

# Geodetski monitoring pomika potencialno nestabilne skalne gmote na vhodu v Križno jamo

Mitja Prelovšek\*

## Povzetek

Pri vhodu v Križno jamo se nahaja potencialno nestabilna skalna gmota, za katero je bila zaradi zaledne razpoke izpostavljena potencialna porušitev. Med 2016 in 2021 smo poleg nulte izmere opravili dve terminski tahimetrični meritvi sprememb položaja skalne gmote (2017 in 2021) na 4 potencialno nestabilnih točkah. Položaj skalne gmote smo primerjali s 4 okoliškimi, predvidoma stabilnimi točkami. Največje horizontalne spremembe položajev (1,2-2,3 mm) smo ugotovili v zgornjem delu skalne gmote, navzdol izmerjene spremembe položajev pa so statistično nepomembne. To kaže na nagibanje bloka v smeri stran od zaledne razpoke. Ker so vertikalne spremembe položajev niso ugotovljene, pričakujemo ob nadaljnjih spremembah položaja v isti smeri rotacijsko prevrnitev bloka. Tovrstne meritve so uporabne tudi za spremljanje drugih pobočnih geomorfni procesov, pri čemer je pri manjših pomikih ključnega pomena, da se ne zanašamo na absolutno spremembo koordinat potencialno nestabilnih delov, ampak da statistično vrednotimo relativno spremembo položajev glede na bližnje predvidoma stabilne točke geodetsko izmerjene iz istega stojišča.

**Ključne besede:** skalni odlom, rotacijska prevrnitev, tahimetrična izmera, turistična jama

**Key words:** rock fall, rotational block toppling, tachymetric measurements, show cave

## Uvod

Skalni odlomi so naraven geomorfni pojav na pobočjih. Pojavljajo se na območjih z večjimi nakloni površja s heterogeno strukturo kamninske podlage. Medtem ko se bolj drobno preperel material po pobočju pomika postopoma bolj konstantno in v manjših korakih, manj razpokani ali debeloskladoviti skladi zaradi slabše preperelosti ostajajo na pobočjih še naprej kvazistabilni in ustvarjajo (sub)vertikalne stopnje. Intenzivno odstranjevanje materiala pod stopnjami kljub temu zmanjšuje njihovo stabilnost in povzroča občasno silovito podiranje ali odlamljanje. Gre za negativno povratno zanko, kjer podiranju oz. odlamljanju sledi obdobje umiritve, v kolikor se podorni material pod stopnjo akumulira in sproti ne odstranjuje.

Jamski vhod predstavlja stik podzemnega rova s površjem. Na teh stikih se praktično vedno pojavljajo vertikalne stopnje; sprva zaradi odpiranja rova na površje, kasneje tudi zaradi polzenja porušenega materiala v jamski prostor ali po pobočju pod jamskim vhodom (Mihevc & Urbančič, 2019). Zaradi intenzivnih in časovno variabilnih pobočnih procesov v okolici jamskih se jamski rovi izmenično zapirajo in odpirajo proti površju. V smeri odpiranja pa jih spreminja tudi človek, sploh z vidika lajšanja dostopa v jame uporabljene za turistični namen.

Leta 2016 smo bili s strani upravljavca Križne jame (Društvo ljubiteljev Križne jame) obveščeni o potencialno nestabilni več m<sup>3</sup> veliki skalni gmoti na Z boku vhoda v Križno jamo. Pregled je potrdil potencialno nestabilnost zaradi odprte zaledne razpoke,

