

UPORABA SEIZMOSKOPA WM-1 V SLOVENIJI

APPLICATION OF WM-1 SEISMOSCOPE IN SLOVENIA

UDK 550.34.034(497.4)

Izidor Tasič

mag., Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Vojkova 1b, Ljubljana, izidortasic@gov.si

Peter Sinčič

Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Vojkova 1b, Ljubljana, peter.sincic@gov.si

Povzetek

Seizmoskop WM-1 je razmeroma preprost instrument za spremljanje nihanj tal pri močnih potresnih sunkih, ki so ga ob koncu petdesetih let razvili in tudi množično uporabljali v Združenih državah Amerike. V sedemdesetih in osemdesetih letih prejšnjega stoletja je bil uporabljen tudi na Slovenskem. Za namene projekta, s katerim bi omogočili spremljanje močnih potresov na območju nekdanje Jugoslavije, so ga po načrtih iz ZDA nekoliko spremenjenega izdelovali v začetku sedemdesetih let tudi v Sloveniji. Izdelali so jih 148, od tega jih je bilo v Sloveniji postavljenih 16.

Abstract

WM-1 seismoscope is a relatively simple instrument for recording ground motion during strong earthquakes, which was at the end of the fifties developed and also widely used in the United States and, also on Slovenian territory in the seventies and eighties of the last century. For the purposes of the project, which would allow recording of strong earthquakes on the territory of the former Yugoslavia, the seismoscope was manufactured in Slovenia in the early seventies based on slightly modified USA plans, 148 seismoscopes were produced and 16 of them were installed in Slovenia.

Uvod

Leta 2015 so v kleti občinske zgradbe v Brežicah med prenovitvenimi deli našli instrument z oznako AGO Ljubljana, Seizmoskop WM-1. Instrument, katerega ohišje je že načel zob časa, je bil Wilmotov seizmoskop, ki so ga po načrtih iz ZDA izdelali v Sloveniji v začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja in je bil namenjen zaznavanju močnih potresov (slike 1–4).

Seizmoskop je splošen izraz za seizmološke instrumente, ki na različne načine omogočajo zaznavanje potresa, vendar ne dajo natančnih podatkov o časovnem poteku nihanja tal. Ker so danes časovno usklajeni seizmični podatki bistveni pri fizikalnem vrednotenju potresa, se seizmoskopi v profesionalne namene ne uporabljajo več. V zgodovini spremljanja potresov so bili zelo pomembni.

Najstarejši znani seizmoskop je že leta 132 na Kitajskem izdelal Zhang Heng. Ta instrument, velik skoraj dva metra, naj bi zaznal potrese z žariščem, ki so bili oddaljeni od njega tudi nekaj sto kilometrov. Danes ne vedo več točno, kakšen je bil mehanizem v njegovi notranjosti. Verjetno je temeljil na nihalu, bil pa naj bi dovolj učinkovit, da so potresni valovi močnejših potresov, ko so pripotovali do seizmoskopa, povzročili padec ene od osmih bakrenih kroglic, enakomerno razporejenih na vrhu naprave. Bakrena kroglica je padla v »usta« enemu od žabjih kipcev. Zvok pri padcu je opozoril osebje na potres.

Žaba, ki je imela v ustih bakreno kroglico, je kazala na smer prihoda potresnih valov (Vidrih, 2009).

V Evropi so seizmoskope odkrili šele dobrih šestnajst stoletij pozneje. Leta 1703 je francoski fizik de la Haute Feuille izumil seizmoskop, ki je temeljil na živem srebru. Prva uporaba nihala v napravah za zaznavanje potresov pa sega v leto 1731, ko so naprave uporabljali za spremljanje potresov v Neaplju istega leta (Trifunac, 2009).

