

SEIZMOGRAFI V SLOVENSKIH OSNOVNIH ŠOLAH

Martina Čarman¹, Miha Lanjšček², Jurij Pahor³, Gregor Rajh⁴, Mladen Živčić⁵

Povzetek

Devet slovenskih osnovnih šol se je odzvalo pobudi Agencije RS za okolje in omogočilo postavitev seizmografov Raspberry Shake 4D v šolskih prostorih. S postavitvijo seizmografov v osnovnih šolah želimo vzbuditi zanimanje za seizmologijo pri osnovnošolcih in učiteljih, jih opogumiti k ogledu in analizi seizmogramov ter prek teh dejavnosti dvigniti zavest o nevarnosti potresov in hkrati izboljšati kulturo potresno varnega obnašanja. V prispevku opišemo sestavo in delovanje seizmografa Raspberry Shake 4D, postopek postavljanja po osnovnih šolah in predstavimo učna gradiva, povezana s seizmologijo, ter njihov pedagoški prispevek.

SEISMOGRAPHS IN SLOVENIAN PRIMARY SCHOOLS

Abstract

Nine Slovenian primary schools responded to the initiative of the Slovenian Environment Agency to install Raspberry Shake 4D seismographs in their school premises. By placing seismographs in schools, we aim to raise interest in seismology in primary school students and teachers, encourage them to view and analyse seismograms, and raise awareness of the dangers of earthquakes while improving the culture of earthquake-safe behaviour. In this article, we describe the components, and provide insight into the operation of the Raspberry Shake 4D seismograph. We outline the process of installation in primary schools and present educational materials related to the field of seismology and their contribution to pedagogical practice.

¹ dr., Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, martina.carman@gov.si

² Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, miha.lanjscek@gov.si

³ Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, jurij.pahor@gov.si

⁴ dr., Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, gregor.rajh@gov.si

⁵ mag., Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, mladen.zivcic@gov.si

UVOD

Slovenija leži na severozahodnem robu sredozemsko-transazijskega seizmičnega pasu, ki je med potresno najdejavnejšimi območji na Zemlji. Potresi v Sloveniji so posledica občasnih premikov v širokem območju stikov Evrazijske, Jadranske in tektonske plošče Tisza (Placer 1981, 1999; Poljak, 2000; Poljak in sod., 2010). Tako močnih potresov, kot so ponekod po svetu, pri nas ne pričakujemo. V večjem delu države lahko učinki potresov dosežejo VII. EMS-98 (sedmo stopnjo po evropski potresni lestvici). Nekatera območja lahko prizadenejo tudi učinki VIII. ali celo IX. EMS-98. Potresov ne moremo napovedati ali preprečiti, lahko se nanje le ustrezno pripravimo in tako omilimo njihove posledice. Poleg potresno odporne gradnje, ki je ključna za zaščito pred posledicami potresa, je zelo pomembno tudi obnašanje pred potresom, med njim in po njem. To so veščine in navade, ki se jih moramo naučiti zgodaj in jih nato nenehno dopolnjevati. Na ARSO smo se zato odločili, da učence osnovnih šol poskušamo spodbuditi k aktivnemu usvajanju teh veščin.

S postavitvijo seizmografov v šolah lahko pri učiteljih in učencih vzbudimo zavedanje, da se potresi dogajajo in so nepredvidljivi. Izkušnje v svetu (Berenguer in sod., 2020) kažejo, da s takim pristopom šolarji postanejo pozorni na novice o potresih in se tako prek različnih medijev srečajo z njihovimi učinki. O potresni tematiki nato pripovedujejo v domačem okolju in tako o pomembnosti potresno varnega obnašanja ozavešajo tudi svoje najbližje. Tako ozaveščena šolska skupnost lahko pripravi potresno varno okolje le z majhnimi spremembami, na primer z umikanjem predmetov, ki lahko padejo na učence med potresom z omar, polic in sten, s pritrditvijo visokih omar ob stene, s prepoznavanjem varnih mest v prostorih itn.

Z objavo poučnih besedil in filmov o potresih želimo učencem omogočiti dostop do ustreznih strokovnih razlag v slovenskem jeziku, obenem pa lahko prosto dostopna gradiva učitelji uporabijo pri učnih urah. Gradiva s seizmološko tematiko širimo prek digitalnih kanalov, predvsem spleta <https://potresi.arso.gov.si>, YouTube kanala ARSO potresi https://www.youtube.com/channel/UCwmPlwGmpWHxJ7Sgflz_eYQ

ter družbenih omrežij Twitter https://twitter.com/arso_potresi in Facebook <https://www.facebook.com/ARSOpotres>.

Z namestitvijo seizmografov v šole želimo pritegniti tudi zanimanje učencev in učiteljev za znanost in tehnologijo. Učence želimo motivirati, da si ob potresu ogledajo zabeležene podatke in jih analizirajo. Pri tem se lahko na resničnih, znanstvenih in aktualnih podatkih učijo, kako locirati potres in izračunati magnitudo, hkrati pa z vpogledom v seizmograme dobijo predstavo o trajanju tresenja tal. Reševanje resničnih problemov učence spodbuja h kritičnemu mišljenju, krepi njihove analitične veščine ter širi njihovo znanje in razumevanje narave.