---

\* Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za raziskovanje krasa, Titov trg 2, 6230 Postojna; mitja.prelovsek@zrc-sazu.si

najverjetneje reaktivirane z antropogeno odstranitvijo gruščnatega materiala pod njo, kar je povečalo nestabilnost skalne gmote nad njim. Glede na pričakovano hitrost premika, vsebnost vode, material in količino le-tega pojav potencialne porušitve opredeljujemo kot manjši odlom (Komac & Zorn, 2007). Ker bi odstranjevanje kamnite gmote lahko vodilo v nadaljnjo destabilizacijo pobočja (pozitivna povratna zanka), se je upravljalec za podporo odločanju pred odstranitvijo z gradbeno mehanizacijo odločil za predhodne geodetske meritve pomika, kar je pogosto uporabljena metoda geodetskega monitoringa plazišč (Maček et al., 2014; Peternel et al., 2016). V kolikor do pomikov ne prihaja, odstranitev zaenkrat ni potrebna. Sekundarni namen monitoringa je tudi preizkus primernosti metodologije za meritve šibkih pobočnih procesov v drugih kraških okoljih.

### Študijsko območje

Raziskave so potekale okoli 20 m pred vhomom v Križno jamo na bloku apnenca z zaledno razpoko (Slika 1). Na mestu jamskega vhoda pobočje Križne jame navzdol prehaja v vertikalne stene. Pod njimi leži melišče z gruščnatim pobočnim materialom, ki se je pred antropogeno modifikacijo vhoda pred 2. svetovno vojno stikalo z obeh strani vhoda v jamo. V osrednjem delu je bilo nekaj sto m<sup>3</sup> pobočnega materiala odstranjenega, s čemer se je vertikalni odsek bolj izpostavil, podpora v obliki melišča pa zmanjšala. Naravno stanje pred odstranitvijo sedimenta na mestu potencialno nestabilne skalne gmote ni povsem znano; vklesane inicialke »M.L. 1825« tik pred kovinskimi vrati kažejo, da je bilo naravno nasutje okoli 3 m višje od sedanje poti v jamo. Med vhomom v jamo in potencialno nestabilno skalno gmoto leži z gruščem zasut jamski rov, ki še dodatno zmanjšuje stabilnost tega dela pobočja; na potencialno nestabilni gmoti so zato vidni sledovi preteklega odlamljanja (Slika 1B). Prostornina potencialno nestabilne skalne gmote je ocenjena na 5-10 m<sup>3</sup>. V spodnji polovici je rahlo previsna.



Slika 1 – Obseg potencialno nestabilne skalne gmote iz smeri proti (A) in od vhoda v Križno jamo (B). Obseg potencialno nestabilnega dela zahodne stene je označen z rdečo prekinjeno črto.

Skladi svetlo sivega jurskega apnenca so debeli od nekaj decimetrov do več kot meter. Plastovitost je večinoma dobro izražena, z izjemo izrazite tektonske strukture neposredno

nad vhodom (Slika 1A) je apnenec na vhodu zgolj razpokan. Zaledna razpoka je v zgornjem delu široka nekaj centimetrov, delno jo zapolnjuje pobočni material. Vpad plasti je bil določen z metodo določanja matematičnih ravnin 21 odlomnih ploskev po lezikah in izrazitih lezik samih v vhodnem delu Križne jame (vsi rovi do vključno 1. jezera) in znaša v povprečju 131/14. Variabilnost sprememb smeri in naklona skladov je majhna, saj znaša standardni odklon vpadnega kota  $\pm 10^\circ/\pm 2^\circ$ . Koordinate treh točk na posameznih lezikah za potrebe izračuna vpada smo določili iz terestričnega laserskega 3D skenograma jame z inštrumentom Riegl VZ-2000i (Šebela, 2021) v programu RiSCAN Pro. Vpad skladov na območju potencialno nestabilne skalne gmote ustreza vhodnemu delu Križne jame.

