

# Skalni podor na Rzeniku 26. februarja 2021 in njegova seizmološka zaznava z državno mrežo potresnih opazovalnic

Andrej Gosar\*

## Povzetek

26. februarja 2021 se je ob 6. uri in 16 minut na Rzeniku (1833 m) nad dolino Kamniške Bele zgodil večji skalni podor. V članku obravnavam seizmološko zaznavanje tega podora, ki ga ni povzročil tektonski potres, pa tudi nekatere njegove morfometrične značilnosti. Primerjava zračnih posnetkov pred podorom in po njem je omogočila kvantitativno opredelitev razsežnosti podora. Odlom na zahodnem stebru, ki omejuje njegovo severno steno, je bil visok 200 metrov in širok okoli 100 metrov. Odlomljen skalni material, katerega prostornino ocenjujem na 625.000 m<sup>3</sup>, je nasul strmo gozdno pobočje površine okoli 13 hektarjev. Podor je povzročil tako močno tresenje tal, da ga je zaznala večina seizmografov državne mreže potresnih opazovalnic in dva v sosednji Avstriji na oddaljenosti od 15 do 126 kilometrov od Rzenika. Primerjava seizmoloških zapisov tega skalnega podora, zmernega tektonskega potresa magnitude 1,8 in večjega razstreljevanja v bližnjem kamnolomu je razkrila vso pestrost različnih seizmičnih valovanj in njihovega nastanka. Severna stena Rzenika, ki je visoka okoli 400 metrov in zgrajena iz triasnih apnencev, je znana kot ena najbolj krušljivih sten v naših gorah. Geomorfološka analiza podrobnega digitalnega modela višin je pokazala, da so se tukaj tudi v geološki preteklosti dogajali veliki skalni podori.

**Ključne besede:** skalni podor, potres, seizmologija, seizmograf, Rzenik, Slovenija

**Keywords:** rockfall, earthquake, seismology, seismograph, Rzenik, Slovenia

## Uvod

Velika večina potresov je tektonskih in nastanejo zaradi nenadnega premika kamnin ob prelomu, ko nakopičene napetosti v Zemljini skorji presežejo strižno trdnost. Potresi, ki niso tektonski, pa lahko nastanejo zaradi vulkanske dejavnosti ali skalnih podorov. Vse vrste potresov zaznavamo in opazujemo s potresnimi opazovalnicami, njihovi zapisi (seizmogrami) pa se glede na način nastanka tresenja lahko precej razlikujejo. Hiter razvoj seizmologije se ne odraža samo v vedno bolj občutljivih seizmometrih z zelo širokim frekvenčnim in dinamičnim območjem, temveč predvsem v tem, da se število seizmografov hitro povečuje, kar omogoča vse natančnejši monitoring potresne dejavnosti. V Sloveniji smo na Uradu za seizmologijo ARSO konec leta 2022 upravljali že 48 merilnih mest, 26 jih predstavlja Državno mrežo potresnih opazovalnic (Vidrih et al., 2006), druge pa so akceleroграфи in različne postavitve seizmografov za namenska opazovanja in raziskave. S povečevanjem števila merilnih mest se je povečala tudi zmožnost zaznavanja netektonskih virov tresenja tal, kot so: razstreljevanja v kamnolomih in pri večjih gradnjah, hribinski udari zaradi rudarjenja (Bajc et al., 2004), preboj zvočnega zidu vojaških letal (Pahor in Zupančič, 2018), večji skalni podori in meteoridi, ki so kot bolidi razpadli v ozračju (ARSO, 2020), ali celo zelo redki meteoriti, ki so padli na Zemljina tla (Spurny et al., 2010). V članku na primeru skalnega podora na Rzeniku, ki se je zgodil 26. februarja 2021 (slika 1), obravnavam

njegovo seizmološko zaznavanje, torej primer, ko je bilo tresenje tal posledica podora. Pred tem bom na kratko opisal tudi skalne podore, ki so v goratih predelih pogosta posledica močnih potresov. V gorskem svetu Slovenije in bližnje okolice je bilo v preteklosti več zelo velikih skalnih podorov. Največji se je zgodil ob potresu leta 1348 na Dobraču na avstrijskem Koroškem, ko je v dolino Zilje zgrmel velik del južnega ostenja in jo tudi zajezil (Zorn, 2002).



Slika 1 – Rzenik (1833 m) s skalnim podorom, ki se je zgodil 26. februarja 2021 (foto: A. Gosar).