Po svetu so bile v izobraževalne namene vzpostavljene že številne seizmološke mreže, na primer v ZDA (Levy in Taber, 2005), Veliki Britaniji (Denton, 2009), Italiji (Cantore in sod., 2003; Solarino in Eva, 2009), Švici (Sornette in Haslinger, 2009), Franciji (Courboullex in sod., 2012; Berenguer in sod., 2020) in drugod. V omenjenih projektih se je pokazalo, da sta za njihovo trajnost in uspešnost pomembna predvsem dva elementa. Prvi je izobraževanje učiteljev na različnih delavnicah, seminarjih in konferencah, na katerih so učitelji lahko v sodelovanju s seizmologi razvili veščine analiziranja potresov in pridobili seizmološko znanje. Ta nova znanja so učitelji, ki imajo hkrati pedagoške sposobnosti, na primeren način lahko predali učencem. Obenem so si na takih srečanjih učitelji medsebojno izmenjevali izkušnje, gradivo in dobre učne prakse. Drugi element je, da učencem ponudimo privlačna učna gradiva in prijazna ter dovolj preprosta tehnična orodja za obdelavo seizmoloških podatkov.

SEIZMOGRAF RASPBERRY SHAKE

Seizmografe Raspberry Shake 4D (v nadaljevanju: RS4D, slika 1) izdeluje podjetje Raspberry Shake iz Paname (Raspberry Shake, 2023). Sestavljeni so iz majhnega računalnika Raspberry Pi (Fundacija Raspberry Pi, 2023), vezja Raspberry Shake za digitalizacijo meritev in seizmičnih tipal. Nihanje tal sočasno beležita navpično orientiran geofon in trikomponentni pospeškometer. Vezje Raspberry Shake ojača analogni signal iz seizmičnih tipal ter ga digitalizira s 100 vzorci na sekundo in s 24-bitno ločljivostjo vzorčenja. Iz digitaliziranega signala nato sestavi sekundo dolge podatkovne pakete in jih posreduje računalniku Raspberry Pi. Ta paketom doda podatek o točnem času ter jih zapiše v format miniSEED (SEED



Slika 1: Seizmograf Raspberry Shake 4D

Figure 1: Raspberry Shake 4D seismograph

Manual, 2023), ki je uveljavljen standard za izmenjavo seizmičnih podatkov. Tako pripravljene seizmograme lahko prek internetne povezave pošilja neposredno v svetovno seizmološko mrežo Raspberry Shake (FDSN, 2023). Seizmogrami iz vseh seizmografov Raspberry Shake, ki sproti pošiljajo podatke v seizmološko mrežo, so prosto dostopni v aplikacijah spletnega portala <https://shakenet.raspberrypi.org>. Uporaba nekaterih aplikacij spletnega portala je podrobneje opisana v nadaljevanju besedila.

Seizmične podatke lahko pridobimo tudi neposredno iz seizmografa, saj je v njem instaliran strežniški program, t. i. seedlink strežnik (EarthScope Consortium, 2023), s katerim se lahko povežemo z ustrežno programsko opremo, ki je namenjena prenašanju seizmogramov v formatu miniSEED. Primer take prosto dostopne programske opreme je paket SWARM (USGS, 2023). Še drugače pa lahko seizmograme preprosto kopiramo s spominske kartice, na kateri je poleg operacijskega sistema tudi arhiv podatkov, ki jih seizmograf zapisuje.

Točen čas je v seizmoloških opazovanjih zelo pomemben, saj se le meritve iz med seboj časovno usklajenih seizmogramov lahko uporabljajo za različne analize. Če je mogoče, poskušajo seizmologi vzpostaviti sinhroniziranje seizmološke merilne opreme s točnim časom s satelitskih navigacijskih sistemov (GNSS, 2023). Ko to ni mogoče, lahko seizmograf pridobi točen čas prek svetovnega spleta z javnih časovnih strežnikov NTP (Network Time Protocol, 2023). Pričakovana časovna natančnost ob uporabi tega protokola je sicer slabša, vendar še vedno v velikostnem redu vzorčenja, tj. 10 ms (Raspberry Shake Manual, 2023).

