

UZROCI POJAVE KLIZIŠTA U OPĆINI JESENJE U RAZDOBLJU 2012. – 2021.

STRUČNI ČLANAK

ANAMARIJA RASPUDIĆ, LEONARD ŽNIDARIĆ, IVAN MARTINIĆ

Klizanje je padinski proces čijom aktivacijom može doći do ugrožavanja materijalnih dobara, a nerijetko i ljudskih života. Iako se radi o prirodnom procesu, čovjek svojim utjecajem može povećati vjerojatnost pojave klizišta ili uzrokovati njegovu aktivaciju. Hrvatsko Zagorje je regija u kojoj su klizišta česta pojava. U ovom radu analizirano je ukupno 8 aktivnih klizišta na području općine Jesenje koja su se aktivirala u razdoblju 2012. – 2021. Analizirana su morfometrijska obilježja reljefa na kojem se pojavljuju klizišta, način korištenja zemljišta te pedološka i litološka obilježja prostora na kojem se nalaze odabrana klizišta. Osim njih, analizirani su i vremenski uvjeti u vrijeme aktivacije klizišta, odnosno količina oborina, te potencijalni antropogeni utjecaj na aktivaciju promatranih klizišta. Poseban osvrt dan je na aktivaciju klizišta kod kamenoloma Gorjak, a na kraju su predložene i općenite mjere smanjenja rizika od pojave klizišta.

Ključne riječi: klizište, geomorfologija, Hrvatsko Zagorje

Uvod

Klizanje zemljišta je kretanje tla ili stijenske mase niz padinu po kliznoj plohi pod utjecajem gravitacije (Varnes, 1978; Bognar, 1996; Goudie, 2004). To su uglavnom brzi i nagli pokreti na padinama koji spadaju u najizrazitije destruktivne padinske procese te uzrokuju velike materijalne gubitke i štete na stambenim objektima, infrastrukturi, prometnicama te šumskim i poljoprivrednim površinama, a dovode u pitanje i sigurnost stanovništva. Kod proučavanja klizišta razlikujemo uzroke njihova nastanka i pokretače samog procesa klizanja (Smith i Petley, 2009).

Najvažniji uvjet nastanka klizišta jest postojanje klizne plohe. Ona se uglavnom odnosi na glinovite nepropusne slojeve jer minerali glina zbog svoje izražene nepropusnosti te visoke poroznosti vežu na sebe vodu, pri čemu nabubre i destabiliziraju površinske propusne slojeve. Pasivni čimbenici nastanka klizišta su: nagib i ekspozicija padine, litološki sastav podloge, nagib slojeva i dr. Aktivni čimbenici utječu na destabilizaciju padina te mogu biti uzrokovani prirodnim procesima ili antropogenim utjecajem. Primjeri aktivnih čimbenika, odnosno uzročnika klizišta su:

promjena nagiba padina, trošenje, opterećenje padine dodatnim materijalom, promjena razine vode temeljnice te uklanjanje vegetacije (Smith i Petley, 2009; Faivre i dr., 2013).

Pokretači koji aktiviraju sam proces klizanja su: potresi, vulkanske erupcije, poplave, naglo kopnjenje snijega, intenzivne i/ili dugotrajne kiše te antropogeni utjecaji (Smith i Petley, 2009; Faivre i dr., 2013). Veliki broj današnjih aktivnih klizišta izazvan je antropogenim aktivnostima, odnosno neodgovarajućim građevinskim zahvatima i obradom zemljišta na padinama podložnim klizanju (Bognar, 1996; Mihalić Arbanas i dr., 2013).

Klizišta se u Hrvatskoj javljaju u nekoliko karakterističnih regija – na lesnim zaravnima podunavskog dijela Hrvatske, predgorskim stepenicama (*glacis* terasama) i pobrdima peripanonske Hrvatske, međugorskim zavalama i riječnim dolinama unutrašnjih Dinarida, flišnim pobrdima vanjskih Dinarida te na otocima (Bognar, 1996). Klizišta se obično dijele na dvije vrste, translacijska i rotacijska klizišta (Hugget, 2002), a Bognar (1996) je za područje Hrvatske odredio 6 tipova klizišta: rotacijska, translacijska, stepeničasta, blok klizišta, klizišta potoci te složena klizišta.

Klizišta predstavljaju problem za čovjeka čak i kada nisu katastrofalnih razmjera jer čak i relativno mala klizišta mogu uzrokovati ekonomske gubitke, ali i gubitke ljudskih života. Štete od klizišta mogu biti izravne i neizravne. Izravne štete nastaju prilikom oštećenja građevinskih objekata, prometnica i dr. u trenut-

ku aktivacije klizišta, kao i gubitkom ljudskih života. Neizravne štete nastaju u duljem vremenskom razdoblju nakon aktivacije. Primjeri neizravne štete su: smanjenje vrijednosti nekretnina i zemljišta u ugroženim područjima, ekonomski gubici nastali uslijed prekida prometa, smanjenje društvene produktivnosti zbog ozljeda i smrtnih slučajeva te troškovi sanacije (Mihalić Arbanas i dr., 2013).

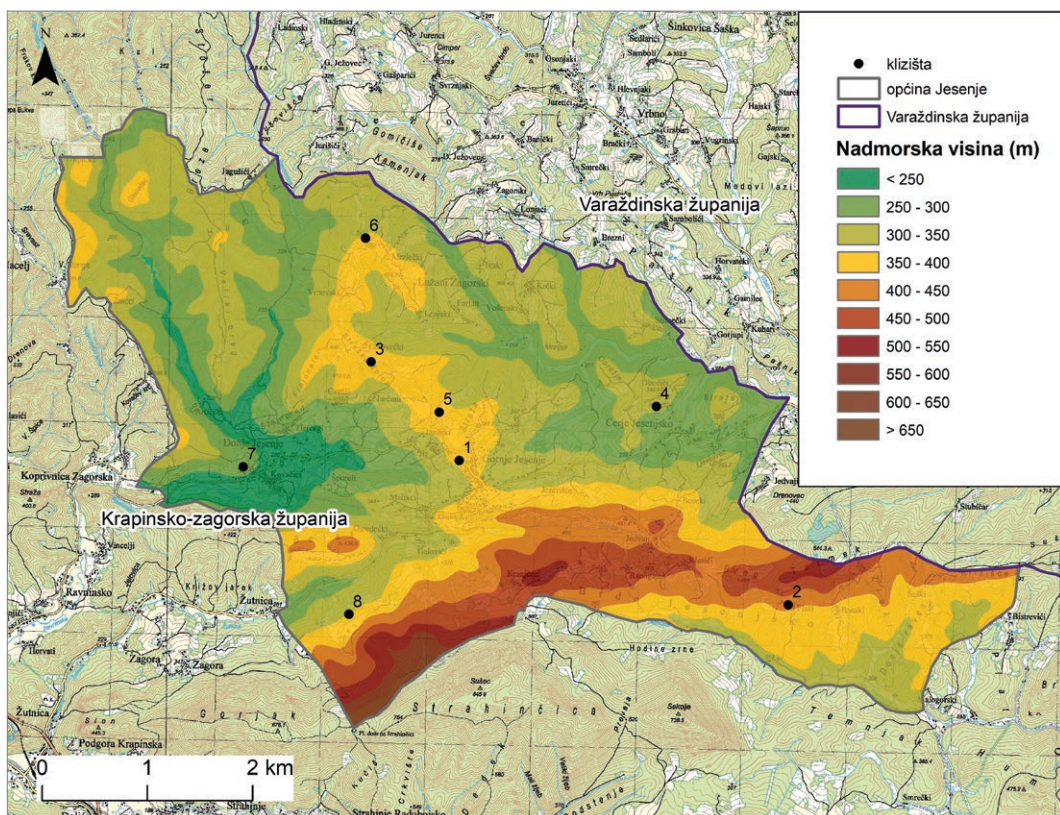
Ovaj se rad bavi prostornom analizom klizišta u općini Jesenje koja se nalaze u sjevernom dijelu Krapinsko-zagorske županije te pripada regiji peripanonske Hrvatske. Za ovu regiju karakteristična je pojava klizišta na predgorskim stepenicama i pobrdima, a klizišta prate dolinske strane vodotoka, aktivne rasjede i jaruge. Prema tipu prevladavaju rotacijska i translacijska klizišta (Bognar, 1996). Oblik terena i slojevitost tla navode se kao uzrok velikog broja klizišta na području općine Jesenje (Općina Jesenje, 2012; 2013; 2014a; 2014b; Čižmeković, 2019).