Seizmoskop WM-1 je nastal dobrih 200 let pozneje v Združenih državah Amerike. Njegov izumitelj je bil Joe Wilmot. Razvijali so ga med letoma 1956 in 1958 zaradi potreb po čim pogostejšem instrumentalnem opazovanju nihanj tal ob močnih potresih (Hudson, 1958; Cloud in Hudson, 1961). Potresi, ki so imeli v dvajsetih in tridesetih letih dvajsetega stoletja nadžarišča na gosto naseljenih območjih in so povzročili veliko gmotno škodo, so zelo vplivali na inženirske raziskave potresno odporne gradnje. Nekateri od bistvenih vhodnih elementov pri ocenjevanju dinamike gradbenih konstrukcij ob potresu so bili tudi podatki o pospeških med potresom na prostem površju. Za pridobivanje teh podatkov so v ZDA že leta 1932 začeli postavljati mrežo standardiziranih akcelerografov z imenom *USC & GS strong motion accelerograph (USC & GS, pospeškomer močnih nihanj)*, ki so beležili nihanje tal kot funkcijo časa. (US Coast and Geodetic Survey je bila raziskovalna organizacija v ZDA, ki jo je podpirala



Slika 1: Seizmoskop WM-1 v kleti občinske zgradbe v Brežicah
Figure 1: WM-1 seismoscope in the basement of municipal building in Brežice.

država pri raziskovanju različnih geofizikalnih pojavov, tudi pri seizmologiji.) A ob koncu petdesetih let je bilo njihovo število še vedno razmeroma majhno. Eden od glavnih razlogov za to je bila visoka cena, saj akcelero-grafa niso izdelovali industrijsko, ter relativno zahtevno vzdrževanje aparature. Cena akcelero-grafa, pretvorjena v današnje vrednost denarja, bi bila okoli 50.000 ameriških dolarjev. Zato so ob koncu petdesetih let začeli razvijati instrument, ki bi bil preprost za vzdrževanje, poceni za množično proizvodnjo in bi ob močnem potresu dal čim bolj koristno informacijo. To je bil Wilmotov seizmoskop WM-1, preprost instrument, ki je pri močnem potresu neposredno zapisal samo eno točkovno vrednost v spektru odziva nihanja tal. Proizvodna cena je bila 50-krat manjša kot cena standardiziranega akcelero-grafa USC & GS. V poročilu o instrumentu WM-1 leta 1958 je zapisano (Hudson, 1958): »/.../ Naprava v sedanji obliki je primerna za predvideno



Slika 2: Seizmoskop WM-1 (levo) in podnožje, na katerem se je opravljala kalibracija (desno)
Figure 2: WM-1 seismoscope (left) and the base, on which the calibration was performed (right).

uporabo pri meritvah nihanj tal ob močnih potresih.« Ob koncu leta 1962 je bilo v Kaliforniji nameščenih že 100 teh instrumentov, trideset pa jih je čakalo za nadaljnjo postavitve. Načrte in posamezne instrumente so poslali tudi že nekaterim ustanovam zunaj ZDA. Tako so v začetku šestdesetih let v Čilu izdelali že petdeset instrumentov te vrste (Hudson, 1963).