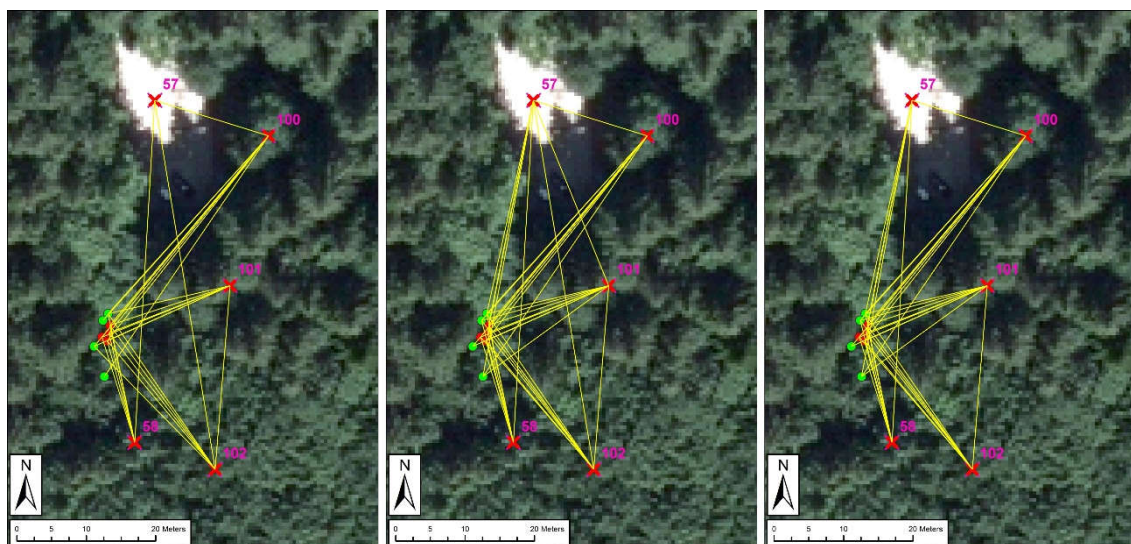
## Metodologija

Klasične geodetske terestrične meritve smo opravili z elektronskim tahimetrom Nikon DTM-A10 LG deklarirane natančnosti  $\sigma_{DIN 18723}=3''$  in  $\sigma_{ISO 17123-4}=3,1$  mm pri pogojih opravljanja meritev. Meritve so potekale 1. decembra 2016 (0. izmera), 6. aprila 2017 (1. izmera) in 31. marca 2021 (2. izmera). Za stojiščne točke, ki predstavljajo lokalno geodetsko mrežo in s katerih so bile opravljene tahimetrične meritve, smo uporabili bodisi že vzpostavljene stabilizirane medeninaste poligonske točke z oznako »IZRK Postojna - Izmera jame« kot del geodetskega poligona Križne jame in Križne jame 2 (Drole, 1997; točki 57 in 58; Slika 2H) bodisi smo na novo namestili koničaste nerjavne vijake brez glave M6 dolžine 3 cm na mesta, kjer je bil pogled na potencialno nestabilno skalno gmoto najmanj oviran (točke 100, 101 in 102; Slike 2A, B, C in G). S taistimi nerjavnimi vijaki smo z gradbenim kemičnim dvokomponentnim lepilom Pattex CF 900 stabilizirali tudi točke na stabilnemu (1S-4S) in potencialno nestabilnem delu stene (1L-4L; Slike 2Č, D, E in G), na katere smo v času meritev namestili odbojno Nikon mini prizmo vpeto v nosilec z metričnim navojem M6 (Slika 2H). Oštevilčevanje točk sledi višinskemu zaporedju od najnižje (1L oz. 1S) do najvišje (4L oz. 4S).