Klizišta se obično pojavljuju na mjestima sličnih prostornih obilježja (Loparić i Pahernik, 2011). U ovom radu analizirana su geološka, pedološka i geomorfološka obilježja prostora na kojem se pojavljuju klizišta, kao i količina oborina u vremenu aktivacije klizišta te način korištenja zemljišta na prostoru klizišta. Cilj ovoga rada jest predstaviti neke od ključnih uvjeta u kojima se javljaju klizišta u općini Jesenje te se osvrnuti na aktivaciju klizišta kod kamenoloma Gorjak početkom 2021. godine.

Klizišta u općini Jesenje

Gledano na razini Hrvatske, Općina Jesenje nalazi se na prostoru visokog rizika od klizišta (Bernat Gazibara i dr., 2022). Lokacije i datumi pojave klizišta analiziranih u ovom radu (tab. 1; sl. 1) prikupljeni su preko mrežne stranice općine Jesenje (2012; 2013; 2017; 2018), uz pomoć literature koja se bavi klizištima na

području spomenute općine (Čižmeković, 2019) te uz pregled satelitskih snimaka (Google Earth, 2021). Odabrano je osam klizišta koja su se aktivirala u razdoblju od 2012. do 2021. godine. Za potrebe GIS analiza kreirana je prostorna baza točkastih podataka u kojima je označen položaj klizišta (sl. 1).



Sl. 1. Hipsometrijska karta područja istraživanja s lokacijama klizišta
Kartografska podloga prema: Copernicus Land, 2021a; DGU, 2017; 2021

Tab. 1. Opis lokacije i datum evidencije klizišta u općini Jesenje

Red. br.	Lokacija	Datum pojave	Izvor podataka
1	klizište u Gornjem Jesenju, predjel Štubljenica	26.07.2012. (sanacija)	Objava u medijima o sanaciji (Općina Jesenje, 2012)
2	klizište u Brdu Jesenjskom, zaselak Flaši	05.04.2013.	Objava u medijima (Općina Jesenje, 2013)
3	klizište uz cestu Gornje Jesenje-Gornji Lužani, predjel Stog	20.09.2017.	Objava u medijima (Općina Jesenje, 2017)
4	klizište u naselju Cerje Jesenjsko, Obadići	veljača 2018	Završni rad (Čižmeković, 2019)
5	klizište u Gornjem Jesenju, Pećine	veljača 2018.	Završni rad (Čižmeković, 2019)
6	klizište u Lužanima, Ravenski	veljača 2018.	Završni rad (Čižmeković, 2019)
7	klizište u Donjem Jesenju, predjel Kovačeci	15.03.2018.	Objava u medijima (Općina Jesenje, 2018)
8	klizište kod kamenoloma Gorjak	04.01.2021.	Objava u medijima (Zagorje.com, 2021)

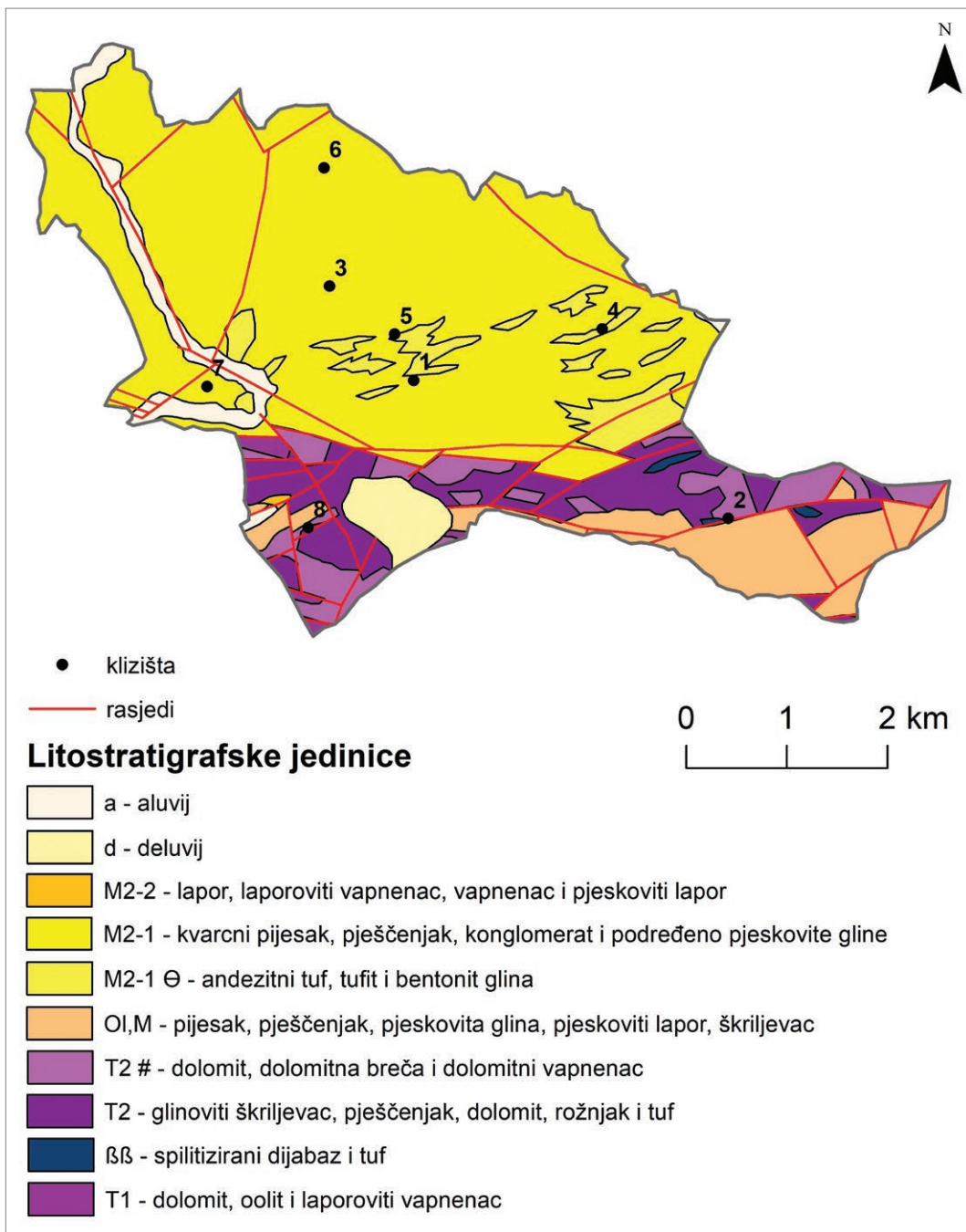
Izvor: Općina Jesenje, 2012; 2013; 2017; 2018; Čižmeković, 2019; Zagorje.com, 2021