Vertikalni geofon (Earth Sciences, 2023) je pasivni senzor za merjenje hitrosti tresenja tal. Uporaben je za merjenje nihanja tal v frekvenčnem območju, v katerem je njegov odziv linearen, to je približno med 0,5 in 50 Hz. Za kakovost senzorjev je pomembna spodnja frekvenčna meja, saj je večina potresnega valovanja lokalnih potresov izražena v frekvenčnem območju 1–20 Hz, valovanje iz bolj oddaljenih potresov pa vsebuje še nižje frekvence. To tipalo je robustno in zato preprosto za transport, ne more pa zapisati močnih tresljajev, saj pri premočnem tresenju doseže mejo merilnega območja. Zapisovanju močnejših lokalnih potresov je namenjen trikomponentni MEMS pospeškometer (MEMS Accelerometers, 2023) z dinamičnim merilnim območjem ± 2 g (g je težnostni pospešek, približno $9,81 \text{ m/s}^2$). Nihanje tal meri v treh medsebojno pravokotnih smereh – navpični, vzhod–zahod in sever–jug. Signal šibkih do zmernih lokalnih potresov je v zapisih iz tega senzora večinoma zakrit z instrumentalnim šumom, vendar je njegova uporaba v RS4D smiselna, saj zaradi nizke cene bistveno ne podraži celotnega instrumenta, hkrati pa zagotavlja zapis močnejših signalov.

Ohišje instrumentov RS4D, ki smo jih izbrali za namestitev v osnovnih šolah, je prozorno in omogoča vpogled v notranjost naprave, kar je še posebej primerno za izobraževalne in demonstracijske namene. Mogoča je tudi izvedba seizmografov z vodotesnim kovinskim ohišjem.

POSTAVITEV INSTRUMENTOV V SLOVENSKIH OSNOVNIH ŠOLAH

Seizmografe Raspberry Shake RS4D smo namestili v devet osnovnih šol (preglednica 1 in slika 2).

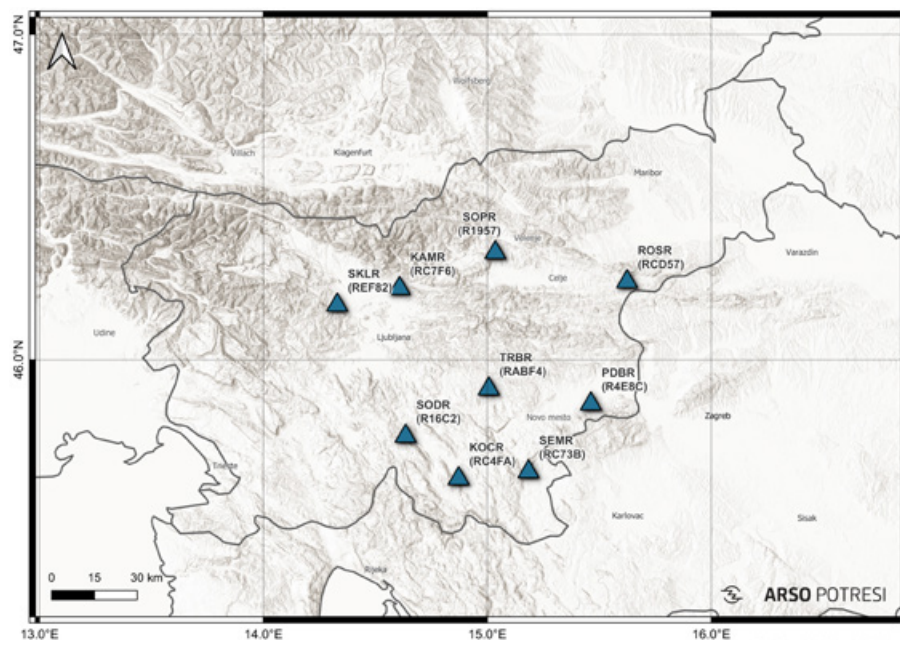
Ta razmeroma majhen seizmograf za svoje delovanje potrebuje le enosmerno napajanje in dostop do spleta. Z zadostitvijo prvega pogoja v šolah navadno ni težav, težje pa je zagotoviti dostop do spleta. Ker brezžična (wifi) povezava s spletom prek vgrajenega vezja lahko vnaša motnje v zapis tresenja tal, smo vse seizmografe v omrežje povezali z omrežnim kablom. Seizmograf je najbolje namestiti v miren prostor v najnižji etaži stavbe (pritličje ali klet), brez stalne prisotnosti učencev ali drugega šolskega osebja. Seizmograf ne loči med vzroki za tresenje tal. Če je v bližini veliko prometa, ljudi, vzdrževalnih del in podobnih motečih dejavnikov, lahko njihovi tresljaji popolnoma zakrijejo signal šibkejšega potresa. V šolah se je zaklonišče izkazalo kot najprimernejše okolje za namestitev seizmografa, saj gre za redko obiskan kletni prostor. Motenj v neposredni bližini seizmografa je tam malo, zato je razmerje med signalom (s potresi povzročeno nihanje tal) in šumom (nihanje tal, povzročeno z drugimi vzroki) v primerjavi z drugimi prostori bistveno boljše, kar omogoči prepoznavanje in analizo šibkejših potresov. V sodelujočih šolah, ki nimajo zaklonišča ali pa omrežni kabel do njega ni napeljan, smo našli druge mirne prostore, opremljene z ustreznimi priključki. Kot primerni so se pokazali pritlične ali kletne delavnice in kabineti, ki se uporabljajo le občasno. Učilnice, kotlovnice in drugi pogosto uporabljeni prostori so zaradi hrupa, radovednosti učencev in drugih motenj neprimerni za namestitev seizmografov. Namestitev seizmografa v nadstropje za analize potresov ni zaželeno, saj odziv stavbe spremeni zapis nihanja tal.