S tahimetrom so bili na terenu določeni horizontalni kot, vertikalni kot in poševna dolžina od stojiščnih stabiliziranih točk do stabiliziranih točk na stabilnem in potencialno nestabilnem delu stene (Slika 3). Kota in dolžina so bili izmerjeni tudi med samimi stojiščnimi točkami s prizmo na trinožnem stojalu, vendar zgolj za potrebe grobe orientacije horizontalnega kota ter s tem določanja koordinat stojiščnih točk na centimeter natančno. Iz teh podatkov smo s klasičnimi trigonometričnimi enačbami izračunali X, Y in Z koordinate stabilnih in potencialno nestabilnih točk v lokalnem koordinatnem sistemu vezanem na posamezno stojiščno točko. Zaradi petih stojišč smo za posamezne točke na steni imeli običajno več meritev; meritve smo izravnali s translacijo vseh točk posnetih z istega stojišča na srednje vrednosti koordinat stabilnih točk posnetih s posameznega stojišča. Ker smo na ta način dobili vrednosti potencialnih premikov v okviru deklarirane natančnosti inštrumenta, smo poskušali natančnost statistično izboljšati s povprečenjem koordinat potencialno nestabilnih točk glede na stabilne – pri tem smo končno spremembo položajev izračunali kot aritmetično povprečje relativnih sprememb položajev uteženo glede na numerus izračunanih razdaj med stabilnimi in potencialno nestabilnimi točkami posnetih z istega stojišča (Preglednica 1).



Slika 2 – Stabilizirane stojiščne točke nad parkiriščem pred vhomom v Križno jamo, iz katerih je bil opravljen del meritev, in sicer (A) stabilizirana točka 100, (B) 101 in (C) 102. Slike Č-E prikazujejo postopek fiksacij točk na (1L-4L) in v neposredni okolici (1S-4S) potencialno nestabilne skalne gmote. Slika F prikazuje detajl načina stabilizacije stojiščnih točk 57 in 58, slika G detajl načina fiksiranja točk 1L-4L, 1S-4S, 100, 101 in 102, slika H pa točko 1S v času meritev z mini prizmo.



Slika 3 – Razporeditev z vizurami (rumene črte) iz stojiščnih točk (57, 58, 100, 101, 102) na stabilne (1S-4S; zelene točke) in potencialno nestabilne točke na steni (1L-4L) leta (A) 2016, (B) 2017 in (C) 2021. Vhod v Križno jamo je neposredno pri točki 58, bela lisa okoli točke 57 je parkirišče pred jamo.

Osnovna absolutna točnost geodetskih meritev je izračunana iz odstopanj koordinat med stabilnimi točkami na steni (1S-4S) pri meritvah iz različnih stojiščnih točk zaporednih terminskih izmer in znaša v horizontalni smeri v povprečju  $2,5 \text{ mm} \pm 1,4 \text{ mm}$  (primerjava 2016 in 2017) oz.  $1,2 \text{ mm} \pm 0,7 \text{ mm}$  (primerjava 2017 in 2021). Gre za pričakovani natančnosti izhajajoči iz upoštevanja natančnosti uporabljenega inštrumenta, pogreška centriranja inštrumenta nad stojiščno točko (vsaj 1 mm) ter pogreška signaliziranja prizme (vsaj 1 mm) na sosednji stojiščni točki. Časovne pomike potencialno nestabilnih točk smo imeli sprva namen izračunati iz sprememb njihovih absolutnih lokalnih koordinat, vendar smo uporabno natančnost meritev zaradi majhnih sprememb položajev glede na opisana odstopanja terminskega nameščanja tahimetra nad stojiščno točko dobili šele po izračunu relativnih sprememb položajev potencialno nestabilnih točk (1L-4L) glede na stabilne (1S-4S). Pet stojiščnih točk deluje tako povsem neodvisno, saj so izračunane spremembe položajev povprečne relativne spremembe položajev potencialno nestabilnih točk glede na stabilne iz posameznega stojišča. Če upoštevamo razlike v relativnih razdaljah med stabilnimi in potencialno nestabilnimi točkami znotraj terminskih meritev, znaša natančnost meritev  $0,8 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$  (2016 in 2017) oz.  $0,8 \text{ mm} \pm 0,6 \text{ mm}$  (2021). Statistično najbolj relevantne rezultate smo dobili s primerjavo meritev 2017 in 2021, saj so bile najbolj številčne in so se v vizurah povsem ujemale (Preglednica 1), s tem pa je primerjava med stabilnimi in potencialno nestabilnimi točkami na steni boljša. Relativna lega potencialno nestabilnih točk 2L in 3L glede na točke 1S-4S je bila določena iz 14 primerjav razdalj, točk 1L in 4L pa iz 12 primerjav razdalj. Relativno najslabše je bila določena lega točke 1L leta 2016, saj je bila določena iz razdalj do 7 koordinat točk 1S-4S.