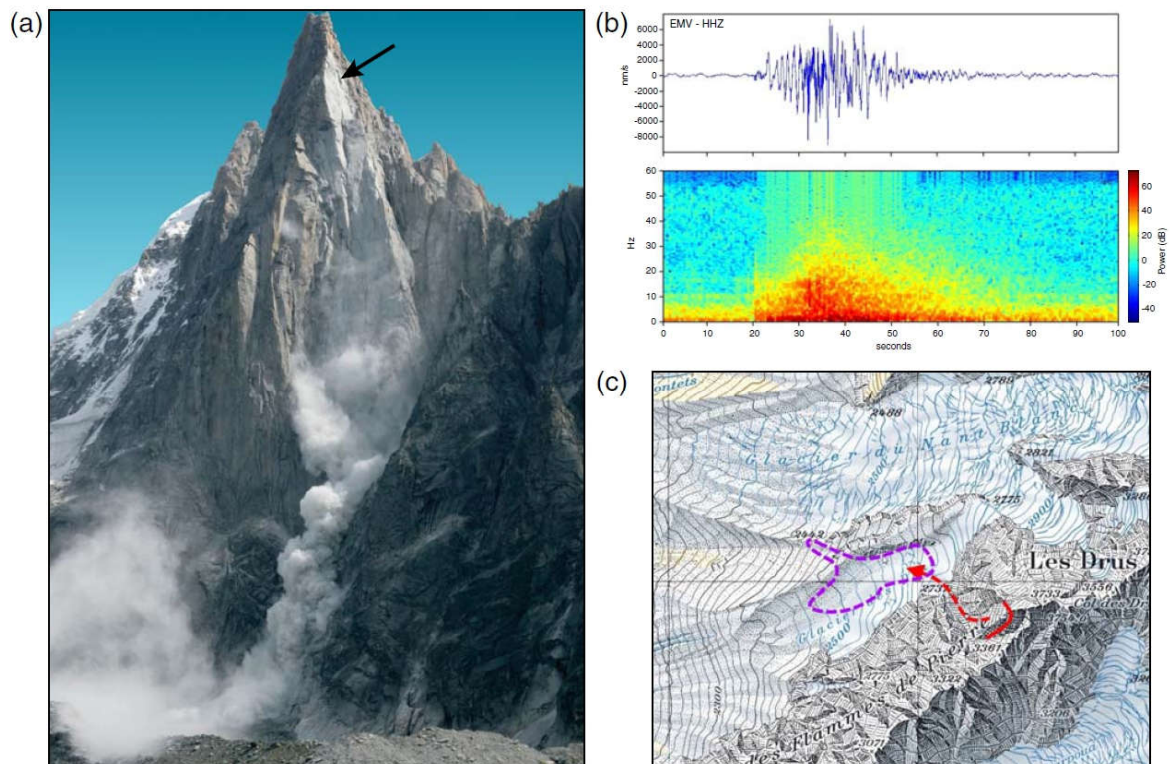
### **Potresi in skalni podori**

Močni potresi imajo poleg učinkov na ljudi, predmete in stavbe, ki se uporabljajo pri določitvi intenzitete potresa v posameznem naselju, lahko tudi velike učinke na naravno okolje, med katerimi prevladujejo zemeljski plazovi in skalni podori. Makroseizmične intenzitetne lestvice so učinke potresov na naravno okolje dolgo časa le obrobno obravnavale, saj se je zdelo, da jih je težko uporabiti za določitev intenzitete (Vidrih in Ribičič, 1998). To se je spremenilo z uvedbo posebne lestvice učinkov na naravno okolje (Environmental Seismic Intensity scale) ESI 2007 (Guerrieri in Vittori, 2007), ki se uporablja skupaj s klasičnimi 12-stopenskimi lestvicami, predvsem Evropsko potresno lestvico (EMS-98). Poseben pomen ima uporaba ESI 2007 na odmaknjenih redko poseljenih goratih območjih, kjer so za močne potrese učinki na naravno okolje prevladujoči. Čeprav potres 12. aprila 1998 v Posočju z navorno magnitudo 5,6 in največjo intenziteto VII–VIII EMS-98 spada po večini meril med zmerne potrese, je zaradi specifične geološke zgradbe povzročil zelo številne skalne podore v Krnskem pogorju (Ribičič in Vidrih, 1999). Ker je

ožje nadžariščno območje zaradi visokogorja zelo redko poseljeno, kar je omejevalo vrednotenje učinkov na ljudi, predmete in stavbe za določitev intenzitete, se je izkazalo, da je koristno vzporedno uporabiti tudi analizo porazdelitve skalnih podorov za oceno intenzitete (Gosar 2012).

### Primeri seizmičnih opazovanj skalnih podorov

Na gori Aiguille Dru nad Chamonixom (Francija) je konec junija 2005 nastalo več skalnih podorov (Dammeier et al., 2015), ki so odnesli tudi del plezalnih smeri, med njimi znamenit Bonattijev steber (slika 2). 30. junija sta v razmiku dveh minut nastala največja podora, ki sta bila zabeležena na osmih potresnih opazovalnicah v bližnji Švici. Skupna prostornina vseh skalnih podorov na Aiguille Dru v tem poletju je ocenjena na 265.000 m<sup>3</sup> in na podlagi značilnosti seizmičnega zapisa (sliki 2b in c) največjega od njih na 150.000 m<sup>3</sup>. Največja amplituda nihanja tal je namreč tesno povezana s sproščeno energijo. Izrazit je dolgoperiodni signal v območju 20–50 sekund. Celotna višina padanja skalovja je bila 800 metrov, v vznožju stene pa je odložen grušč segal 420 metrov daleč.

