

# Vrjednovanje višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica ispitivanjem javnog mnijenja

---

**Horvat, Dino**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:610241>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-27**



**Sveučilište u Zadru**  
Universitas Studiorum  
Jadertina | 1396 | 2002 |

*Repository / Repozitorij:*

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Sveučilište u Zadru

Odjel za geografiju

Sveučilišni diplomski studij Primijenjene geografije (jednopedmetni)

**Dino Horvat**

**Vrjednovanje višekriterijskog GIS modela  
podložnosti klizištima na području Međimurskih  
gorica ispitivanjem javnog mnijenja**

**Diplomski rad**

Zadar, 2022.

Sveučilište u Zadru

Odjel za geografiju

Sveučilišni diplomski studij Primijenjene geografije (jednopedmetni)

**Vrjednovanje višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima  
na području Međimurskih gorica ispitivanjem javnog mnijenja**

Diplomski rad

Student:

Dino Horvat

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Ante Šiljeg

Komentorica:

Doc. dr. sc. Silvija Šiljeg

Zadar, 2022.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Dino Horvat**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Vrjednovanje višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica ispitivanjem javnog mnijenja** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 12. svibnja 2022.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zadru

Odjel za geografiju

Diplomski rad

## VRJEDNOVANJE VIŠEKRITERIJSKOG GIS MODELA PODLOŽNOSTI KLIZIŠTIMA NA PODRUČJU MEĐIMURSKIH GORICA ISPITIVANJEM JAVNOG MNIJENJA

Dino Horvat

### Sažetak

Analize podložnosti klizištima imaju veliki značaj u prostornom planiranju i upravljanju rizicima od katastrofa. U ovom su radu utvrđene zone različite podložnosti klizištima korištenjem višekriterijskih GIS analiza na temelju morfometrijskih (nagib, ekspozicija i planarna zakrivljenost), geoloških (geološka građa i gustoća lineamenata), pedoloških (pedološki pokrov), hidroloških (udaljenost od vodenih tokova i TWI) i antropogenih (udaljenost od prometnica i način korištenja zemljišta) kriterija. Težinski su koeficijenti određeni AHP metodom, a GIS-MCDA model je reklasificiran u pet klasa: vrlo slabo podložno, slabo podložno, umjereno podložno, jako podložno, izrazito podložno. Provjera izlaznih rezultata izvršena je usporedbom dva izlazna modela s inventarnom kartom klizišta korištenjem ROC krivulje, a odabrani GIS-MCDA model je vrjednovan rezultatima ispitivanja javnog mnijenja. Višekriterijski GIS model podložnosti klizištima, kao izlazni rezultat istraživanja, pokazao je da klasa *izrazito podložno* zauzima 9,6 %, dok klasa *jako podložno* zauzima 21,6% područja istraživanja. Metodološki pristup korišten u ovom diplomskom radu može poslužiti kao temelj za nova istraživanja podložnosti klizištima na različitim prostornim razinama, ali i kao temelj za unaprjeđenje sustava prostornog planiranja i donošenja odluka u vidu sustava smanjenja rizika od katastrofa na području istraživanja.

**Ključne riječi:** Podložnost klizištima, GIS-MCDA, AHP, Međimurske gorice, ROC krivulja, javno mnijenje

**Voditelj:** izv. prof. dr. sc. Ante Šiljeg, doc. dr. sc. Silvija Šiljeg (**komentorica**)

**Povjerenstvo:** izv. prof. dr. sc. Nina Lončar, izv. prof. dr. sc. Ante Šiljeg, doc. dr. sc. Ivan Marić

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zadar

Department of Geography

Graduation thesis

### EVALUATION OF A MULTI-CRITERIA GIS MODEL OF LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY BY EXAMINING PUBLIC OPINION: A CASE STUDY OF MEĐIMURSKJE GORICE

