seizmometri so temperaturno odvisni,

zato so bili zaščiteni z izolacijskim ohišjem. Registracija je bila tudi v tem primeru optična z zapisom na fotografski papir (slika 3). Dolgoperiodni seizmograf je deloval od 14. aprila 1969 do 21. decembra 2004 (Vidrih, 2009).

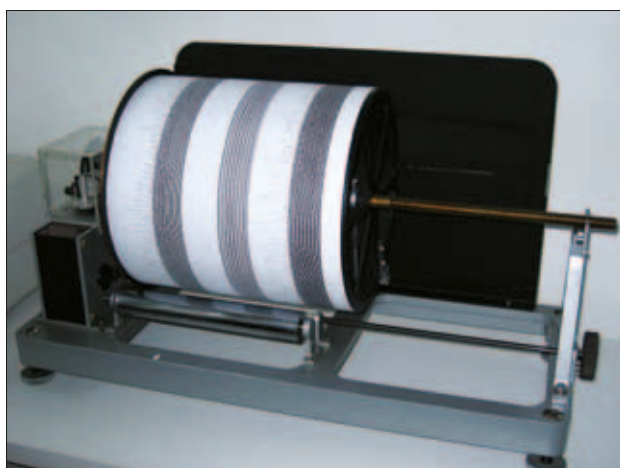
Točen čas za oba seizmografa je dajala ura s termostahiranim oscilatorjem s kremenovim kristalom, ki je na svojem izhodu dajala minutne, urne in 12-urne časovne značke. Ura je bila obenem tudi precizni generator z napajalno izmenično napetostjo s stabilno frekvenco, ki je služila napajanju pisalnikov. Točnost ure je bila boljša od 0,1 s na dan.

Sklepne misli

Čeprav so bili motivi za postavitve Svetovnega standardiziranega seizmografskega omrežja predvsem politično-vojaške narave, je bilo to za razvoj seizmološke znanosti izjemno pomembno. Zbrani podatki o svetovni seizmičnosti so bili ključni pri oblikovanju teorije tektonike plošč, ki ima v geologiji podoben pomen kot evolucijska teorija v biologiji. Leta 1969 se je v to omrežje vključila tudi potresna opazovalnica Ljubljana, kar jo je uvrščalo med najboljše opazovalnice na svetu. Da je šlo za izjemno kakovostno seizmološko opremo, dokazuje tudi dejstvo, da je neprekinjeno delovala več kot 35 let, še dolgo po tem, ko se je v seizmologiji začela digitalna era. Vsi seizmometri so dobro ohranjeni in so razstavljeni v prostorih Urada za seizmologijo in geologijo Agencije RS za okolje.

Viri in literatura

1. Lee, W. H. K., Kanamori, H., Jennings, P. C., Kisslinger, C., 2002. International Handbook of Earthquake & Engineering Seismology. Academic Press, 933.
2. Shearer, P. M., 2009. Introduction to seismology. Cambridge University Press, 396.
3. Vidrih, R., 2009. Nemirna Zemlja: ob 50-letnici moderne seizmologije na Slovenskem. Tehniška založba Slovenije, 120.
4. <http://en.wikipedia.org/wiki/Seismometer>.



Slika 3: Pisalnik z zapisom svetlobnega žarka na fotografski papir (foto: A. Gosar)

Figure 3: Recording unit using a light beam for recording on photographic paper (photo: A. Gosar).