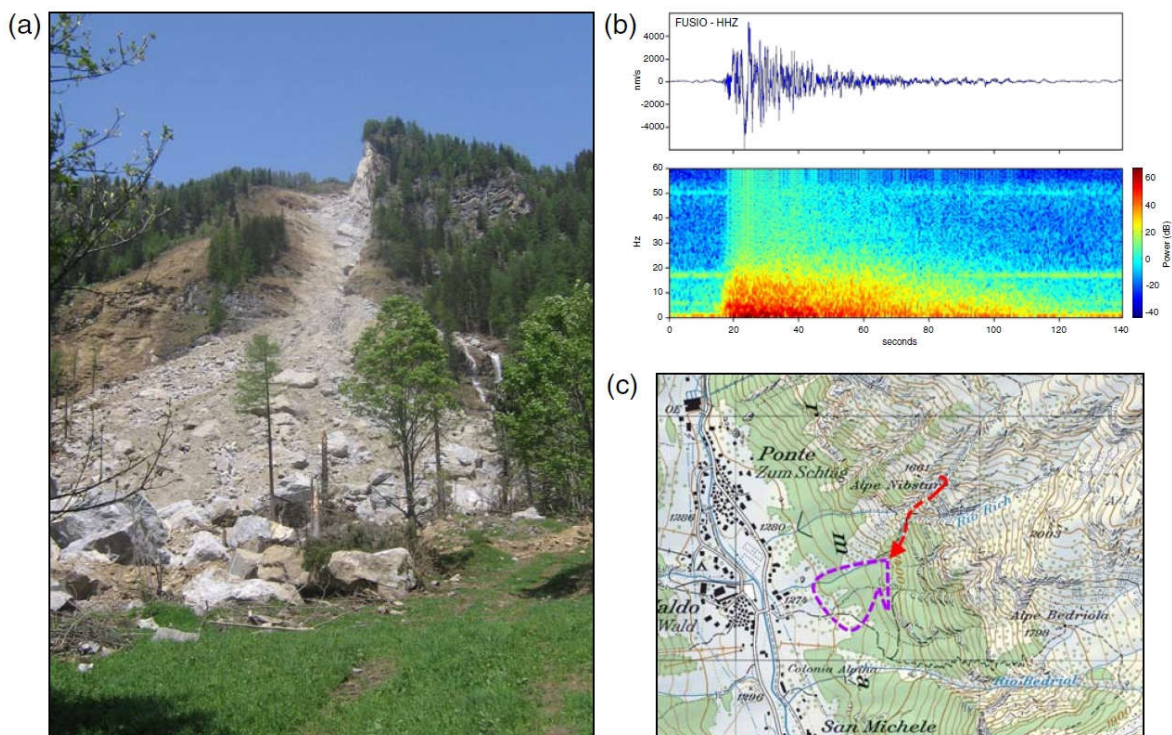


Slika 2 – Podor na gori Aiguille Dru (F) leta 2005 (Dammeier et al., 2015).

- a) Fotografija poznejšega manjšega podora, s puščico je označen odlom.
- b) Seizmogram in njegov spektrogram na najbližji potresni opazovalnici, EMV (15,1 km)
- c) Zemljevid območja z označenim odlomom in območjem nasutja

V dolini Formazza (Italija), ki se od juga globoko zajeda v Švico, se je 19. aprila 2009 v treh zaporednih odlomih zgodil podor (slika 3) z ocenjeno skupno prostornino 700.000 m<sup>3</sup> (Dammeier et al., 2015). Vsi trije so se zelo jasno videli na zapisih osmih potresnih opazovalnic, tudi z izrazitim dolgoperiodnim signalom na območju 8–25 sekund (slika 3b). Prostornina prvega od treh podorov je bila ocenjena na 170.000 m<sup>3</sup>, celotna višina padanja skalovja pa je bila 530 metrov na vodoravni razdalji 600 metrov. Odlom je nastal na grebenu,

ki poteka vzporedno s strmo vpadajočimi prelomi. Ob enem izmed njih je nastal tudi začetni odlom.



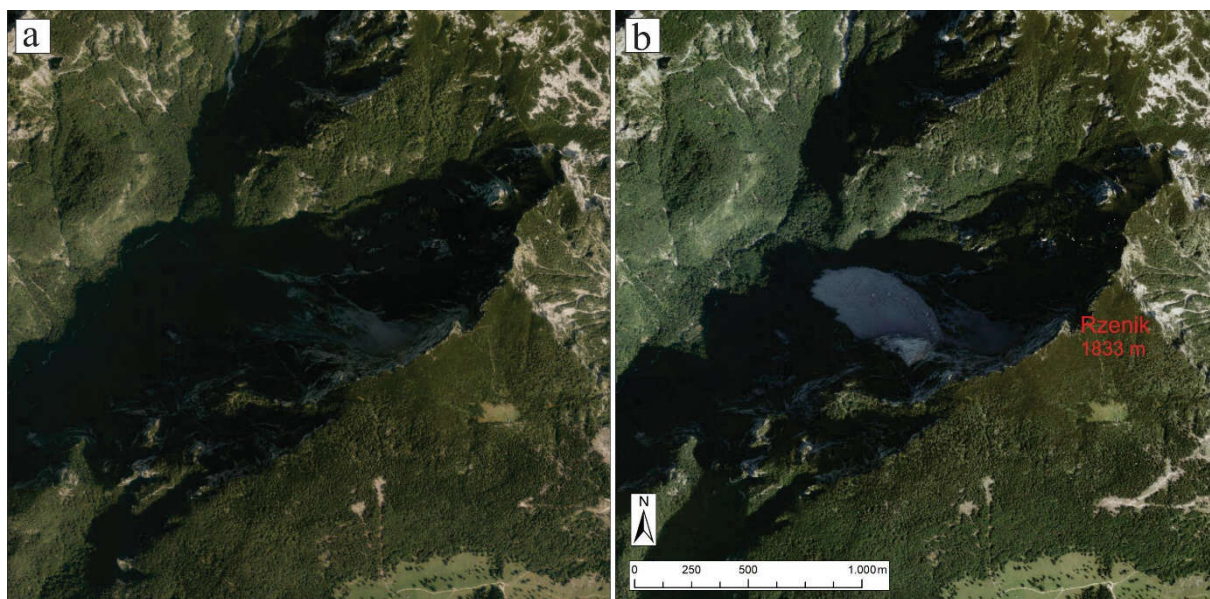
Slika 3 – Podor v dolini Formazza (I) leta 2009 (Dammeier et al., 2015).

a) Posnetek podora, b) Seizmogram in njegov spektrogram na najbližji potresni opazovalnici, FUSIO (19,3 km), c) Zemljevid območja z označenim odlomom in območjem nasutja

Seizmološke podatke desetih drugih velikih skalnih podorov v francoskih Alpah so analizirali Deparis et al. (2008). Ugotovili so, da trajanje nihanja tal na izbrani razdalji (30 km) od podora bolje korelira s sproščeno potencialno energijo kot pa največja amplituda, izmerjena na seizmogramih. Seizmični zapisi kažejo na delno možnost razlikovanja seizmičnega vira, in sicer se včasih lahko loči sam odlom od udarca podora ob pobočje v vznožju skalne stene.