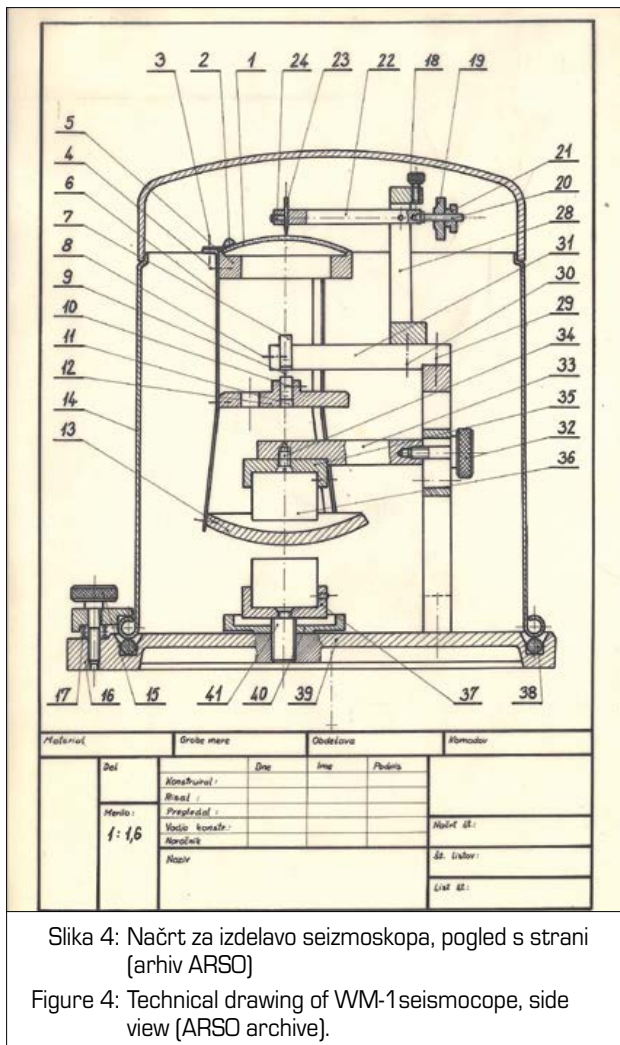
WM-1 v Sloveniji

Leta 1972 so na območju tedanje Jugoslavije začeli izvajati projekt Namestitev instrumentov za registracijo močnih potresov na območju Jugoslavije, ki sta ga skupaj izvajala IZIS (Institut za zemljotresno inženjstvo i inženjersku seizmologiju) iz Skopja kot predstavnik Jugoslavije in Kalifornijski inštitut za tehnologijo (CALTECH) iz ZDA.

Namen projekta je bil postavitve omrežja instrumentov za merjenje močnih potresov, s katerimi je mogoče izmeriti pospeške in druge parametre nihanja tal.



Slika 3:
Proizvodna linija za izdelavo seizmoskopov WM-1 v Sloveniji (arhiv ARSO)
Figure 3:
WM-1 seismoscope production line in Slovenia (ARSO archive).

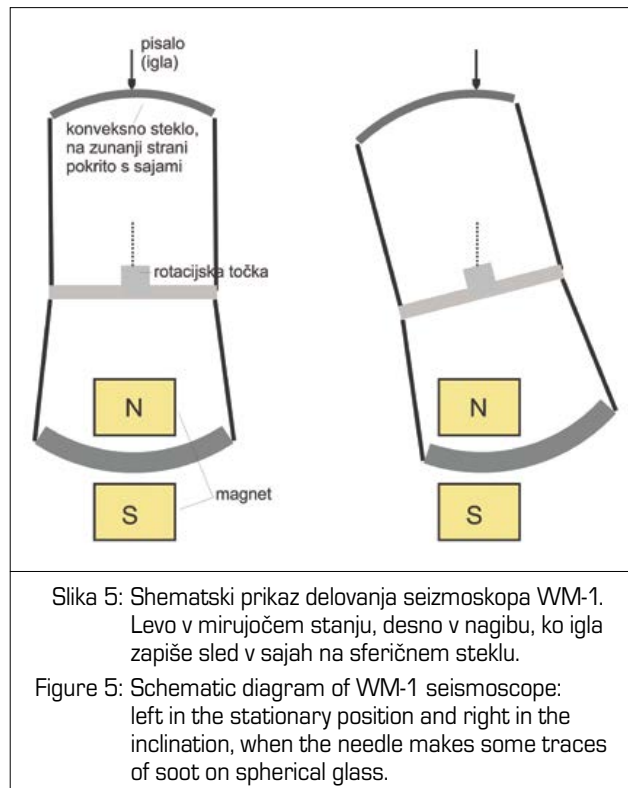


Slika 4: Načrt za izdelavo seizmospopa, pogled s strani (arhiv ARSO)

Figure 4: Technical drawing of WM-1 seismoscope, side view (ARSO archive).