Preglednica 1 – Numerus primerjav razdalj med sočasnimi meritvami s stojiščnih točk na stabilne (1S-4S) in potencialno nestabilne točke na steni (1L-4L) v letu 2016 (prvo število), 2017 (drugo število) in 2021 (tretje število).

<i>N</i>	<b>1L</b>	<b>2L</b>	<b>3L</b>	<b>4L</b>
<b>1S</b>	1, 4, 4	1, 4, 4	1, 4, 4	1, 4, 4
<b>2S</b>	1, 2, 2	1, 3, 3	1, 3, 3	1, 2, 2
<b>3S</b>	3, 4, 4	4, 5, 5	4, 5, 5	3, 4, 4
<b>4S</b>	2, 2, 2	3, 2, 2	3, 2, 2	3, 2, 2
<b>SUM</b>	7, 12, 12	9, 14, 14	9, 14, 14	8, 12, 12

### Rezultati in diskusija

Relativne horizontalne in vertikalne spremembe položajev potencialno nestabilnih točk (1L-4L) glede na stabilne točke (1S-4S) so prikazane v Preglednici 2. Izračunani spremembe položajev v horizontalni in vertikalni smeri se znotraj merilnih obdobj nahajajo v območju do 5,3 mm. Slabih 90 % sprememb položajev je v velikostnem razredu 0-2,0 mm, torej blizu velikostnega reda natančnosti povprečja meritev, če upoštevamo vrednost  $1\sigma$ . Zaradi tega se relativne spremembe položajev posameznih potencialno nestabilnih točk deloma tudi izključujejo glede na to, na katero stabilno točko se referirajo. Nobena od stabilnih točk ne kaže bistvenega trenda pri relativnih sprememb položajev – premerjava sprememb koordinat stabilnih točk med obdobji kaže za obdobje 2016-2017 vrednosti 0,6-3,0 mm, za obdobje

2017-2021 pa 0,5-1,1 mm, a v obeh primerih z večinoma nasprotnimi smermi sprememb položajev istih točk med izmerami. To potrjuje zaupanje v stabilnost točk 1S-4S.

Preglednica 2 – Relativne spremembe položajev po posamičnih oseh, horizontalne spremembe položajev in njihove smeri za potencialno nestabilne (1L-4L) glede na stabilne točke na steni (1S-4S). Izračunano povprečje na dnu je uteženo glede na število izmerjenih razdalj med potencialno nestabilnimi in stabilnimi točkami.