Prostorna analiza

Prostorna analiza provedena je u programskom paketu ArcGIS Desktop 10.3. Za izradu hipsometrijske karte, karte nagiba i karte ekspozicija padina korišteni su podaci dobiveni korištenjem digitalnog modela reljefa (DMR) rezolucije 25x25 metara (Copernicus Land, 2021a). Položaji 8 odabranih klizišta označeni su točkama (sl. 1) te su analizirana geološka i morfometrijska obilježja prostora u njihovoj blizini.

Geološki čimbenici

Kao osnovni geološki čimbenik uzet je litološki sastav podloge. Izrađena je digitalna geološka karta općine Jesenje (sl. 2) prema Osnovnoj geološkoj karti mjerila 1:100.000, list Rogatec (Ančić i Jureša, 1984). Svaka litostratigrafska jedinica povezana je s atributom, odnosno vrstom litološke podloge prema pripadajućem geološkom tumaču (Ančić i Jureša, 1985). Najveći broj klizišta, njih šest (klizišta 1, 3, 4, 5, 6 i 7; tab. 1), zabilježen je u naslagama



Sl. 2. Geološka karta s lokacijama klizišta
Geološka karta prema: Aničić i Juriša, 1984; 1985.

isključivo miocenske starosti. Od tih šest klizišta, tri se nalaze na području kvarcnih pijesaka, pješčenjaka, konglomerata i podređeno pjeskovite gline, dok se ostala tri klizišta nalaze na kontaktu ranije nabrojanih litoloških podloga s andezitnim tufovima, tufitima i bentonit glinom (sl. 2). Ostala dva klizišta (klizišta 2 i 8) nalaze se na rasjednoj zoni, odnosno na dodiru trijaskih karbonatnih stijena sa stijenama gornjooligocenske i donjomiocenske starosti, litološki određenih kao pijesci, pješčenjaci, pjeskovite gline, pjeskoviti lapori i škriljevci (sl. 2). Prisutnost glinovitih podloga i blizina rasjeda već su spominjani kao uvjet za nastanak, odnosno aktivaciju klizišta.

Pedološki čimbenici

Podaci o vrstama tla dobiveni su iz postojeće GIS pedološke baze podataka, čija je osnova pedološka karta Republike Hrvatske, u mjerilu 1:300 000 (Vukadinović, 2021). Preuzet je već vektorizirani sloj te je transformiran u projekcijski koordinatni sustav HTRS96/TM.

Unutar istraživanog područja, klizišta su se pojavila na dvije pedosistematske jedinice (sl. 3). Najviše klizišta, njih pet (klizišta 1, 2, 4, 7 i 8), nalazi se na jedinici tla gdje prevladavaju kiselo smeđa tla na klastitima, agregiranim s regolitičnim, lesiviranim, pseudoglejnim i smeđe podzolastim tlima (sl. 3) (Bogunović i dr., 1997). Mehanički sastav dominantne jedinice dosta je varijabilan pa njegova tekstura može biti pjeskovita, ilovasta i glinasta, s većim ili manjim sadržajem skeleta. U većem broju nižih jedinica tekstura je najčešće pjeskovito ilovasta do ilovasta (Husnjak, 2014).

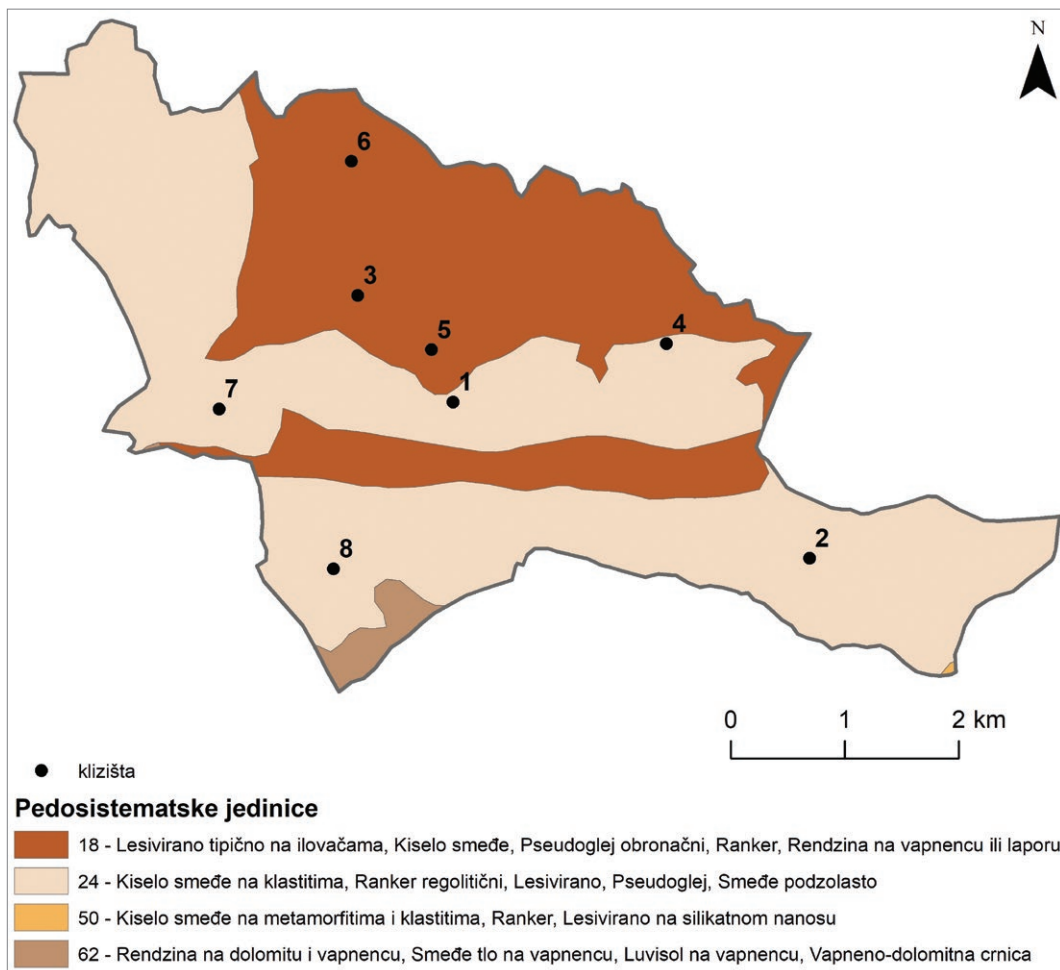
Ostala tri klizišta (klizišta 3, 5 i 6) nalaze se na jedinicama tla na kojima prevladavaju lesivirana tla, tipično na ilovačama agregiranim s

distrično smeđim (kiselo smeđim) tlima i pseudoglejnim tlima (na padinama obronaka) (sl. 3) (Bogunović i dr., 1997). Naziv „lesivirano“ u Hrvatskoj obuhvaća uglavnom ispiranje i nakupljanje čestica gline (Husnjak, 2014). Ova dominantna jedinica spada u pogodna tla za obradu (Bogunović i dr., 1997). Dominantna jedinica javlja se na nagibima većim od 15 % (26,8°) te je podložna eroziji (Bogunović i dr., 1997).