Potresne sile, ki delujejo na objekte, so sorazmerne s tem nihanjem, s tem pa tudi njihovi učinki na objektih. S poznavanjem zakonitosti delovanja teh sil lahko izboljšamo predpise za potresno odporno gradnjo. Zgrajeno je bilo omrežje opazovalnic za registracijo močnih potresov s poudarkom na območjih, ki so znana po močnih potresih. Na celotnem ozemlju Jugoslavije so namestili več kot 200 akceleroagrafov in 200 seizmospopov WM-1. Projektu se je pridružil takratni Astronomsko-geofizikalni observatorij (AGO) na Golovcu nad Ljubljano. Sodelovali so pri nameščanju instrumentov po terenu, lotili pa so se tudi izdelave seizmospopov (slika 3) skupaj z Inštitutom Jožef Stefan. Izdelava instrumenta je zahtevala veliko znanja in finomehaničnih sposobnosti. V letih 1973–1974 so z manjšo spremembo originalnega Wilmotovega seizmospopa izdelali 99, pozneje pa še 49 seizmospopov. Spremenili so ohišje instrumenta, saj so za zgornji del ohišja uporabili pleksisteklo, kar je omogočilo takojšnji pogled na osajeno steklo. Če je bil dogodek zapisan, zato ni bilo treba odpirati ohišja, s čimer bi lahko v zapis vnesli dodatno motnjo.

Na območju Slovenije je bilo za namene prej omenjenega projekta poleg 12 akceleroagrafov SMA-1 postavljenih 16 seizmospopov WM-1, in sicer pet na območju Ljubljane, po trije v Brežicah in Ilirski Bistrici, po dva v Tolminu in



Slika 5: Shematski prikaz delovanja seizmospopa WM-1. Levo v mirujočem stanju, desno v nagibu, ko igla zapiše sled v sajam na sferičnem steklu.

Figure 5: Schematic diagram of WM-1 seismoscope: left in the stationary position and right in the inclination, when the needle makes some traces of soot on spherical glass.

Laškem ter eden v Krškem. Instrumente je upravljali in jih vzdrževali IZIS, po osamosvojitvi Slovenije pa je Seizmološki zavod RS nadomestil takrat že zastarele seizmospope z digitalnimi akceleroagrafi.

Načelo delovanja seizmospopa WM-1

Seizmospop WM-1 je z ohišjem vred visok 27 centimetrov in ima premer 24 cm. Deluje po načelu nihala, ki lahko niha v vseh vodoravnih smereh. To mu omogoča žica, ki povezuje nihalo z ohišjem in je pripeta v težišču nihala (slika 5). Na vrhu nihala je vpeto sferično steklo, ki je enakomerno prekrito s sajami. Nihanje v horizontalni ravnini se zapiše tako, da igla, ki se komaj dotika stekla, v saje zarisuje sled dvodimenzionalnega nihanja tal ob potresu. Spodnji del nihala je prav tako sferično oblikovana kovinska ploščica, ki leži v stalnem magnetnem polju, s katerim sta se natančno nastavila dušenje in frekvenca sistema. Frekvenca seizmospopa je nastavljena na $T_0 = 0,75$ s z dušenjem, ki dosega 10 % kritičnega dušenja. Te parametre so pri načrtovanju seizmospopa predvideli v ZDA po temeljitem študiju celotnih krivulj odziva spektra za do takrat zabeležene močne potrese in dinamičnih značilnosti tipičnih gradbenih konstrukcij v ZDA. Največji odmik ugotovljene sledi da neposredno informacijo o spektralni vrednosti potresnega gibanja za frekvenco, ki ustreza frekvenci seizmospopa. Seizmospop je namenjen zapisovanju močnih potresnih sunkov in je omogočal točkovni podatek o potresu šele, ko je na lokaciji nihanje tal zaradi potresa presežilo intenziteto



Slika 6: Zapis potresa 6. maja 1976 v Furlaniji Julijski Krajini na osajeni sferični stekleni ploščici instrumenta, postavljenega v občinski zgradbi v Tolminu (Mihajlov, 1978)

Figure 6: Earthquake recording from 6 May 1976 in Friuli Venezia Giulia on smoked spherical glass of seismoscope installed in the municipal building in Tolmin (Mihajlov, 1978).