Seizmografi Raspberry Shake so lahki in bi se ob močnem tresenju tal premaknili, zato smo jih pritrdili v tla (slika 3 a in c) oziroma na težke betonske podstavke (slika 3 b in d). Ohišja izbranih seizmografov niso

Osnovna šola	Datum postavitve	Oznaka seizmografa v mreži Raspberry Shake
OŠ Cvetka Golarja, Škofja Loka	23. 6. 2022	REF82
OŠ Podbočje, Podbočje	29. 6. 2022	R4E8C
OŠ Frana Albrehta, Kamnik	13. 12. 2022	RC7F6
OŠ bratov Letonja, Šmartno ob Paki	14. 12. 2022	R1957
OŠ Trebnje, Trebnje	24. 1. 2023	RABF4
OŠ Ob Rinži, Kočevje	25. 1. 2023	RC4FA
JVIZ II. OŠ Rogaška Slatina, Rogaška Slatina	9. 3. 2023	RCD57
OŠ Belokranjskega odreda Semič, Semič	16. 3. 2023	RC73B
OŠ dr. Ivana Prijatelja Sodražica, Sodražica	30. 5. 2023	R16C2

Preglednica 1: Seznam osnovnih šol, razvrščenih po datumu namestitve seizmografa Raspberry Shake

Table 1: List of primary schools sorted by the date of installation of the Raspberry Shake seismograph



Slika 2: Lokacije seizmografov Raspberry Shake v slovenskih osnovnih šolah

Figure 2: Locations of the Raspberry Shake seismographs in Slovenian primary schools

vodotesna. Nekoliko dvignjen podstavek zato napravo štiti tudi pred morebitnim vdorom meteornih vod v kletne prostore. Vse seizmografe smo namestili v kot ali ob steno (slika 3), čim dlje od morebitnih motočih dejavnikov. Orientirali smo jih proti severu oziroma si, če to ni bilo mogoče zaradi priključkov, zapisali njihovo orientacijo. Ob uporabi zapisa pospeškometra lahko s tem podatkom rekonstruiramo prostorsko gibanje podlage ob močnem potresu. Seizmografe smo postavili v vodoravno lego s pomočjo vodne tehtnice na ohišju naprave. Ob seizmografu smo pustili obvestilo »Seizmograf, ne premikaj!« s kontaktnimi podatki. Ko je seizmograf nameščen, je pomembno, da ga nihče ne premika oziroma se nas o morebitnem premiku obvesti.

Do vseh seizmografov smo uredili oddaljen dostop iz središča za obdelavo seizmoloških podatkov na Agenciji RS za okolje, kar nam omogoča upravljanje nastavitvev in neposreden prenos podatkov z naprave. Vsak seizmograf podatke neprestano pošilja tudi v mrežo seizmografov Raspberry Shake.