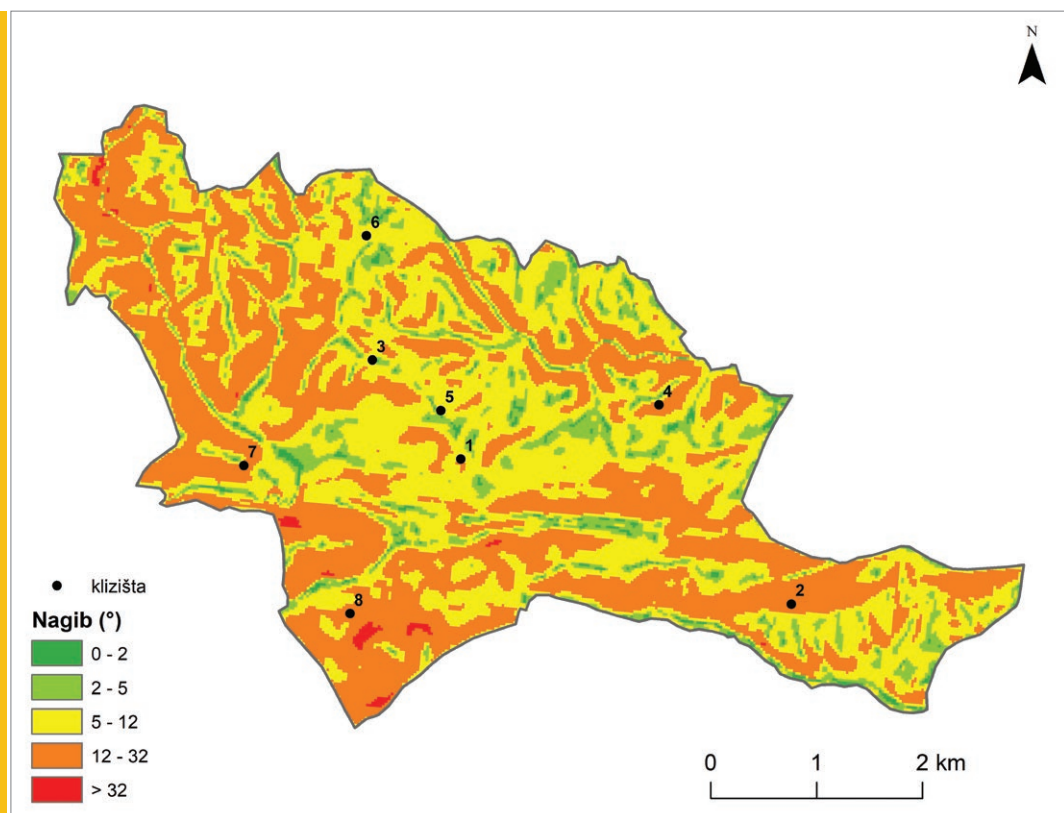
Pedološki uvjeti, sukladno litološkim, ukazuju na značajnu prisutnost glinovite podloge koja je omogućila nastanak istraživanih klizišta. Fizička svojstva tla, konkretno u slučaju klizišta – odnos tla i vode, jedan su od važnijih uzročnika klizanja tla. Određivanje količine vode u tlu važno je za mnoge inženjerske probleme zbog toga jer se na temelju vlažnosti može procijeniti ponašanje tla (Loparić i Pahernik, 2011).

Nagib padina

Geomorfološka klasifikacija padina temeljena je na dominantnim morfološkim procesima koji se aktiviraju ovisno o veličini nagiba te odgovarajućim reljefnim oblicima (Lozić, 1996). Prema standardnoj geomorfološkoj klasifikaciji nagiba (Demek, 1972), evidentirana su tri klizišta unutar kategorije nagnutih terena, nagiba 5 – 12° i pet u kategoriji jako nagnutih terena, nagiba 12 – 32° (sl. 4). Općenito gledano, u kategoriji nagnutih terena izraženi su procesi snažne erozije, intenzivnog spiranja, tečenje i kliženje tla, dok su u kategoriji jako nagnutih terena ti procesi još izraženiji. Budući da se 87,85 % općine Jesenje nalazi u kategoriji nagnutog (43,64 %) i jako nagnutog terena (44,21 %), u kombinaciji s opisanim litološkim i pedološkim obilježjima, opravdano je očekivati pojavu klizišta.



Sl. 3. Pedološka karta s lokacijama klizišta
Pedološka karta prema Vukadinović, 2021

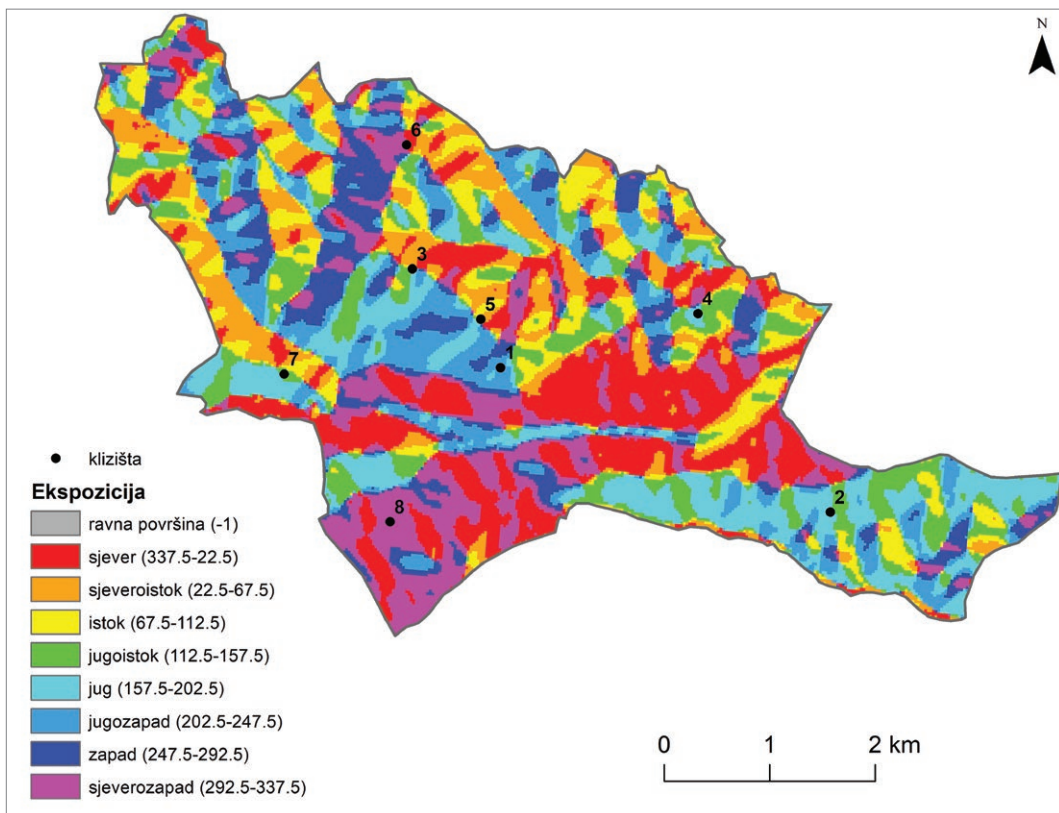


Sl. 4. Nagibi padina s lokacijama klizišta. Izrađeno na temelju EU-DEM-a (Copernicus Land, 2021a)