### Skalni podor na Rzeniku 26. februarja 2021

Rzenik je 1833 metrov visoka gora v Kamniško-Savinjskih Alpah v grebenu, ki poteka od Ojstrice proti Veliki planini. Njegova severna stena je skoraj v celoti zgrajena iz triasnega masivnega apnenca cordevolske starosti (Premru, 1982). 400 m visoka severna stena Rzenika je znana kot ena najbolj krušljivih v slovenskih Alpah, kar močno povečuje težavnost in tveganost alpinističnih vzponov.



Slika 4 – Digitalni ortofoto (DOF, vir GURS) območja Rzenika, posnet:  
a) pred podorom leta 2019, b) po podoru leta 2021.

26. februarja 2021 se je ob 6. uri in 16 minut zjutraj zgodil v steni Rzenika velik skalni podor (sliki 1 in 4). Že istega dne so poročali, da je podor zasul planinsko pot na Presedljaj in da so prašenje, ki so ga povzročile padajoče skale, zaznali tudi na vhodu v dolino Kamniške Bele (Občina Kamnik, 2021). Naslednjega dne je območje preletel športni pilot in posnel nazorne fotografije (PD Domžale, 2021). Konec februarja 2021 je bilo v tem delu Slovenije v gorah razmeroma malo snega za ta čas, doline pod 1400 metri pa so bile večinoma kopne. Tudi vreme je bilo že dlje časa sončno in brez padavin.

Z analizo razpoložljivih podatkov daljinskega zaznavanja sem ocenil razsežnost skalnega podora. Pri tem je bila najbolj koristna primerjava posnetkov cikličnega aerosnemanja, saj sta za območje Rzenika na voljo posnetka iz let 2019 in 2021, torej pred podorom in po njem (slika 4) in tudi fotografija stene posneta z vrha Kamniškega dedca (slika 1). Podor se je zgodil v stebru na desni (zahodni) strani severne stene med n.m.v. 1230 in 1430 metri. Odlomljen del stene je visok okoli 200 metrov in širok okoli 100 metrov. Podor je nasul strmo ( $30^{\circ}$ – $35^{\circ}$ ), pred tem večinoma poraslo, pobočje, med n.m.v. 750 in 1230 metri v dolžini okoli 600 metrov in širini okoli 340 metrov. Pri tem je dosegel strugo Kamniške Bele. Površina nasutega skalovja, izmerjena na digitalnem ortofoto posnetku, znaša  $0,125 \text{ km}^2$ . Če grobo ocenim ali predpostavim, da je debelina nasutja povprečno 5 metrov, je njegova prostornina  $625.000 \text{ m}^3$ . To je podobno kot pri podoru na Formazzi v Italiji (slika 3) in bistveno manj kot pri dveh največjih podorih, ki sta nastala v Krnskem pogorju ob potresu leta 1998. Na podlagi primerjav digitalnih modelov višin sta bili prostornini teh podorov ocenjeni za Veliki Lemež na  $15 \times 10^6 \text{ m}^3$  in za Osojnico na  $3 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Gosar, 2012).

### **Seizmološka registracija skalnega podora na Rzeniku in primerjava z drugimi seizmičnimi dogodki**

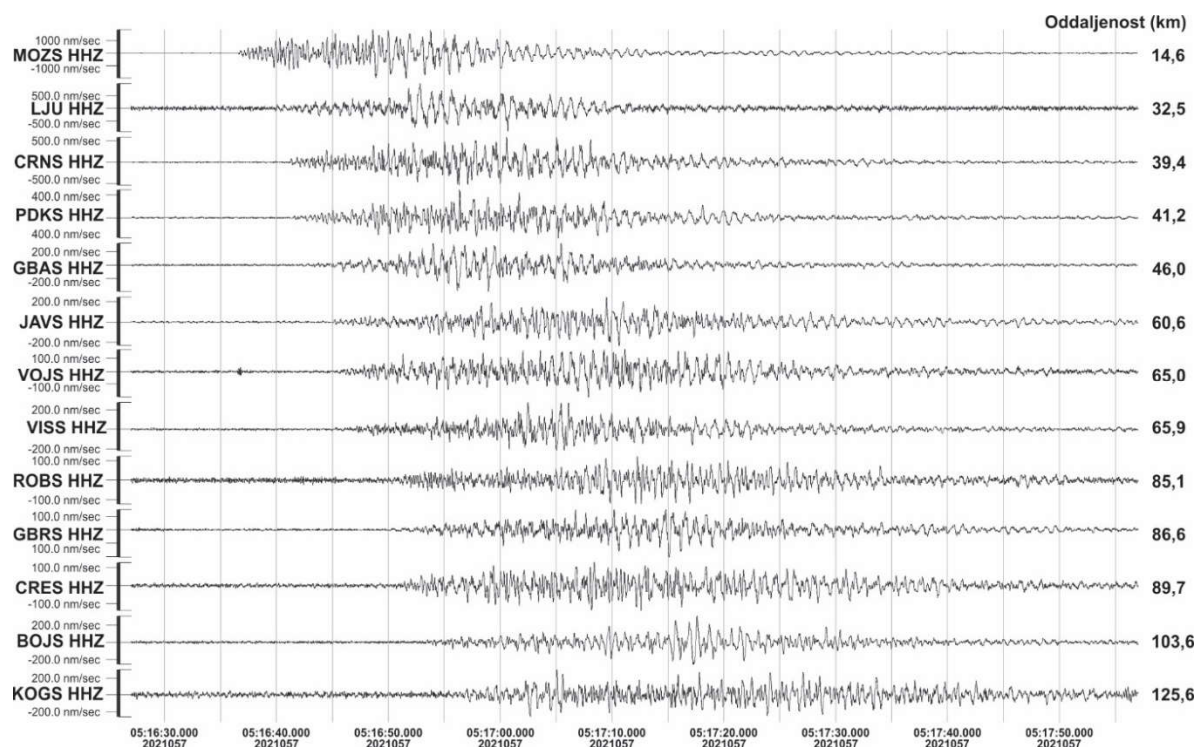
Velik skalni podor na Rzeniku smo zaznali na večini izmed 26 seizmografov Državne mreže potresnih opazovalnic (slika 5), kar kaže na zelo veliko energijo, ki se je ob zrušenju spremenila v potresno valovanje. Na sliki 6 je 13 seizmogramov navpične komponente (Z) seizmografov, ki sicer merijo nihanje tal v treh pravokotnih smereh, razvrščeni so od