PRAKTIČNA UPORABA SEIZMOGRAMOV V ŠOLAH

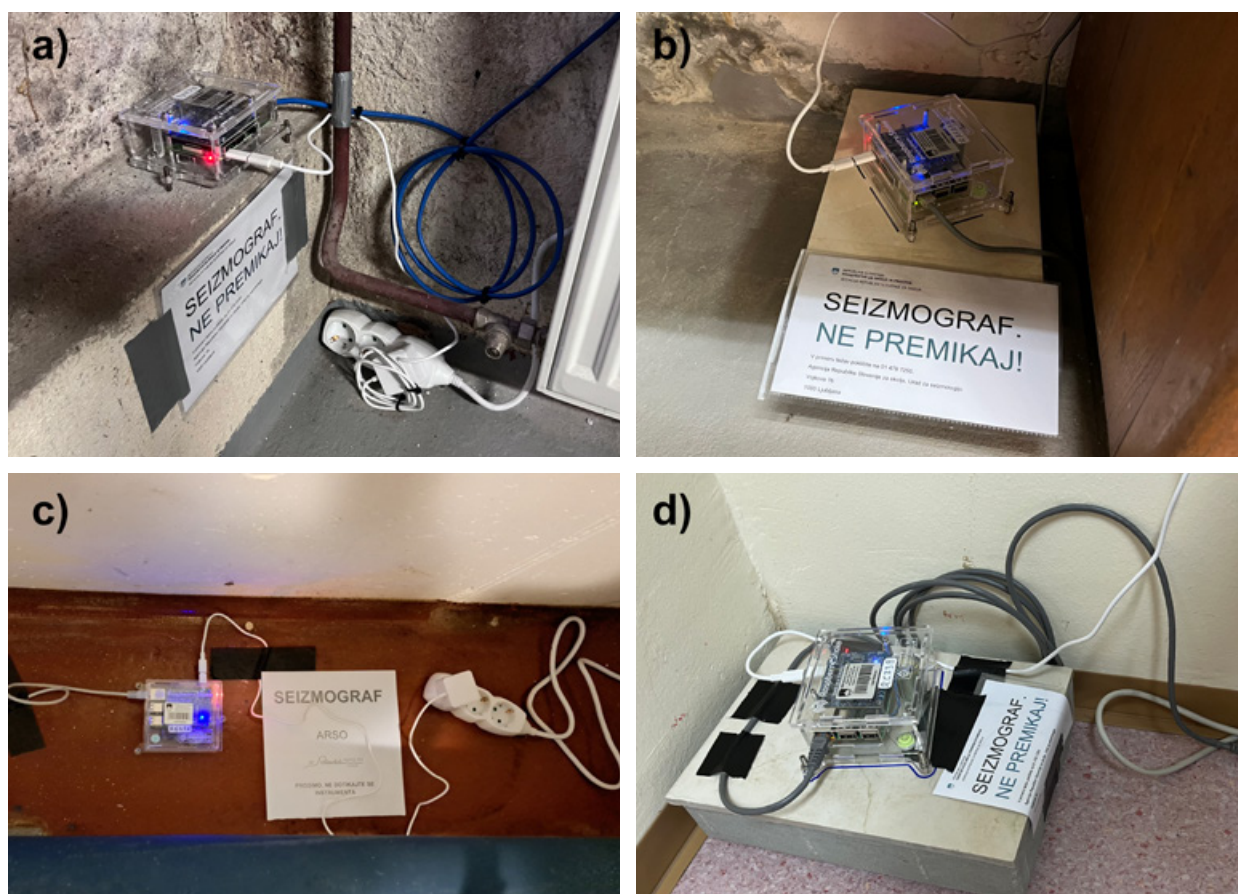
Vključevanje seizmologije v šolski učni program omogoča učencem pridobivanje temeljnega znanja o Zemlji ter spodbuja njihovo radovednost in veselje do znanosti. Pri učencih lahko ukvarjanje s seizmogrami vzbudi zanimanje za potrese in premikanje Zemljine litosfere ter omogoča razvijanje različnih znanstvenih, tehničnih in raziskovalnih spretnosti.

Ogled in analiza seizmogramov pri učencih odpirata vprašanja različnih znanstvenih področij, kot so geografija, geologija, fizika, matematika in računalništvo. Učenci lahko v seizmogramih prepoznavajo vzorce, analizirajo podatke, izvajajo statistične analize in se ukvarjajo z naprednimi tehnikami digitalne obdelave signalov. To spodbuja interdisciplinarno razmišljanje in razumevanje celovitih povezav med različnimi znanstvenimi disciplinami:

FIZIKA. Seizmogrami so odličen način za poučevanje osnovnih fizikalnih konceptov, povezanih z valovanjem. Učenci se lahko naučijo, kako različne vrste valovanj, kot so vzdolžno, prečno in površinsko, potujejo skozi Zemljo ter kako jih seizmografi zaznajo in pretvorijo v grafični zapis (slika 4).

GEOLOGIJA in GEOGRAFIJA. Seizmogrami učence spodbudijo k proučevanju geoloških procesov in naravnih pojavov, povezanih s premikanjem Zemljine litosfere. Proučujejo lahko seizmogram resničnega potresa in ugotavljajo vzorce, ki jih povzročajo različno oddaljeni potresi. Pri tem lahko proučujejo zapise s seizmografov z različnih delov sveta ter primerjajo in analizirajo zabeležene potrese (npr. slika 4). To jim omogoča, da pridobijo vpogled tudi v geografsko porazdelitev potresov ter boljše razumevanje potresne nevarnosti in ogroženosti različnih regij.

Šestega februarja 2023 se je v Turčiji zgodil močan potres z magnitudo 7,7 (Rajh in Cecić, 2023). Valovanje je po štirih minutah in pol na nadžariščni razdalji okoli 2000 km zaznalo sedem seizmografov Raspberry Shake (slika 4), ki so bili takrat namešteni



Slika 3: Primeri postavitve seizmografov Raspberry Shake v slovenskih osnovnih šolah

Figure 3: Some examples of the Raspberry Shake seismograph installations in Slovenian primary schools

v slovenskih šolah. Instrumenti so približno deset minut pozneje zaznali še popotres z magnitudo 6,6.

MATEMATIKA in TEHNIKA. Učenci se lahko učijo locirati potrese in določati magnitudo potresov. Pri interpretaciji seizmogramov, pri čemer morajo razbrati čase prihoda in amplitudo različnih faz valovanja, razvijajo tehnične veščine obdelave podatkov.

GRADBENIŠTVO. Z analizo seizmogramov lahko učenci spoznajo, kako se potresno valovanje širi in kako lahko stavbe in infrastruktura prenašajo to gibanje. To jih spodbuja k razmišljanju o načinih za zmanjšanje tveganja, o gradnji potresno odpornih struktur in o mogočih izboljšavah v šolskih prostorih, ki bi povečale potresno varnost učencev.