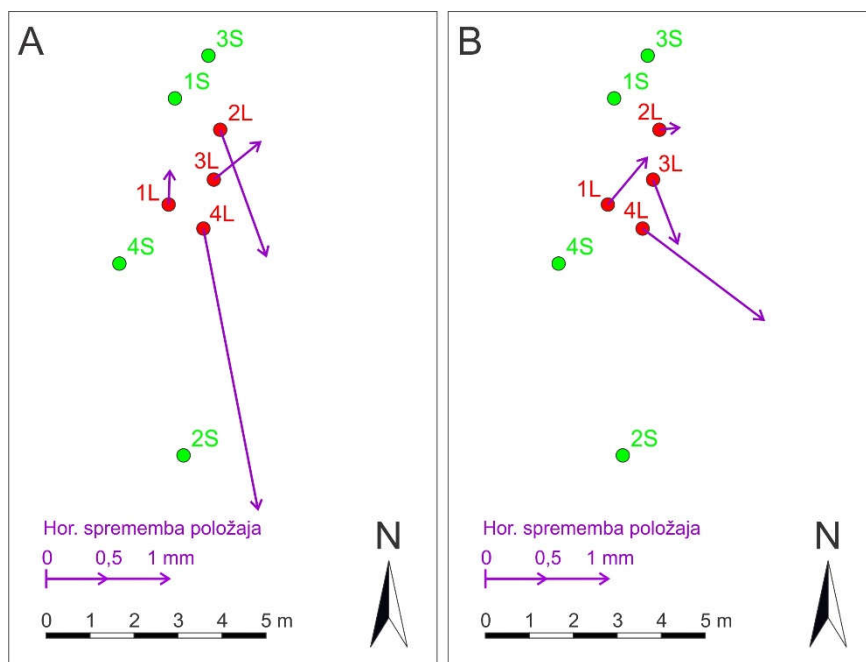
		sprememba položaja 2016-2017				sprememba položaja 2017-2021			
		1L	2L	3L	4L	1L	2L	3L	4L
1S	$\Delta X$ (mm)	1,0	1,9	2,1	1,6	-0,1	0,4	0,4	0,9
	$\Delta Y$ (mm)	-0,8	-2,1	-2,6	-5,0	0,2	0,3	-0,2	-0,3
	$\Delta Z$ (mm)	1,0	0,2	1,0	2,5	-0,5	-0,5	-0,8	-1,5
	$\Delta$ hor (mm)	1,3	2,8	3,3	5,3	0,2	0,5	0,4	0,9
	smer hor. sprememb (°)	127	137	140	162	144	124	111	109
2S	$\Delta X$ (mm)	-0,9	0,1	0,6	-0,6	-0,1	-0,7	-0,6	1,9
	$\Delta Y$ (mm)	3,3	0,4	0,9	-1,3	-1,4	0,0	-0,7	-1,6
	$\Delta Z$ (mm)	0,5	-0,7	0,7	1,5	0,5	0,7	0,3	-1,0
	$\Delta$ hor (mm)	3,4	0,4	1,1	1,5	1,4	0,7	1,0	2,4
	smer hor. sprememb (°)	195	18	33	205	183	89	43	230
3S	$\Delta X$ (mm)	-0,5	0,3	0,0	0,3	-0,4	0,3	0,5	0,6
	$\Delta Y$ (mm)	-0,3	-1,0	0,1	-1,5	0,0	0,1	-0,5	-0,4
	$\Delta Z$ (mm)	1,8	-0,2	0,5	1,0	0,0	0,2	-0,4	-1,0
	$\Delta$ hor (mm)	0,6	1,0	0,1	1,6	0,4	0,3	0,7	0,8
	smer hor. sprememb (°)	234	164	7	168	266	114	48	126
4S	$\Delta X$ (mm)	0,7	-0,1	0,2	0,6	-0,9	0,7	0,2	1,1
	$\Delta Y$ (mm)	0,3	-1,3	-0,7	-2,4	-1,3	-0,7	-1,2	-1,4
	$\Delta Z$ (mm)	0,5	-1,5	-0,5	0,3	0,0	0,0	0,5	-1,5
	$\Delta$ hor (mm)	0,7	1,3	0,7	2,5	1,6	1,0	1,2	1,8
	smer hor. sprememb (°)	68	185	167	166	35	225	169	143
AVG	$\Delta X$ (mm)	0,1	0,4	0,4	0,5	-0,3	0,2	0,2	1,0
	$\Delta Y$ (mm)	0,3	-1,0	-0,3	-2,3	-0,4	0,0	-0,5	-0,7
	$\Delta Z$ (mm)	1,1	-0,5	0,4	1,1	-0,1	0,1	-0,2	-1,3
	$\Delta$ hor (mm)	0,3	1,1	0,5	2,3	0,5	0,2	0,6	1,2
	smer hor. sprememb (°)	2	160	51	169	40	84	159	127