Ekspozicija padina

Utjecaj ekspozicije na geomorfološka obilježja i procese (uključujući klizišta) očituje se u tome što različito orijentirane padine primaju različitu količinu kratkovalnog zračenja. To utječe na klimatske elemente koji djeluju kao egzogeni geomorfološki agensi (Radoš i dr., 2012), odnosno na uvjete i procese koji imaju utjecaj na aktivaciju

klizišta. S obzirom na ekspoziciju padina, većina klizišta javila se na padinskim stranama izloženim Suncu (sl. 5). Međutim, na istraživanom području klizišta se pojavljuju u većini kategorija ekspozicije tj. jedino nisu zastupljena na padinama zapadne i sjeveroistočne ekspozicije (tab. 2; sl. 5).



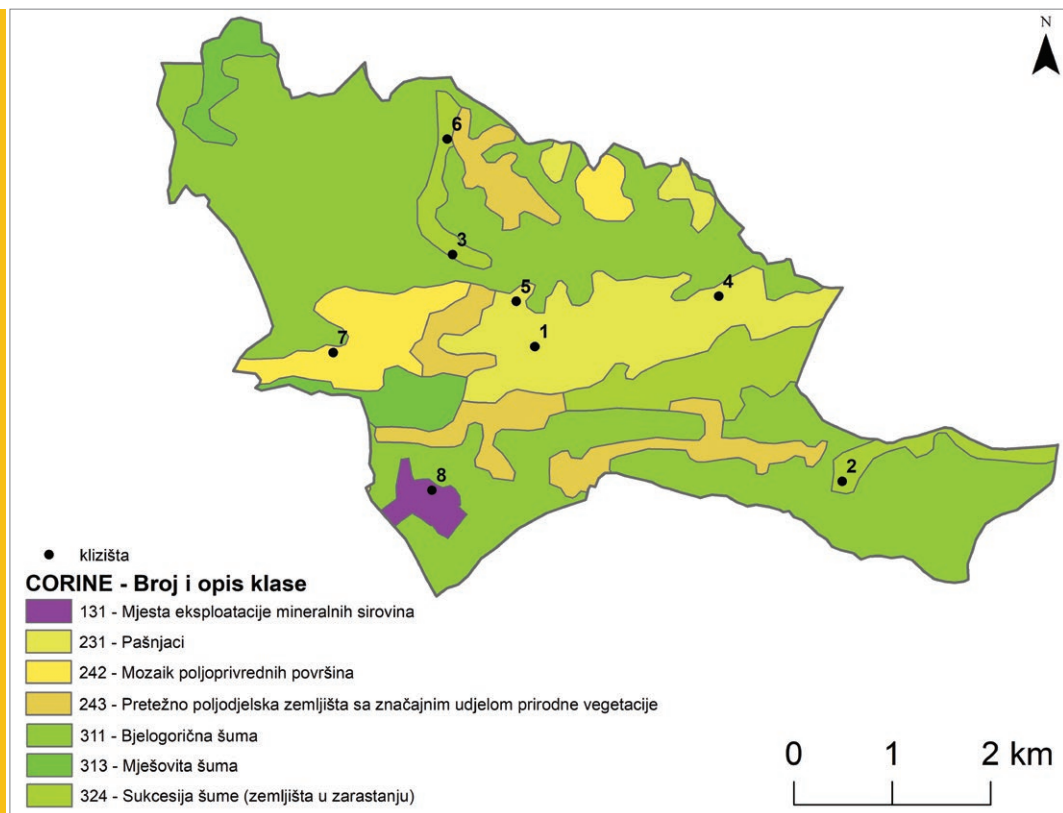
Sl. 5. Ekspozicija padina s lokacijama klizišta. Izrađeno na temelju EU-DEM-a (Copernicus Land, 2021a)

Tab.2. Ekspozicija padina promatranih klizišta

Ekspozicija	Promatrana klizišta (oznaka)
Sjeverna	6
Istočna	5
Jugoistočna	7, 4
Južna	2, 3
Jugozapadna	1
Sjeverozapadna	8

Način korištenja zemljišta

Podaci o načinu korištenja zemljišta preuzeti su u već digitaliziranom obliku sa službenih mrežnih stranica službe Copernicus (Copernicus Land, 2021b). Na području općine Jesenje zabilježeno je sedam klasa zemljišnog pokrova prema CORINE Land Cover bazi podataka. Najveći udio obuhvaća klasa 311 – Bjelogorična šuma, a zauzima površinu od 14,33 km², odnosno 58,33 %. Najmanji dio zauzima klasa 131 – Mjesta eksploatacije mineralnih sirovina - 0,33 km², tj. 1,34 %.



Sl. 6. Položaj klizišta u odnosu na način korištenja zemljišta CORINE Land Cover (Copernicus Land, 2021b)

Klizišta su se pojavila u četiri klase. Tri klizišta pojavila su se u klasi 231 – Pašnjaci (3,10 km², 12,64 % površine općine), tri u klasi 324 – Sukcesija šume (zemljišta u zarastanju) (1,99 km², 8,09 % površine općine) te po jedno klizište u klasi 242 – Mozaik poljoprivrednih površina (1,48 km², 6,02 % površine općine) i klasi 131 – Mjesta eksploatacije mineralnih sirovina (sl. 6).

Ovi podaci pokazuju kako su se klizišta pojavila na površinama koje su u potpunosti ili djelomično neprirodne, odnosno antropogeno izmijenjene. Zanimljivo je kako se u najzastupljenijoj klasi – bjelogorične šume, koje zauzimaju 58,33 % površine općine Jesenje, ne nalazi niti jedno od istraživanih klizišta.