POTRESNA VARNOST. Seizmograf, nameščen v šolske prostore, lahko poveča zavedanje šolske skupnosti o pomenu potresno varnega obnašanja in ukrepov za zaščito pred potresnimi dogodki. Učenci se lahko naučijo, kako se odzvati na potresno situacijo in kako se zaščititi. Sodelovanje v vajah evakuacije in pri ozaveščanju o potresnih tveganjih lahko pomaga zmanjšati število poškodb in žrtev ob potresu.

RAZISKOVALNO DELO. Seznanjanje s seizmogrami spodbuja učence k raziskovalnemu delu in postavljanju vprašanj. Učenci se lahko lotijo lastnih projektov, kot je analiza potresnih vzorcev na določenem območju ali raziskovanje vpliva potresov na okolje. To spodbuja njihovo kritično razmišljanje, njihove raziskovalne spretnosti in jih navdihuje za nadaljnje izobraževanje na področju seizmologije ali sorodnih znanstvenih disciplin.

Na ARSO smo pripravili navodila, kako seizmograme, zabeležene na slovenskih osnovnih šolah, pogledati in kako z njimi locirati potres. Navodila smo naložili na javno dostopen YouTube kanal ARSO potresi (<https://tinyurl.com/youtube-ARSO-potresi>).

UČNA GRADIVA O POTRESIH IN IZVEDENE DEJAVNOSTI

Na YouTube kanalu ARSO potresi smo pripravili film z navodili za ogled in analizo seizmogramov ter za lociranje potresov. Na isti kanal smo naložili tudi prevedeno in sinhronizirano različico filma o strukturi Zemlje, ki so ga pripravili kolegi na EarthScope

Consortium (<https://www.earthscope.org/>). Druge učne vsebine so dosegljive na spletnem portalu ARSO potresi (<http://potresi.arso.gov.si/>) v zavihku Učne vsebine.

Pripravili smo spletno sobo pobega na temo potresov z naslovom Pred vrati so počitnice (<https://tinyurl.com/seizmo-soba-pobega>, slika 5). Gre za virtualno igro, pri kateri se en ali več igralcev znajdejo zaklenjeni v sobi in morajo v 60 minutah s pomočjo namigov, ugank ter iskanja skritih predmetov najti pot iz sobe. Igra je odlična priložnost za zabavno učenje seizmologije, obenem pa omogoča razvijanje različnih spretnosti, kot so timsko delo, kritično razmišljanje, reševanje problemov in vztrajnost.

V sklopu tehniških in naravoslovnih dni smo na nekaterih osnovnih šolah izvedli predavanja. Tako smo preizkusili, kakšno podajanje vsebin je otrokom zanimivo in katere vsebine jih pritegnejo. Pri tem nas ni zavezoval učni načrt, zato smo lahko snov prosto izbirali in spreminjali. Vse v ta namen pripravljene vsebine bodo na voljo na spletnem portalu ARSO potresi, v zavihku Učne vsebine, in tako prosto dosegljive učiteljem za izvedbo morebitnih tehniških ali

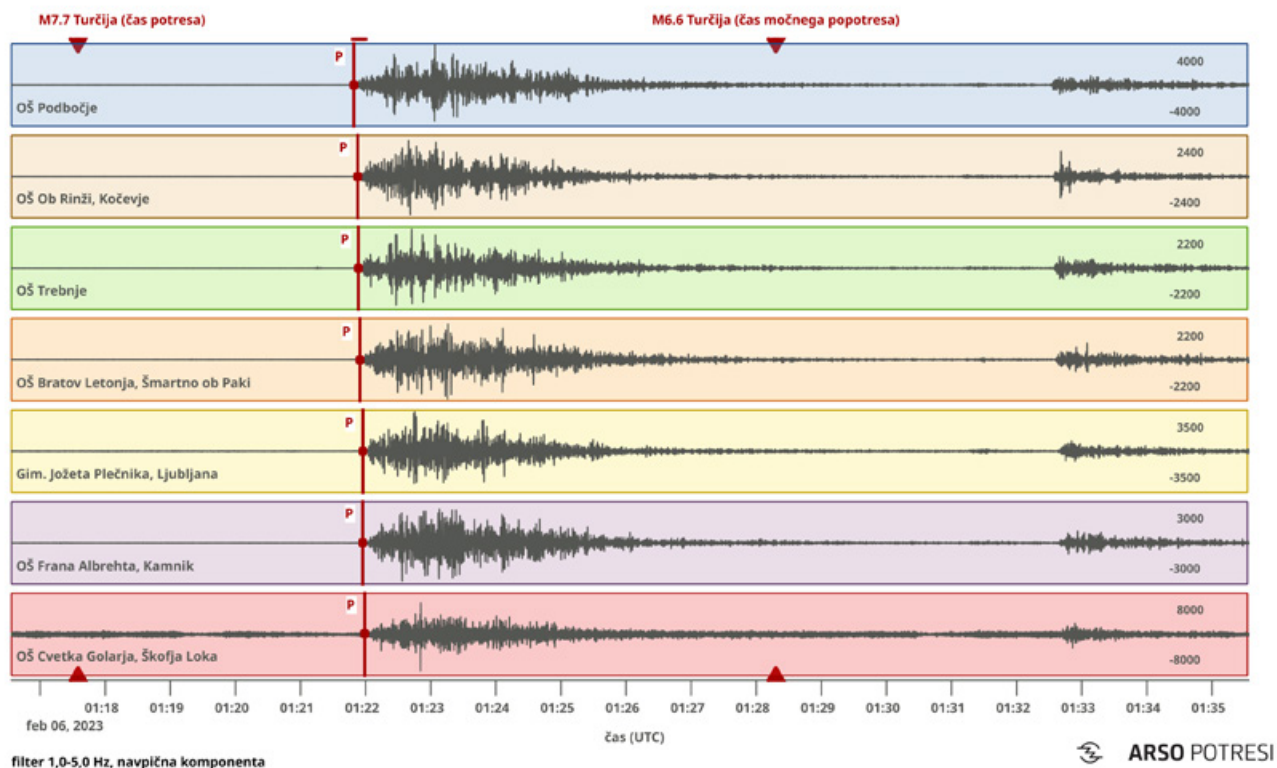
naravoslovnih dni v lastni izvedbi. Učiteljem bodo v istem zavihku dosegljivi tudi kviz, uganke in rebusi, povezani s seizmologijo. Te lahko učitelji za popestritev pouka vključijo v program.