najbližje do najbolj oddaljene potresne opazovalnice od lokacije podora. Amplitude so normalizirane za vsako opazovalnico posebej, zato je treba upoštevati njihovo različno merilo. Najbližje (14,6 km) je opazovalnica na Možjanci (MOZS), najbolj oddaljeni pa so Bojanci (BOJS) v Beli krajini (103,6 km) in Kog (KOGS) v Slovenskih Goricah (125,6 km). Iz seizmograma je razvidno, da se trajanje nihanja tal z oddaljenostjo povečuje, in sicer zaradi razlike v času potovanja hitrejših longitudinalnih potresnih valov in počasnejših transverzalnih ter površinskih potresnih valov. Prav tako se z oddaljenostjo opazovalnice od podora zmanjšujeta največja amplituda nihanja in razmerje med signalom in šumom. Šum se vidi predvsem v času pred prvim prihodom potresnega valovanja, na primer na seizmogramih opazovalnic ROBS, CRES in KOGS. Čeprav je zaradi bližine mesta z veliko prometa in industrije opazovalnica LJU na Golovcu v Ljubljani med bolj zašumljenimi, je zaradi bližine podora (32,5 km) signal zelo jasno viden. Po glavnem podoru ob 05.16 UTC (06.16 po lokalnem času), se je ob 05.55 UTC zgodil še manjši podor, ki so ga zaznale samo nekatere bližnje opazovalnice.

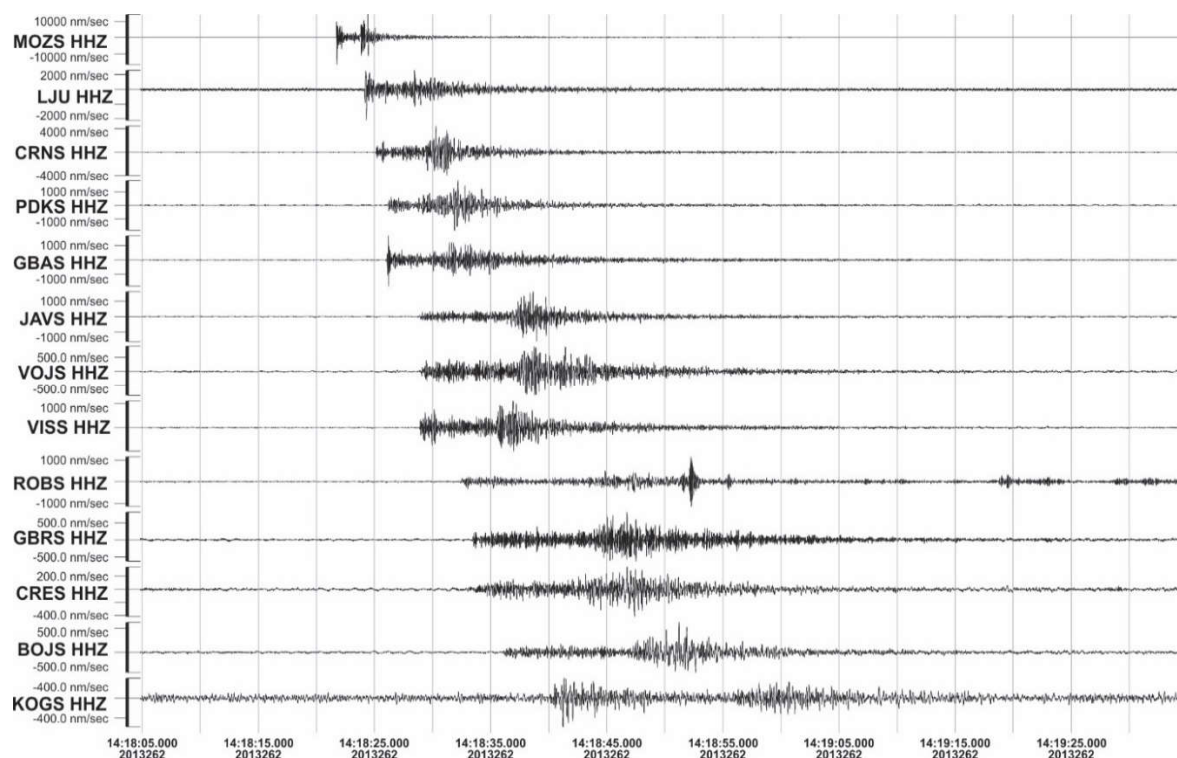


Slika 5 – Potresne opazovalnice slovenske državne mreže potresnih opazovalnic in lokacija podora na Rzeniku. Na seizmogramih (slike 6–8) so prikazani zapisi samo tistih opazovalnic, katerih oddaljenost od Rzenika (v kilometrih) je prikazana na tej karti.