Relativne vertikalne spremembe položajev so v povprečju od 3- do 12-krat manjše od horizontalnih in na nobenem mestu ne presegajo natančnosti merjenja. Nekoliko višje posamične vrednosti relativnih vertikalnih sprememb položajev prvega obdobja merjenja se največkrat kompenzirajo z obratno vrednostjo v drugem obdobju merjenja. Če upoštevamo

potencialno nestabilno skalno gmoto kot enotno pomikajoč se blok, je bila pri skupini točk 1L-4L v prvem terminu zaznana sprememba položaja navzgor (0,5 mm), v naslednjem obdobju pa se je sprememba položaja navzgor kompenzirala s spustom (-0,4 mm). Glede na natančnost spremembi vertikalnega položaja ne moremo pripisati lastnosti pomika.

Povprečna relativna horizontalna sprememba položaja skupine potencialno nestabilnih točk znaša 1,0 mm (prvo obdobje) oz. 0,6 mm (drugo obdobje). V obeh obdobjih relativne horizontalne spremembe položajev od L1 proti L4 naraščajo, to je od spodaj navzgor. Pearsonov koeficient povezanosti je sicer visok (0,77 za prvo obdobje in 0,71 za drugo obdobje meritev), a statistično neznačilen pri  $p < 0,05$ . Seštevek sprememb položajev v obeh obdobjih da, ob sicer še vedno statistični neznačilnosti ( $p = 0,135$ ), še boljšo povezanost (0,87) kar kaže, da lahko monitoring v prihodnjih letih naraščanje sprememb položajev navzgor tudi statistično potrdi. Bistveno večja sprememba položaja na najvišji potencialno nestabilni točki (4L) glede na spodnje tri (1L-3L) kaže, da se skalna gmota morebiti le ne obnaša kot enoten blok, ampak da je pomik znotraj bloka diferencialen, česar pa zaradi omejene natančnosti meritev zaenkrat še ne moremo potrditi.

Povprečne horizontalne spremembe položajev so s smernimi vektorji ponazorjene na Sliki 4. Kot že ugotovljeno so največje spremembe položajev značilne za višje ležeče točke potencialno nestabilnega bloka. Noben od vektorjev smeri ni usmerjen v pobočje, ampak pretežno stran od njega, torej stran od zaledne razpoke, kar je s konceptualnega vidika pričakovano. Vsota smernih vektorjev sprememb položaja je pri obeh obdobjih podobna ( $156^\circ$  v prvem in  $117^\circ$  pri drugem). Generalno so stran od zaledne razpoke obrnjeni vsi smerni vektorji z izjemo točke 1L v prvem obdobju merjenja, kjer so povprečne relativne spremembe položajev najmanjše ter v okviru natančnosti.



Slika 4 – Velikost in smer horizontalnih sprememb položajev (vijolične puščice) nestabilnih točk (1L-4L; rdeče pike) glede na lego stabilnih (1S-4S; zelene pike).

Z obdelavo merjenih vrednosti smo ugotovili spremembe položajev točk na potencialno nestabilni skalni gmoti do največ nekaj milimetrov. Smeri sprememb položajev so smiselne in potrjujejo pričakovano gibanje spremljanega objekta. Glede na spremembe položajev posameznih točk in natančnosti določitev sprememb položajev iz izračunanih sredin

pomikov je zaenkrat nemogoče sklepati o statistični značilnosti pomikov – nobena sprememba položaja namreč ne presega vrednosti trikratnika natančnosti določitve, kar je običajna statistična mera za ugotavljanje pomikov. Dobljeni rezultati nedvomno potrjujejo konstantno smer spremembe položaja najvišje nestabilne točke (4L) stran od zaledne razpoke. Večanje sprememb položaja po potencialno nestabilni skalni gmoti navzgor kaže zaenkrat na rotacijski pomik odluščenega bloka.