V okviru Znanstivala 2023, ki ga vsako leto organizira Hiša eksperimentov, smo imeli 3. junija 2023 na Vrto eksperimentov na Stritarjevi ulici v Ljubljani stojnico. Seizmograf Raspberry Shake je beležil gibanje tal pod našo stojnico. Mimoidoči so si lahko seizmograme ogledali, se z nami pogovarjali o potresih, predstavili pa smo jim tudi mrežo seizmografov, nameščenih v slovenskih osnovnih šolah.

UPORABA SEIZMOGRAMOV TUDI V RAZISKOVALNE NAMENE

Poleg boljše pripravljenosti šolske skupnosti na morebitne potresne dogodke lahko seizmografi v šolah prispevajo tudi k znanstvenemu raziskovanju in razumevanju potresov.

Uporaba seizmogramov iz šolskih potresnih opazovalnic omogoča raziskovalcem boljše določanje



Slika 4: Zapis močnega potresa in popotresa v Turčiji, 6. februarja 2023, na seizmografih Raspberry Shake v slovenskih osnovnih šolah

Figure 4: Recording of a strong earthquake and aftershock in Turkey on 6th February 2023 on the Raspberry Shake seismographs in Slovenian primary schools

lokacije in lastnosti potresa, ki smo ga zabeležili, ter določanje lastnosti Zemljine notranjosti, skozi katero je potresno valovanje potovalo od žarišča potresa do opazovalnice. S postavitvijo preprostih nizkocenovnih seizmografov, čeprav bistveno slabše kakovosti od profesionalne opreme, postavljene na potresnih opazovalnicah, zgomostimo število lokacij, v katerih bodo potresi zabeleženi. Večje kot je število opazovalnic, ki so zabeležile neki potres, večje so možnosti, da bolj natančno določimo lastnosti potresa. Z večjim številom seizmografov obenem povečamo verjetnost, da bo potres zabeležen v bližini nadžarišča. Uporabna vrednost tega bližnjega seizmograma je zelo pomembna pri določanju globine žarišča potresa (Havskov in Ottemoller, 2010).

Dodatno pa lahko seizmograme, zabeležene v urbanem okolju, uporabimo v raziskavah vpliva različnih tal na učinke potresov na lokaciji seizmografa.

SKLEPNE MISLI

Vključevanje seizmogramov v šolski učni načrt spodbuja učence k razumevanju naravnih pojavov, k razvoju njihovega znanstvenega razmišljanja in k povezovanju različnih področij znanja. Glavni namen

namestitve seizmografov v šole in uvajanja vsebin o potresih je večja ozaveščenost osnovnošolcev in njihova pripravljenost na močnejše potrese.

Na ARSO smo s postavitvijo seizmografov v slovenskih osnovnih šolah začeli maja 2022. V obdobju enega leta smo vzpostavili stike z devetimi šolami, z njimi sodelovali pri iskanju primerne mesta za namestitev instrumenta znotraj šolske stavbe ter premagali številne težave tako pri postavitvah seizmografov kot pri prenosu podatkov. Zavedamo se, da smo s postavitvijo seizmografov v šolah dosegli prvi mejnik. Ker so sorodni projekti v drugih državah pokazali, da sta za trajnost in uspešnost takih projektov ključna predvsem dva elementa, prvi je sodelovanje raziskovalcev z učitelji na različnih skupnih srečanjih, drugi pa priprava učencem prijaznih, dovolj preprostih tehničnih orodij za obdelavo znanstvenih podatkov ter privlačnih učnih gradiv, smo se lotili tudi tega naloga. V predhodnih poglavjih smo zapisali izvedene dejavnosti in prosto dostopna učna gradiva. Zbirko nenehno dopolnjujemo. Zavedamo se, da moramo v prihodnosti pripraviti tudi srečanja med učitelji in seizmologi. Na njih želimo učiteljem omogočiti vpogled v naše delo in razumevanje seizmologije, jih seznaniti z analizo potresov in hkrati vzpostaviti povezave med vsemi udeleženci.