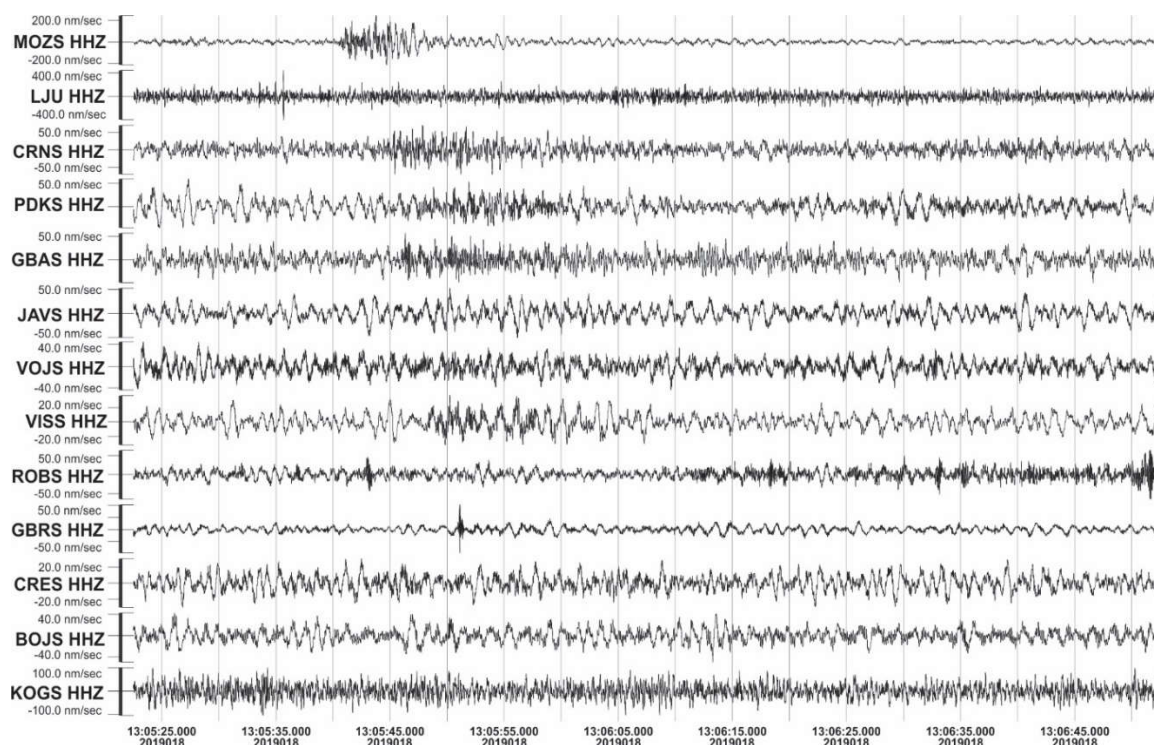
Seizmološki zapis skalnega podora se navadno bistveno razlikuje od zapisa tektonskega potresa ali večjega razstreljevanja v kamnolomu, zato ju je zanimivo primerjati. Območje Kamniških in Savinjskih Alp potresno sicer ni med dejavnejšimi v Sloveniji, se pa tudi tu občasno dogajajo potresi. Za primerjavo sem vzel potres magnitude 1,8, ki se je zgodil 19. 9. 2013, in sicer 3 kilometre jugozahodno od Rzenika v globini 17 kilometrov (slika 7), in večje razstreljevanje 18. 1. 2019 v kamnolomu podjetja Calcit v Stahovici, ki je 5 kilometrov južno od Rzenika (slika 8).



Slika 6 – Seizmogrami podora na Rzeniku 26. 2. 2021, zabeleženi na 13 izbranih potresnih opazovalnicah, označenih z njihovo kodo na sliki 5. Na desni je zapisana oddaljenost opazovalnice od mesta podora.



Slika 7 – Seizmogrami potresa magnitude 1,8 dne 13. 9. 2019, ki se je zgodil 3 kilometre jugozahodno od Rzenika v globini 12 kilometrov, zabeleženi na istih 13 potresnih opazovalnicah kot na sliki 6.