## Zaključek

Meritve statistično kažejo na spremembo položaja potencialno nestabilne skalne gmote, ki pa zaenkrat v splošnem ni signifikantna za opredelitev kot premik. Glede na natančnost meritev zagotovo lahko govorimo o pomiku najvišje točke na potencialno nestabilni skalni gmoti (4L), kjer znašajo povprečni relativni pomiki 2,3 mm (obdobje 2016-2017) oz. 1,2 mm (obdobje 2017-2021). To potrjuje ločenost potencialno nestabilne skalne gmote od pobočja z zaledno razpoko, vsaj v zgornjem delu. Statistično se proti dnu potencialno nestabilne skalne gmote spremembe položajev zmanjšujejo in prehajajo v območje natančnosti meritev. Vertikalno komponento sprememb položajev lahko zaradi majhnosti in prostorsko neznailne smeri spremembe položajev zanemarimo in pripišemo napaki merjenja, kar kaže na trenutno stabilnost podlage pod potencialno nestabilno skalno gmoto. Meritve nakazujejo na rotacijski tip pomikanja potencialno nestabilne skalne gmote, kar dolgoročno vodi v rotacijsko prevrnitev. O trendu pomikanja s časovnega vidika ni mogoče govoriti.

Majhne, a statistično zaznavne, spremembe položajev kažejo na kvazistabilno stanje potencialno nestabilne skalne gmote. Čas in način porušitve je praktično nemogoče napovedati. Čeprav se pomiki gmote trenutno kažejo kot rotacijski, to hkrati povečuje pritisk na zunanji rob podporne ploskve, kar lahko vodi v hipno izgubo talne podpore in porušitev po zdrsni ploskvi; slednja zaradi drugačnega vpada ne bo lezična, ampak grobo nadaljevanje zaledne razpoke. Zaradi majhnosti sprememb položajev se trenutno odstranitev potencialno nestabilne skalne gmote ne zdi smiselna.

## Zahvala

Raziskave so potekale v okviru programa Raziskovanje krasa (P6-0119), ki je financiran s strani Javne agencije za raziskovalno dejavnost RS. Terestrično lasersko skeniranje je bilo omogočeno z opremo projekta RI-SI-EPOS. Za terensko izvedbo geodetskih meritev gre zahvala Franju Droletu, za kritično presojo, ki je močno izboljšala kvaliteto prispevka, pa recenzentu Tilnu Urbančiču.

## Literatura

- Drole, F. (1997). Križna jama 2. Naše jame 39, 76–86.
- Komac, B., Zorn, M. (2007). Pobočni procesi in človek. Geografija Slovenije 15. Ljubljana, Založba ZRC, 217 p.
- Maček, M., Petkovšek, A., Majes, B., Mikoš, M. (2014). Landslide Monitoring Techniques Database. World Landslide Forum 3: Beijing, China. Landslide Science for a Safer Geoenvironment, Vol. 1. Springer Verlag, 193–197.
- Mihevc, A., Urbančič, T. (2019). Spreminjanje premikov in oblikovanja poligonalnih tal v Skedneni jami s terestričnim laserskim skeniranjem. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2018:



- zbornik del, Ljubljana, 31. januar 2019. Ljubljana, Univerza v Ljubljani (Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo), 121–130.
- Peternel, T., Kumelj, Š., Oštir, K., Komac, M. (2017). Monitoring the Potoška planina landslide (NW Slovenia) using UAV photogrammetry and tachymetric measurements. *Landslides* 14, 395–406.
- Šebela, S. (2021). Raziskovalna infrastruktura RI-SI-EPOS na področju krasoslovja. V: Kuhar, M. in sod. (ur.). *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2020: zbornik del. 26. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko*, Ljubljana, 28. januar 2021. Ljubljana, Slovensko združenje za geodezijo in geofiziko, 13–19.