V. stopnje. Spremljal pa je lahko horizontalne pospeške do vrednosti 0,1 težnostnega pospeška.

Mrežo seizmoskopov na območju Slovenije je upravljal IZIS, ki je tudi analiziral zapise instrumentov, ovrednotil in shranjeval podatke. Najmočnejši potres v tem obdobju, ki je nastal 6. maja 1976 v Furlaniji Julijski Krajini in je povzročil gmotno škodo v Posočju, je zaznalo šest seizmoskopov. Najbližje nadžarišču potresa sta bila instrumenta, postavljena v Tolminu. Primer zapisa instrumenta v zgradbi občine prikazuje slika 6 (Mihajlov, 1978).

Sklepne misli

Seizmološki instrumenti iz prve polovice dvajsetega stoletja so bili mehanična mojstrovina. V tem času je bila še vedno ena glavnih težav, kako in na kaj zapisati nihanje tal ob potresu, da bo zapis lepo berljiv in natančen, ter kako pri zapisu upoštevati točen čas. Zato so bili akcelerografi in seizmografi ne samo dragi za izdelavo, temveč so zahtevali tudi nenehno ter drago vzdrževanje. Seizmoskop WM-1 je bil kompromis, saj njegova izdelava ni bila draga, vzdrževanje je bilo minimalno, informacija o nihanju tal ob potresu pa je bila zelo skopa oziroma samo točkovna. Iz podatkov o vzdrževanju »instrumentov za močne potrese za leto 1982 na območju Slovenije« (IZIS, 1982) je razvidno, da je akcelerograf SMA-1 stal 93.083 dinarjev (akcelerograf, ki so ga naredili v podjetju Kinometrics v ZDA), seizmoskopi WM-1, ki so jih proizvajali v Sloveniji, pa so stali 9339 dinarjev, torej desetkrat manj. Toda stroški za rezervne in dotrajane dele za petnajst akcelerografov SMA-1 v letu 1983 na območju Slovenije so bili ocenjeni na 40.000 dinarjev na leto, kar zneso skoraj polovico cene enega akcelerografa. Ti stroški so bili pri seizmoskopu WM-1 zanemarljivi.

Sodobni akcelerografi danes nas obveščajo o kompleksnem nihanju tal ob močnem potresu v širokem frekvenčnem območju v digitalizirani obliki, kar omogoča preprosto nadaljnjo analizo podatkov. Zato bi imel danes instrument WM-1 samo vlogo indikatorja, torej instrumenta, ki je zaznal dogodek, in nič več. V preteklosti, ko se je inženirska seizmologija šele začela razvijati, je bil vsak podatek zelo pomemben. To velja tudi za podatke iz seizmoskopov WM-1. Predvsem pa to velja za tisto obdobje v Sloveniji, ko je bilo zelo težko dobiti kakovostne instrumente iz tujine in je domača proizvodnja poskušala pokriti strokovne potrebe.

Viri in literatura

1. Vidrih, R., 2009. Nemirna zemlja, Tehniška založba Slovenije, 34.
2. Trifunac, M. D., 2009. 75th anniversary of strong motion observation – A historical review, *Soil Dyn. Earthq. Eng.* 29, št. 4, 591–606.
3. IZIS, 1982. Program održavnaja instrumenta za registraciju jakih zemljotresa na teritoriju SR Slovenije za Kalendarsku 1983 godinu, Skopje.
4. Hudson, D. E., 1958. The Wilmot survey type strong-motion earthquake recorder. California Institute of Technology (Technical Report), <http://resolver.caltech.edu/CaltechEERL:1958.EERL1958.001> (1. 4. 2016).
5. Hudson, D. E., 1963. The measurement of ground motion of destructive earthquakes, *Bull. Seis. Soc. Amer.*, 53 (2), 419–437.
6. Cloud, W. K., Hudson, D. E., 1961. A Simplified Instrument for Recording Strong Motion Earthquakes, *Bull. Seis. Soc. Amer.*, 51, št. 2.
7. Mihajlov, V., 1978. Friuli earthquakes 1976; Strong motion accelerograph records. Effects of recent earthquakes in Italy and other countries, Session III, in IABSE Symposium (Bergamo): Seminar on constructions in seismic zones. *Proceedings*, 30, 1–14.