Dino Horvat

#### Abstract

Landslide susceptibility analysis is of a great importance in spatial planning and disaster risk management. In this thesis, zones of different landslide susceptibility were detected by multi-criteria GIS analysis (GIS-MCDA) using morphometric (slope, aspect and plan curvature), geogocial (lithology), pedological (soil type), hydrological (distance from streams and TWI) and antropogenic (distance from roads and land use) criteria. Coefficients were weighted by the AHP method. GIS-MCDA model has been reclassified into five classes: *very low susceptibility*, *low susceptibility*, *moderate susceptibility*, *high susceptibility* and *very high susceptibility*. Two output models were verified by comparing the models with the landslide inventory map using the ROC curve, while the chosen model was evaluated by the results of the public opinion polls. The output GIS-MCDA model showed that the class of very high susceptibility occupies 9,6%, while the class of high susceptibility occupies 21,6% of the research area. The methodological approach used in this thesis can serve as a guide in landslide susceptibility research at different spatial levels, but also as a basis for improvement of spatial planning and decision-making system in terms of disaster and risk management.

**Key words:** Landslide susceptibility, GIS-MCDA, AHP, Međimurske gorice, ROC curve, public opinion

**Supervisor:** Associate Professor Ante Šiljeg, PhD, Assistant Professor Silvija Šiljeg, PhD (**co-supervisor**)

**Reviewers:** Associate Professor Nina Lončar, PhD, Associate Professor Ante Šiljeg, PhD, Assistant Professor Ivan Marić, PhD

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Objekt, ciljevi i svrha istraživanja .....	3
1.2. Hipoteze istraživanja .....	3
1.3. Prostorni obuhvat istraživanja .....	4
1.3.1. Inventarna karta klizišta Međimurskih gorica .....	7
2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA .....	8
2.1. Pregled dosadašnjih istraživanja klizišta u Republici Hrvatskoj .....	8
2.2. Pregled dosadašnjih istraživanja klizišta u svijetu .....	9
3. TEORIJSKA OSNOVA .....	13
3.1. Klizišta .....	13
3.1.1. Podložnost klizištima .....	14
3.1.2. Rasprostranjenost klizišta na području Republike Hrvatske .....	15
3.2. Digitalno modeliranje reljefa .....	18
3.2.1. Korisničko-definirani parametri u procesu digitalnog modeliranja reljefa .....	19
3.3. Višekriterijske GIS analize (GIS-MCDA) .....	21
3.3.1. Metoda analitičko-hijerarhijskog procesa (AHP) .....	22
3.3.2. Krivulja osjetljivosti ( <i>Receiver Operator Characteristic curve</i> ) .....	25
4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA .....	26
4.1. Izrada digitalnog modela reljefa (DMR) područja Međimurskih gorica .....	27
4.1.1. Prikupljanje podataka .....	27
4.1.2. Odabir metode interpolacije .....	27
4.1.1. Odabir prostorne rezolucije .....	28
4.2. Izrada višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima .....	28
4.2.1. Postavljanje cilja i definiranje problema .....	29
4.2.2. Određivanje kriterija .....	29
4.2.2.1 Morfometrijski kriteriji .....	31
4.2.2.2 Geološki kriteriji .....	35
4.2.2.3 Pedološki kriteriji .....	36
4.2.2.4 Hidrološki kriteriji .....	38
4.2.2.5 Antropogeni kriteriji .....	39
4.2.3. Standardizacija kriterija .....	41
4.2.4. Određivanje težinskih koeficijenata .....	42
4.2.5. Okupljanje (agregacija) kriterija .....	42