Oborine

Količina oborine je važan parametar kod analize klizišta. U kombinaciji s drugim čimbenicima, veća količina oborine negativno djeluje na stabilnost padina (Počekal i dr., 2016). Ožujak 2013. bio je ekstremno kišovito na prostoru sjeverozapadne Hrvatske (DHMZ, 2013, tab. 3), što je za posljedicu imalo aktivaciju brojnih klizišta diljem Hrvatske, a posebno na području Hrvatskog Zagorja (Bernat i dr., 2014). Na području Općine Jesenje došlo je do aktivacije istraživanog klizišta broj 2. Također, u rujnu 2017., kada se aktiviralo klizište broj 3,

Tab. 3. Ukupna mjesečna i godišnja količina oborine te prosječna mjesečna količina oborine u godini i za odabrano razdoblje u postaji Bednja za razdoblje od 2013. do 2020. i postaji Krapina od 2012. do 2020. godine (žuto su označeni mjeseci u kojima su se aktivirala obrađena klizišta)

Godina	Postaja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ukp. god. (mm)	pros. mj. (mm/12 mj.)
2013	Bednja	116,3	147,2	143,2	61	96,5	66,7	17,5	102,9	163,7	13	263,4	20,7	1212,1	101,0
2014		72,1	132,4	4,8	97,5	135	109,6	118,3	187,5	196,3	133,7	58,9	80	1326,1	110,5
2015		99,2	83,7	23,4	21,7	165,8	74,4	77,7	74,7	102,7	226,6	44,8	1	995,7	83,0
2016		64,2	149,8	80	40	132,3	138,7	64,7	91,5	49,5	94,1	145,5	4,3	1054,6	87,9
2017		34,8	56,2	22,1	49,8	67,4	122,3	70,8	74,1	279,5	71,3	150,9	94,6	1093,8	91,2
2018		48,9	161,1	88,9	52	141	118,3	102,3	71,3	97	64,9	76,8	12,8	1035,3	86,3
2019		33,4	36,4	60,2	84,1	226,9	113,7	148,8	66,6	85,5	55	210,6	120,3	1241,5	103,5
2020		24	28,6	39,9	39,5	46,3	105,9	146,3	78,3	126,4	143,8	50,4	132	961,4	80,1
pros. za mj (2013-2020) (mm/8 god.)		61,6	99,4	57,8	55,7	126,4	106,2	93,3	93,4	137,6	100,3	125,2	58,2		
2012	Krapina	17,8	21,6	0,6	54,2	96,4	101,5	75,1	19,9	171,9	177,8	102	65,7	904,5	75,4
2013		84,7	88,6	104,2	40,5	114	39,4	39,4	92,9	130,9	15	244,4	13,3	1007,3	83,9
2014		54	96,2	7,3	80,7	96,5	115,3	135,5	248,4	196,3	132,8	60,4	63,4	1286,8	107,2
2015		83,1	61,9	18,9	30,6	106	94,7	73,6	86,2	81	180,6	33,6	3	853,2	71,1
2016		47,7	123,3	51,1	32,7	118,9	120,3	41,3	100,2	39,8	91	137,2	3,7	907,2	75,6
2017		25,8	44	15,4	56,1	37,4	54,8	127,4	64,4	222,7	68,7	128,4	71	916,1	76,3
2018		43,4	89,4	52,2	72,2	108,6	96,1	80,6	78,4	56,7	55,3	68,8	14,4	816,1	68,0
2019		25,7	32,7	51,9	51,2	196,7	77,8	206,5	57,7	89	54,3	182,5	127,6	1153,6	96,1
2020		12,9	31,5	34,9	47	61	86,9	134,7	60,9	124,6	124,7	55,4	102,9	877,4	73,1
pros. za mj (2012-2020) (mm/8 god.)		43,90	65,47	37,39	51,69	103,94	87,42	101,57	89,89	123,66	100,02	112,52	51,67		

Izvor: DHMZ, 2021

zabilježene su ekstremne oborinske prilike na istom prostoru (DHMZ, 2017, tab. 3). U vrlo kišnoj 2014. godini aktivirala su se mnoga klizišta, međutim ona nisu detaljnije obrađivana zbog nedostatka podataka o vremenu i mjestu nji-

hove aktivacije (Općina Jesenje, 2014a, 2014b). Aktivaciju klizišta broj 4, 5, 6 i 7 u ožujku i veljači 2018. vjerojatno je izazvalo naglo topljenje velikih količina snijega i prezasićenost tla vodom (Općina Jesenje, 2018).

Klizište kod kamenoloma Gorjak

Jedno od obrađenih klizišta je klizište kod kamenoloma Gorjak koje se aktiviralo u noći s 4. na 5. siječnja 2021. godine (sl. 7). Razdoblje je to jače seizmičke aktivnosti na prostoru Središnje Hrvatske. Tjedan dana prije aktiviranja klizišta zabilježen je potres magnitude 6.2 prema Richteru (Seizmološka služba, 2020) s epicentrom u blizini Petrinje te su slijedili česti i jaki naknadni potresi. Klizište se nalazi u rasjednoj zoni, na dodiru različitih litoloških jedinica (sl. 2). U podlozi se nalazi tlo podložno klizanju i eroziji, na jako nagnutom terenu sa sjeverozapadnom ekspozicijom.

Također, radi se o klizištu koje se aktiviralo u podnožju aktivnog kamenoloma (Google Earth, 2021; Fininfo, 2021). Dakle, prostor je to na kojem su moguća podrhtavanja tla (miniranje i potresi) koja su pak jedan od pokretača klizišta (Bognar, 1996) te je vrlo izražen antropogeni utjecaj na promjenu geomorfoloških obilježja prostora. Shodno svemu navedenom, aktiviranjem klizišta velika količina zemljanog i kamenog materijala zatrpala je cestu te je bila privremeno zatvorena za sav promet dionica državne ceste DC74 kod mjesta Žutnica (Općina Jesenje, 2021). Površina klizišta iznosila je približno 0,035 km² (35 279 m²), a promet spomenutom cestom bio je onemogućen oko dva tjedna nakon aktivacije klizišta (Zagorje.com, 2021).



Sl. 7. Klizište kod kamenoloma Gorjak 11. 5. 2021. godine
Izvor podloge: Google Earth, 2021

Praćenje i inventarizacija klizišta

Identifikacija uzroka i pokretača klizišta, kao i ugroženih antropogenih elemenata, ključna je mjera zaštite za smanjivanje opasnosti od pojave klizišta. Prvi korak u ostvarivanju toga cilja jest izrada inventara klizišta koji uključuju lokaciju, klasifikaciju, površinu, aktivnost i datume aktivnosti svakog klizišta (Faivre i dr., 2013). Neki od oblika inventara klizišta jesu inventarne karte klizišta te baze podataka klizišta koje se mogu smatrati digitalnim inventarima. Karta klizišta osnova je za sve daljnje analize uzroka klizanja i predviđanje potencijalnih klizišta, odnosno planiranje mjera ublažavanja opasnosti od klizanja (Rački, 2015).

Inventari klizišta omogućuju daljnju analizu koja se odvija na tri razine – analiza podložnosti padina klizanju, analiza opasnosti („hazarda“) i analiza rizika. Podložnost padina klizanju je vjerojatnost pojave klizišta određenog tipa i volumena. Opasnost je vjerojatnost pojave klizišta određene jačine i tipa na određenoj lokaciji i u određenom razdoblju, dok je rizik očekivani gubitak na određenoj lokaciji i u određenom razdoblju pri opasnosti određene jačine (Crozier, 1999). Dakle, pojava klizišta predstavlja opasnost. Ukoliko su toj opasnosti izložena materijalna dobra i ljudski životi ta opasnost predstavlja rizik. Kako bi se smanjio rizik važno je ograničiti gradnju (prometnica, stambenih objekata i dr.) na područjima podložnim klizanju. Drugi način smanjenja rizika je da se prije početka gradnje uvjetuje sanacija postojećih klizišta i/ili provedu mjere ublažavanja njihovih štetnih posljedica.