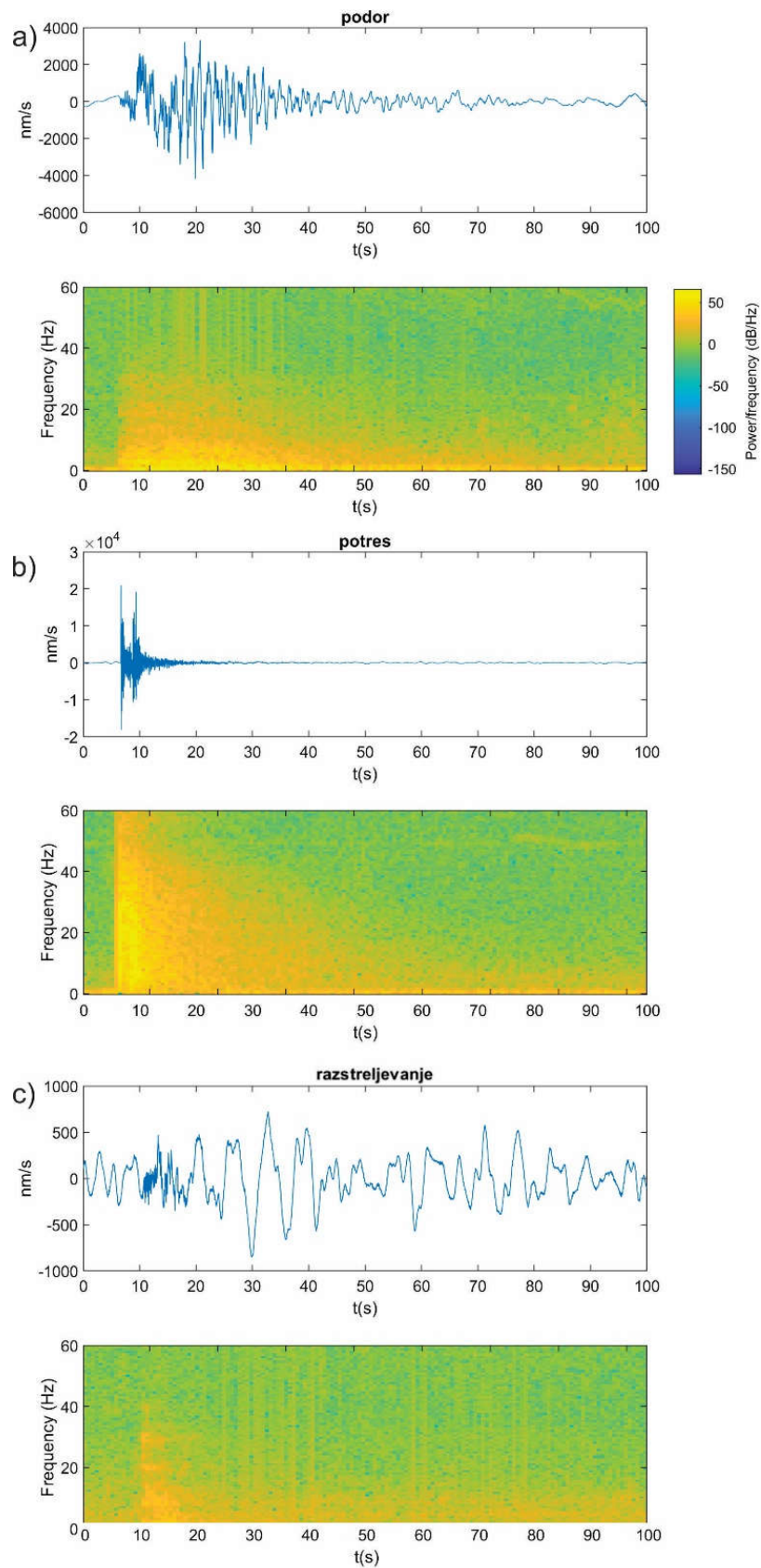


Slika 8 – Seizmogrami večjega razstreljevanja v kamnolomu Stahovica, ki je 5,2 kilometra južno od Rzenika, zabeleženi na istih 13 potresnih opazovalnicah kot na sliki 6.

Seizmogrami skalnih podorov, potresov in večjih razstreljevanj v kamnolomih (slike 6–8) se razlikujejo zaradi številnih razlogov:

- Podor in razstreljevanje sta pojava na Zemljinem površju, zaradi česar se izraziteje razvijejo površinska potresna valovanja (Rayleighjevo in Lovejevo valovanje), za katere so značilne nižje frekvence, večje amplitude in nižja hitrost potovanja. Tektonski potres pa ima žarišče v globini, ki je v Sloveniji večinoma med 5 in 20 kilometrov, zaradi česar prevladujejo prostorska potresna valovanja (longitudinalno in transverzalno), ki so hitrejša od površinskih in imajo višje frekvence.
- Potres majhnih do zmernih magnitud je zaradi majhnega zdrsa kamninskih blokov ob tektonskem prelomu hipen pojav, zaradi česar je trajanje nihanja tal krajše. Skalni podor je daljšega trajanja, saj se navadno ne odlomi ves del stene naenkrat, temveč postopoma, poleg tega je pod steno navadno nagnjeno pobočje, vzdolž katerega se odlomljeno skalovje nekaj časa kotali. Razstreljevanje bi lahko bilo hipno, če bi celotno količino uporabljenega eksploziva sprožili naenkrat, kar pa ne bi bilo učinkovito za drobljenje kamnine, lahko pa bi bilo tudi nevarno za okolico. Zato se pri večjih razstreljevanjih v kamnolomih uporabljajo zakasnilci in se posamezna polnjenja v zaporednih strelnih vrtinah prožijo s kratkimi zamiki. Tako sta dosežena učinkovitejše drobljenje kamnine in manjši razmet skalovja. Posledično je tudi nihanje tal daljše.





Slika 9 – Seizmogrami navpične komponente, zabeleženi na potresni opazovalnici Možjanca (MOZS) in njihovi spektrogrami (gostota spektra moči) za:  
 a) podor na Rzeniku, b) tektonski potres magnitude 1,8,  
 c) večje razstreljevanje v kamnolomu Stahovica

Navedeno se odraža na seizmogramih na slikah od 6 do 8 in spektrogramih (gostota spektra moči) za seizmogramе, ki so najbližji opazovalnici MOZS na Možjanci (slika 9). Seizmogrami na sliki 9 niso filtrirani in se zato razlikujejo od tistih na slikah od 6 do 8, na katerih je bil za nazornejši prikaz uporabljen pasovnoprepustni filter 1–20 Hz. Pri potresu (sliki 7 in 9b) so razvita praktično le prostorska valovanja, razlika med prihodoma hitrejših longitudinalnih in počasnejših transverzalnih valov pa je le okoli 2 sekundi, saj je opazovalnica oddaljena od nadžarišča le 15 km. Zaradi razmeroma velike globine žarišča je pri tako majhni oddaljenosti na navpični komponenti zapisa amplituda obeh vrst valovanja skoraj enaka, oziroma za longitudinalno celo malo višja. Celotno trajanje nihanja tal je le okoli 10 sekund, saj se površinska valovanja niso razvila. Prevladujejo visoke frekvence, ki segajo do 60 Hz (slika 9). Pri podoru (sliki 6 in 9a) traja nihanje tal okoli 70 sekund z največjimi amplitudami po 10–12 sekundah, pri čemer že prevladujejo površinska valovanja, ki sledijo višjefrekvenčnemu začetnemu delu zapisa s prostorskimi valovanji, vendar brez jasne ločnice med longitudinalnimi in transverzalnimi. Spektrogram pokaže, da je v seizmogramu širok razpon frekvenc med 2 in 30 Hz, in sicer brez izrazitejših vrhov. Pri razstreljevanju (sliki 8 in 9c) sledijo začetnemu visokofrekvenčnemu delu, dolgemu okoli 10 sekund in s frekvenco do 40 Hz, izrazita nizkofrekvenčna valovanja na območju med 15 in 90 sekundami zapisa, ki so veliko bolj razvita kot pri podoru. V njih prevladujejo frekvence do 10 Hz, brez kakšnih izrazitejših vrhov.