4.2.6.	Provjera (validacija) modela .....	43
4.3.	Ispitivanje javnog mnijenja .....	43
5.	REZULTATI I RASPRAVA .....	45
5.1.	Rezultati klasifikacije i standardizacije odabranih kriterija .....	45
5.1.1.	Nagib padina .....	45
5.1.2.	Ekspozicija padina.....	45
5.1.3.	Planarna zakrivljenost .....	46
5.1.4.	Geološka građa .....	47
5.1.5.	Gustoća lineamenata .....	48
5.1.6.	Pedološki pokrov.....	48
5.1.7.	Udaljenost od vodenih tokova.....	49
5.1.8.	Topografski indeks vlažnosti (TWI) .....	49
5.1.9.	Udaljenost od prometnica.....	50
5.1.10.	Način korištenja zemljišta .....	50
5.2.	Rezultati dodjeljivanja težinskih koeficijenata kriterijima.....	55
5.3.	Rezultati okupljanja (agregacije) kriterija.....	57
5.4.	Rezultati provjere (validacije) modela .....	58
5.5.	Odabrani višekriterijski GIS model podložnosti klizištima .....	59
5.6.	Deskriptivna statistika ispitivanja javnog mnijenja .....	61
5.6.1.	Percepcija stanovništva o stanju u prostoru .....	61
5.6.2.	Svijest stanovništva o riziku od klizišta .....	69
5.6.3.	Osobni podaci o ispitanicima .....	75
5.7.	Inferencijalna statistika ispitivanja javnog mnijenja.....	78
6.	ZAKLJUČAK .....	81
7.	LITERATURA.....	83
8.	IZVORI .....	91
9.	POPIS GRAFIČKIH PRILOGA .....	92
10.	POPIS TABLIČNIH PRIKAZA .....	93
11.	PRILOZI.....	95



# 1. UVOD

Prirodne katastrofe posljedice su neočekivanih promjena u okolišu (npr. potres, poplava, tsunami, i sl.) koje uzrokuju značajne gubitke u društveno-gospodarskom smislu (Kavzoglu i dr. 2013.). U prirodne katastrofe ubrajaju se i klizišta koja, kao jedna od najznačajnijih prirodnih katastrofa, uzrokuju ogromne ljudske, materijalne i ekološke gubitke u svijetu (Gutiérrez i dr., 2010.). Budući da je riječ o najizrazitijim destruktivnim derazijskim<sup>1</sup> procesima, pojava klizišta nerijetko rezultira nanošenjem katastrofalnih posljedica naseljima, komunalnim, vodoopskrbnim i vodozaštitnim objektima, prometnicama te poljoprivrednim i šumskim površinama (Bognar, 1996).

Klizišta su, osim poplava i potresa, najčešće prirodne katastrofe na području Republike Hrvatske (Bognar, 1996.). Zbog njihove česte pojave u područjima čiji litološki sastav, geološka građa, hidrogeološke i geomorfološke osobine pogoduju pojavi klizišta, smatraju se rizičnim čimbenikom u gospodarskom iskorištavanju područja čiji ubrzani društveno-gospodarski napredak zahtijeva što funkcionalniju valorizaciju prostora (Bognar, 1996).

Primjer takvog područja je područje Međimurskih gorica koje je, kao dio prirodno-geografske mikroregije Gornjeg Međimurja unutar Međimurske županije, zbog svojih prirodno-geografskih značajki, vrlo podložno klizištima (Soldo, 2013.). Iako prirodno-geografske značajke navedenog područja uvjetuju pojavu klizišta, ona se na području Međimurskih gorica pojavljuju i pod utjecajem društveno-gospodarskih aktivnosti u vidu povećanja građevinskih zahvata na padinskim područjima sve češće izazvanih atraktivnošću međimurskog podneblja. Stoga je, u svrhu unaprjeđenja sustava prostornog planiranja, donošenja odluka u vidu smanjenja rizika od katastrofa, potrebno izvršiti detaljnu analizu podložnosti klizištima (eng. *landslide susceptibility*), odnosno izdvojiti područja različite podložnosti klizištima na području istraživanja (Fell i dr. 2008.).