Za procjenu vjerojatnosti pojave klizišta nužan je nadzor aktivnih klizišta, proučavanje padina terenskim i daljinskim istraživanjima, analiza prijašnjih događaja, geomorfološko kartiranje i identificiranje obilježja klizišta. Za izradu karata podložnosti, opasnosti i rizika klizanja potrebne su digitalne geološke, seizmološke i geomorfološke karte, geodetske podloge te katastri klizišta (Faivre i dr., 2013). Za područje istraživanja ovoga rada ne postoji baza podataka o klizištima koja bi služila kao podloga za izradu karata postojećih klizišta. Prvi korak ka smanjenju rizika od klizanja tla bila bi izrada baze prostornih podataka, koja bi sadržavala podatke o geomorfološkim, pedološkim i geološkim obilježjima prostora kao i podacima o korištenju zemljišta i zemljišnom pokrovu. Navedena baza podataka trebala bi se popuniti podacima dobivenim terenskim i daljinskim istraživanjima. Takva baza podataka bila bi temelj za izradu karata podložnosti, opasnosti i rizika od klizanja. Podaci dobiveni iz takvih karata pomogli bi pri kvalitetnom prostornom planiranju prostora i, sukladno tome, smanjenju rizika od klizanja tla. Smanjenju rizika pomogla bi i sanacija postojećih klizišta iz baze podataka. Danas se za izradu baza podataka klizišta koriste daljinska istraživanja.

U Hrvatskom Zagorju, na području Grada Lepoglave i Općine Bednja, izrađen je inventar klizišta na temelju digitalnog modela reljefa visoke rezolucije, dobivenog LIDAR (eng. *Light Detection and Ranging*) snimkama (Mihalić Arbanas i dr., 2023). Implementacija ovakvog načina inventarizacije klizišta na druga područja uvelike bi pomogla kvalitetnom upravljanju rizikom od klizišta.

Zaključak

Prirodni rizici imaju izrazito važnu ulogu u geografskim i ostalim geoznanstvenim istraživanjima. Klizištima, kao najizrazitijim padinskim destruktivnim procesima, potrebno je posvetiti značajnu pažnju jer mogu izazvati oštećenja na infrastrukturi te ugroziti stanovništvo.

Uzročnici klizišta obrađeni u ovom radu za osam kartiranih klizišta u općini Jesenje analizirani su kroz: geološke (prvenstveno litološke) i pedološke čimbenike, morfometrijske čimbenike (nagib padina i ekspozicija padina), način korištenja zemljišta te klimatološke čimbenike, odnosno količinu oborine.

Prema litologiji, klizišta su se aktivirala na područjima na kojima su zastupljeni pješčenjaci, pjeskovite gline, tufovi i lapori. Analizom lokacija klizišta prema pedosistematskim jedinicama, istaknute su jedinice u kojima prevladava pjeskovita, ilovasta i glinasta tekstura ili njihove kombinacije. Također, klizišta su se aktivirala na jedinicama podložnim eroziji i u rasjednim zonama. Kroz analizu geomorfoloških čimbenika dobiveni su rezultati koji ukazuju da se klizišta javljaju na nagibima 5 – 32°, te većinom na padinama izloženim Suncu. Potvrđena je pretpostavka da se klizišta pretežito pojavljuju na površinama kod kojih je izražen ljudski utjecaj. Utvrđena je i određena veza između pojave oborina i aktivacije klizišta na ovom prostoru.

Poseban primjer klizišta većih dimenzija je ono koje se aktiviralo u neposrednoj blizini kame-noloma Gorjak. Klizište se nalazi na području koje zadovoljava analizirane uvjete za nastanak klizišta, a aktiviralo se u razdoblju pojačane seizmičke aktivnosti na širem području, što je najvjerojatnije bilo i glavni uzrok aktivacije.

Radi smanjenja opasnosti od klizišta, prvi korak treba biti izrada inventara klizišta. Ova analiza obuhvatila je klizišta za koja su podaci o njihovoj lokaciji i datumu aktiviranja dobiveni posredno. Logičan nastavak ovakvih istraživanja bila bi neposredna inventarizacija svih aktivnih klizišta te geomorfološkim kartiranjem prikupljanje podataka o ranijim pojavama klizištenja. Na temelju tih podataka bilo bi moguće izraditi karte rizika od pojave klizišta.

Literatura

ANIČIĆ, A., JURIŠA, M., 1984: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Rogatec L33–68. – Geološki zavod, Ljubljana; Geološki zavod, Zagreb, (1971–1981); Savezni geološki institut, Beograd.

ANIČIĆ, A., JURIŠA, M., 1985: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Rogatec L33–68. – Geološki zavod, Ljubljana; Geološki zavod, Zagreb (1983); Savezni geološki institut, Beograd, 76 str.

BERNAT GAZIBARA, S., DAMJANOVIĆ, V., KRKAČ, M., SINČIĆ, M., JAGODNIK, P., MIHALIĆ ARBANAS, S., 2022: Landslide susceptibility map of Croatia based on limited data and fuzzy logic approach, u: *Proceedings of the 5th regional symposium on landslides in the Adriatic-Balkan Region* (ur. Peranić, J., Vivoda PRODAN, M., BERNAT GAZIBARA, S., KRKAČ, M., MIHALIĆ ARBANAS, S., ARBANAS, Ž.): Faculty of Civil Engineering, University of Rijeka and Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,

University of Zagreb

BOGNAR, A., 1996: Tipovi klizišta u Republici Hrvatskoj i Republici Bosni i Hercegovini – geomorfološki i geokološki aspekti, *Acta Geographica Croatica*, 31 (1), 27-37.

BOGUNOVIĆ, M. I DR., 1997: Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske i njena uporaba, *Agronomski glasnik*, 59 (5-6), 363-399.

CROZIER, M., 1999: Landslides, u: *Applied Geography: Principles and Practice*, (ur. Pacione, M.), Routledge, London i New York, 83-95.

ČIŽMEKOVIĆ, N., 2019: Sanacija klizišta na nerazvrstanoj cesti Cerje Obadići u općini Gornje Jesenje, Završni rad, Sveučilište Sjever, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:057025>

DEMEK, J., 1972: Manual of detailed geomorphological mapping, IGU – Comission on Geomorphological survey and mapping, Czechoslovak Academy of Science, Prague

DHMZ, 2013: Meteorološki i hidrološki bilten, 3/2013, DHMZ, Zagreb

DHMZ, 2017: Meteorološki i hidrološki bilten, 9/2017, DHMZ, Zagreb

FAIVRE, S., RADELJAK, P., GRBAC ŽIKOVIĆ, R., 2013: Formiranje i upotreba digitalnih baza podataka o klizištima u svijetu i Hrvatskoj – Primjer dostupnosti podataka na riječkom području, *Hrvatski geografski glasnik*, 75 (1), 43-69.

GOUDIE, A. S. (UR.), 2004: *Encyclopedia of Geomorphology: Volume 1, A – I*. Routledge, London i New York.

HUGGETT, R., J., 2002: *Fundamentals of Geomorphology*. Routledge, London i New York.