Skalni podori so v razmeroma krušljivih slovenskih gorah precej pogosti (Zorn, 2002), vendar navadno ne tako obsežni, kot je bil podor na Rzeniku 26. februarja 2021. Taki so izjemno redki in jih večinoma povzročijo le močni potresi. Čeprav je severna stena Rzenika znana kot ena najbolj krušljivih v Sloveniji, ni znanih zgodovinskih zapisov o podobno velikih podorih, na katere pa lahko sklepamo po obsežnem melišču pod steno, ki pa je večinoma poraščeno. Letalsko lasersko skeniranje površja (LiDAR) nam omogoča videti tudi golo površje brez dreves, saj nekateri žarki skozi krošnje dosežejo tla, kar je pomembno za geomorfološke analize (Gosar, 2007). Digitalni model višin območja Rzenika na podlagi letalskega laserskega skeniranja Slovenije iz leta 2015 jasno pokaže, da so se morali v ne tako oddaljeni geološki preteklosti tu zgoditi podobno veliki ali celo večji skalni podori, saj je nasut material v pahljačasti obliki dosegel dno doline Kamniške Bele.

## **Zaključek**

Z državnim seizmološkim monitoringom ne zaznamo le potresov, temveč tudi nekatere druge umetno povzročene ali naravne pojave, pri katerih se sprosti veliko energije, ta pa se deloma spremeni v seizmična valovanja, ki jih zaznajo seizmografi. Tudi skalni podor na Rzeniku 26. februarja 2021 so najprej zaznale potresne opazovalnice, saj se je zgodil v odmaknjeni dolini, zgodaj zjutraj in pozimi, ko v dolinah Kamniške Bistrice in Kamniške Bele ni bilo očitvidcev. Ti so najprej videli le velik oblak prahu, saj severna stena Rzenika ni neposredno vidna iz nobenega naselja. Podor je bil tako velik, da so ga zaznale potresne opazovalnice po vsej Sloveniji do razdalje 126 kilometrov in tudi dve bližnji v Avstriji. Primerjava seizmoloških zapisov skalnega podora, zmernega tektonskega potresa in večjega razstreljevanja v bližnjem kamnolomu je razkrila pestrost različnih seizmičnih valovanj in njihovega nastanka.

## Literatura

- ARSO, 2020. Državna mreža potresnih opazovalnic je 28. februarja 2020 ob 10.32 zabeležila padec meteorita. [https://twitter.com/ARSO\\_potresi/status/1233350684000620544](https://twitter.com/ARSO_potresi/status/1233350684000620544)
- Bajc, J., Živčič, M., Gostinčar, M., 2004. Seizmična aktivnost v Šaleški dolini spomladi 2002. Potresi v letu 2002, 56–71. Ljubljana: Agencija RS za okolje.
- Dammeier, F., Guilhem, A., Moore, J. R., Haslinger, F., Loew, S., 2015. Moment tensor analysis of rockslide seismic signals. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 105, 3001–3014.
- Deparis, J., Jongmans, D., Cotton, F., Baillet, L., Thouvenot, F., Hantz, D., 2008. Analysis of rock-fall and rock-fall avalanche seismograms in the French Alps. *Bulletin of the Seismological Society of America* 98, 1781–1796.
- Gosar, A., 2007. Letalsko lasersko skeniranje (LiDAR) Idrijskega in Ravenskega preloma v zahodni Sloveniji. *Ujma* 21, 139–144.
- Gosar, A., 2012. Application of Environmental Seismic Intensity scale (ESI 2007) to Krn Mountains 1998 Mw = 5.6 earthquake (NW Slovenia) with emphasis on rockfalls. *Nat. hazards earth syst. sci.*, 12/5, 1659–1670.
- Guerrieri, L., Vittori, E., 2007. Intensity Scale ESI 2007. *Memorie Descrittive della Carta Geologica D'Italia*, 74, 41.
- Občina Kamnik 2021. Skalni podor v dolini Bele – na tem območju je priporočljiva skrajna previdnost. <https://www.kamnik.si/objava/644034>.
- Pahor, J., Zupančič, P., 2018: Preboj zvočnega zidu dveh letal na zapisih državne mreže potresnih opazovalnic. *Potresi v Sloveniji 2016*, 78–86. Ljubljana: Agencija RS za okolje.
- PD Domžale 2021. Podor v Rzeniku iz zraka. <https://www.pdd.si/2021/02/28/podor-v-rzeniku-iz-zraka/>.
- Premru, U., 1982. Osnovna geološka karta SFRJ, list Ljubljana, 1 : 100.000. Geološki zavod Ljubljana.
- Spurny, P., Borovička, J., Kac, J., Kalenda, P., Atanackov, J., Kladnik, G., Heinlein, D., Grau, T., 2010. Analysis of instrumental observations of the Jesenice meteorite fall on April 9, 2009. *Meteoritics & planetary science*. 45/8, 1392–1407.
- Vidrih, R., Ribičič, M., 1998. Porušitve naravnega ravnotežja v hribinah ob potresu v Posočju 12. aprila 1998 in Evropska makroseizmična lestvica (EMS-98). *Geologija*, 41, 365–410.
- Vidrih, R., Sinčič, P., Tasič, I., Gosar, A., Godec, M., Živčič, M., 2006. Državna mreža potresnih opazovalnic; Seismic network of Slovenia. *Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo*, 287.
- Zorn, M., 2002. Rockfalls in Slovene Alps. *Geografski obzornik*, XLII, 123–160.