Slika 5: Vstopna stran spletne sobe pobega s seizmološko tematiko (<https://tinyurl.com/seizmo-soba-pobega>)

Figure 5: Entry page of an online escape room on the topic of seismology (<https://tinyurl.com/seizmo-soba-pobega>)

Viri in literatura

1. Berenguer, J. L., Balestra, J., Jouffray, F., Mourau, F., Courboux, F., and Virieux, J., 2020. Celebrating 25 years of seismology at schools in France. *Geosci. Commun.*, 3, 475–481. <https://doi.org/10.5194/gc-3-475-2020>, 8. 9. 2023.
2. Cantore, L., Bobbio, A., De Martino, F., Petrillo, A., Simini, M., Zollo, A., 2003. The EduSeis project in Italy: A tool for training and awareness on the seismic risk. *Seismol. Res. Lett.*, 74 (5), 596–602.
3. Courboux, F., Berenguer, J. L., Tocheport, A., Bouin, M. P., Calais, E., Esnault, Y., Larroque, C., Nolet, G., Virieux, J., 2012. Sismos à l'École: A Worldwide Network of Real-Time Seismometers in Schools. *Seismological Research Letters*, 83 (5), 870–873. <https://doi.org/10.1785/0220110139>, 8. 9. 2023.
4. Denton, P., 2009. UK school seismology project. *EMSC Newsl.*, 24, 15–18.
5. FDSN, International Federation of Digital Seismograph Networks. <https://www.fdsn.org/networks/detail/AM/>, 8. 9. 2023.
6. Havskov, J., Ottemoller, L., 2010. Routine data processing in earthquake seismology: with sample data, exercises and software. Springer Science & Business Media.
7. Levy, G., Taber, J., 2005. Shake up your community with the IRIS Seismographs in Schools program. *Earth Sci.*, 21 (2), 28–29.
8. Placer, L., 1981. Geologic structure of southwestern Slovenia. *Geologija* 24/1, 27–60, Ljubljana.
9. Placer, L., 1999. Contribution to the macrotectonic subdivision of the border region between Southern Alps and External Dinarides. *Geologija* 41, 223–255 (1998), Ljubljana.
10. Poljak, M., 2000. Strukturno-tektonska karta Slovenije, izdelana po podatkih Osnovne geološke karte SFRJ 1:100.000, Mladinska knjiga tiskarna, d. d., Ljubljana.
11. Poljak, M., Gosar, A., Živčič, M., 2010. Active tectonics in Slovenia: *GeoActa*, 3, 15–24.
12. Rajh, G., Cecić, I., 2023. Potresi v jugovzhodni Turčiji 6. februarja 2023. *Življenje in tehnika: revija za poljudno tehniko, znanost in amaterstvo*, 74 (4), 24–34. ISSN: 0514-017X.
13. Solarino, S., Eva, E., 2009. Disseminating seismology in Liguria, Northern Italy, *Geoitalia* 2009. VII Forum Italiano di Scienze della Terra, Rimini, Italy, 9–11 Settembre 2009, *Epitome* 3.1369, 366.
14. Sornette, A., Haslinger, F., 2009. Seismo at school in Switzerland. *EMSC Newsl.* 24, 15.
15. Raspberry Shake. <https://raspberrysake.org/>, 8. 9. 2023.
16. Fundacija Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.com/>, 8. 9. 2023.
17. SEED Manual. http://www.fdsn.org/pdf/SEEDManual_V2.4.pdf, 8. 9. 2023.
18. EarthScope Consortium, SeedLink. <http://ds.iris.edu/ds/nodes/dmc/services/seedlink/>, 8. 9. 2023.
19. USGS Swarm download. <https://volcanoes.usgs.gov/software/swarm/download.shtml>, 8. 9. 2023.
20. GNSS. <https://www.euspa.europa.eu/european-space/eu-space-programme/what-gnss>, 8. 9. 2023.
21. Network Time Protocol. https://en.wikipedia.org/wiki/Network_Time_Protocol. 8. 9. 2023.
22. Raspberry Shake Manual. <https://manual.raspberrysake.org/ntp.html>, 8. 9. 2023.
23. Earth Sciences. <https://www.esearth.com/the-geophone-how-we-listen-to-the-earth/>. 8. 9. 2023.
24. MEMS Accelerometers. https://web.archive.org/web/20140611054427/http://mafija.fmf.uni-lj.si/seminar/files/2007_2008/MEMS_accelerometers-koncna.pdf, 8. 9. 2023.