HUSNJAK, S., 2014: Sistematika tala Hrvatske, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb.

LOPARIĆ, I., PAHERNIK, M., 2011: GIS analiza ugroženosti padina klizištima u području Grada Lepoglave, *Acta Geographica Croatica*, 38 (1), 35-58.

LOZIĆ, S., 1996: Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, 31 (1), 41-49.

MIHALIĆ ARBANAS, S., BERNAT GAZIBARA, S., KRKAČ, M., SINČIĆ, M., LUKAČIĆ, H., JAGODNIK, P., ARBANAS, Ž., 2023: Landslide Detection and Spatial Prediction: Application of Data and Information from Landslide Maps, u: *Progress in Landslide Research and Technology* (ur. Alcántara-Ayala, I. i dr.), Vol. 1 (2), Springer, Cham. 195–212. https://doi.org/10.1007/978-3-031-18471-0_16

MIHALIĆ ARBANAS, S., ARBANAS, Ž., BERNAT, S., KRKAČ, M., KALINIĆ, P., MARTINOVIĆ, K., FABRIS, N., SAJKO, J., ANTOLOVIĆ, A., 2013: Upravljanje kriznim situacijama uslijed pokretanja klizišta. U: *Zbornik radova V. konferencije Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa* (ur. Perinić, J.), Jadran - Zagreb: Državna uprava za zaštitu i spašavanje, 151-164.

POČEKAL, N., LOBOREC, J., I MEAŠKI, H., 2016: Izrada karte rizika od pojave klizišta primjenom GIS tehnologije – primjer općine Bednja, Hrvatska, *Inženjerstvo okoliša*, 3 (1), 7-19.

RAČKI, M., 2015: Analiza pokretača klizanja u proljeće 2013. godine na području grada Samobora, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:070520>

RADOŠ, D., LOZIĆ, S., ŠILJEG, A., 2012: Primjena GIS metoda u analizi geomorfometrijskih značajki

Duvanjskog polja, u: Lučić, I. & Mulaomerović, J. (ur.) *Zbornik radova Znanstveno-stručnog skupa "Čovjek i krš"*. Međugorje i Centar za krš i speleologiju, Sarajevo, 143 -161.

SMITH, K., PETLEY, D. N., 2009: *Environmental Hazards, Assessing risk and reducing disaster*, Routledge, London i New York.

VARNES, D. J., 1978: Slope movement types and processes, u: (R.L. Schuster and R.J. Krizek, ur.) *Landslides analysis and control*. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report 176, 12–33.

Izvori

Copernicus Land, 2021a: European Digital Elevation Model (EU-DEM), version 1.1. European Union, Copernicus Land Monitoring Service, European Environment Agency, <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1> (22.11.2021.)

Copernicus Land, 2021b: CORINE Land Cover, CLC 2018, Copernicus Land Monitoring Service, European Environment Agency, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018?tab=download> (22.11.2021.)

DGU, 2017: Registar prostornih jedinica, .SHP (grafički podaci), Državna geodetska uprava, Zagreb

DGU, 2021: Topografske karte mjerila 1:25000, WMS servis, Državna geodetska uprava, Zagreb

DHMZ, 2021: Ukupna mjesečna i godišnja količina oborine, https://meteo.hr/klima.php?section=klima_podaci¶m=k2_1 (29.11.2021.)

Fininfo, 2021: Detaljno o poduzeću Kamenolom Gorjak d.o.o., <https://www.fininfo.hr/Poduzece/Pregled/kamenolom-gorjak/Detaljno/60454> (1.12.2021.)

Google Earth, 2021: Inačica Pro 7.3.4.8248 (64-bit), 46°11'46"S, 15°53'32"E, datum satelitske snimke 11.5.2021. (24.11.2021.)

Općina Jesenje, 2012: Sanacija klizišta, <http://www.jesenje.hr/sanacija-klizista> (23.11.2021.)

Općina Jesenje, 2013: Veliki broj klizišta na području općine, <http://jesenje.hr/veliki-broj-klizista-na-podrucju-opcine> (23.11.2021.)

Općina Jesenje, 2014a: Sanirano još jedno klizište, <http://jesenje.hr/sanacija-klizista-podusaki> (1.12.2021.)

Općina Jesenje, 2014b: Pojavila se nova klizišta, <http://www.jesenje.hr/pojavila-se-nova-klizista> (21.2.2022.)

Općina Jesenje, 2017: Pojavila se nova klizišta na području općine, <http://www.jesenje.hr/nova-klizista> (23.11.2021.)

Općina Jesenje, 2018: Klizišta oštetila mnoge kuće i nerazvrstane ceste, <http://www.jesenje.hr/pojavila-se-nova-klizista-na-podrucju-opcine> (23.11.2021.)

Općina Jesenje, 2021: Državna cesta D74 do daljnjeg zatvorena, <http://jesenje.hr/cesta-d-74-do-daljnjeg-zatvorena> (1.12.2021.)

Seizmološka služba, 2020: Razoran potres kod Petrinje, https://www.pmf.unizg.hr/geof/seizmoloska_sluzba/izvjesca_o_potresima?_v1=TKKAL2lnG4ybpyK7eRNyc_wezFkbeyn2q3DjGmN2dFbfgXZ1WhyYWqVwxwVh5EYe3fY1eDMIAMjGsazJZLET6CE_xKqnTXstFIIVt00B084qrdVJmjaLoHXpjJtpsFlpFoNfGpK7Hsd4xqJ0HdgzsfpJBXWEk8vENH0LmfNVhSZ2_GM9lcNpkNSev4_HUG8kqvKF00BCtw7YQe14Jf5vurfuzgZbLVFZGBOYPEtzmMMFEsA&_lid=45225#news_45225 (29.11.2021.)

Sjever.hr, 2021: VIDEO: Odron kod Jesenja blokirao promet – Uzrokovali ga potresi i podrhtavanja?, <https://sjever.hr/2021/01/05/video-odron-kod-jesenja-blokirao-promet-uzrokovali-ga-potresi-i-podrhavanja/> (23.11.2021.)

Vukadinović, 2021: Tlo i biljka: web stranica o zemljišnim resursima, ishrani i gnojidbi bilja, <http://tlo-i-biljka.eu/GIS.html> (29.11.2021.)

Zagorje.com, 2021: Započela sanacija odrona koji je zatrpao državnu cestu, <https://www.zagorje.com/clanak/vijesti/zapocela-sanacija-odrona-koji-je-zatrpao-drzavnu-cestu-otvaranje-prometa-kroz-3-dana> (21.2.2022.)

PRIMLJENO: 20. 1. 2023.

PRIHVAĆENO: 20. 2. 2023.



ANAMARIJA RASPUDIĆ, student diplomskog studija Geografija; smjer: istraživački; Fizička geografija s geoeologijom
e-mail: anamarija.raspudic@student.geog.pmf.hr

LEONARD ŽNIDARIĆ, student diplomskog studija Geografija; smjer: istraživački; Fizička geografija s geoeologijom
e-mail: leonard.znidaric@student.geog.pmf.hr

IVAN MARTINIĆ, asistent

Geografski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 19/II, 10 000 Zagreb, e-mail: imartini@geog.pmf.hr