Progresivnim razvojem geografskih informacijskih sustava (GIS), pojavljuju se različite metode upravljanja prirodnim katastrofama poput klizišta, a najčešće se, u svrhu izrada modela podložnosti klizišta, koriste višekriterijske GIS analize (eng. *Geographic Information System-Multi Criteria Decision Analysis, GIS-MCDA*) (Abay i dr. 2019; Bahrami i dr. 2021; Bera i dr. 2019; Champati Ray i dr. 2007; El Jazouli i dr. 2019.). Višekriterijske GIS analize predstavljaju skup metoda i alata koji omogućuju transformaciju i kombinaciju geografskih podataka i

---

<sup>1</sup> Derazija – morfološko oblikovanje padina spiranjem, bujičenjem, kliznim pokretima, urušavanjem i osipanjem (Bognar, 1996.)

vrednovanih kriterija u svrhu generiranja informacija za odlučivanje te generiranja modela korištenjem više čimbenika (Malczewski i Rinner, 2015.).

Precizne i detaljne prostorne analize poput analiza podložnosti klizištima, mogu se postići upotrebom digitalnog modela reljefa (*eng. Digital Elevation Model, DEM ili Digital Terrain Model, DTM*), tj. statističkog prikaza kontinuiranih površina reljefa s nizom poznatih x, y i z koordinata unutar proizvoljno odabranog koordinatnog sustava (Miller i Laflamme, 1958; Šiljeg i dr. 2018.) čiji rezultati omogućuju precizno prostorno planiranje u vidu smanjenja rizika od katastrofa. Nakon izrade digitalnog modela reljefa slijedi proces kvantitativne analize, odnosno proces digitalne analize reljefa (Šiljeg i dr. 2018.).

U ovom diplomskom radu izveden je višekriterijski GIS model podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica, a s ciljem utvrđivanja percepcije javnog mnijenja o stanju u prostoru glede problema klizišta i utvrđivanja svijesti javnog mnijenja o riziku od klizišta, anketnim je upitnikom ispitano javno mnijenje u 22 naselja u kojima postoji već sanirano ili trenutno aktivno klizište. Rezultatima anketnog upitnika vrjednovan je višekriterijski GIS model podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica.

## 1.1. Objekt, ciljevi i svrha istraživanja

Objekt istraživanja diplomskog rada je podložnost klizištima na području Međimurskih gorica.

Glavni cilj istraživanja diplomskog rada jest **izraditi višekriterijski GIS model podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica**, kao osnove za detekciju klizišnih zona. Uz glavni cilj, postavljeni su i sekundarni ciljevi istraživanja diplomskog rada:

- Utvrditi percepciju stanovništva o stanju u prostoru glede problema klizišta.
- Utvrditi svijest stanovništva o riziku od klizišta

Svrha istraživanja diplomskog rada očituje se u doprinosu jedinicama lokalne samouprave na području Međimurskih gorica u vidu detekcije klizišnih zona, sprječavanja potencijalnih budućih katastrofa izazvanih pojavom klizišta na području naselja Međimurskih gorica te u osvještavanju lokalnog stanovništva i nadležnih službi o postojećoj problematici, riziku od klizišta te važnosti preventivnih aktivnosti.

## 1.2. Hipoteze istraživanja

Shodno prethodno postavljenim ciljevima istraživanja, postavljene su i sljedeće polazne hipoteze. Prva hipoteza odnosi se na izradu višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima, dok se preostale tri hipoteze odnose na ispitivanje javnog mnijenja. Prva se hipoteza odnosi na cjelokupno područje Međimurskih gorica, a preostale hipoteze na odabrana naselja unutar područja istraživanja u kojima postoji već sanirano ili trenutno aktivno klizište.

- **H1:**

Točnost generiranog višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica bit će veća od 90%.

- **H2:**

U većini naselja Međimurskih gorica postoje klizišta koja predstavljaju prijetnju.

- **H3:**

Svijest o riziku od klizišta u naseljima je na visokoj razini.

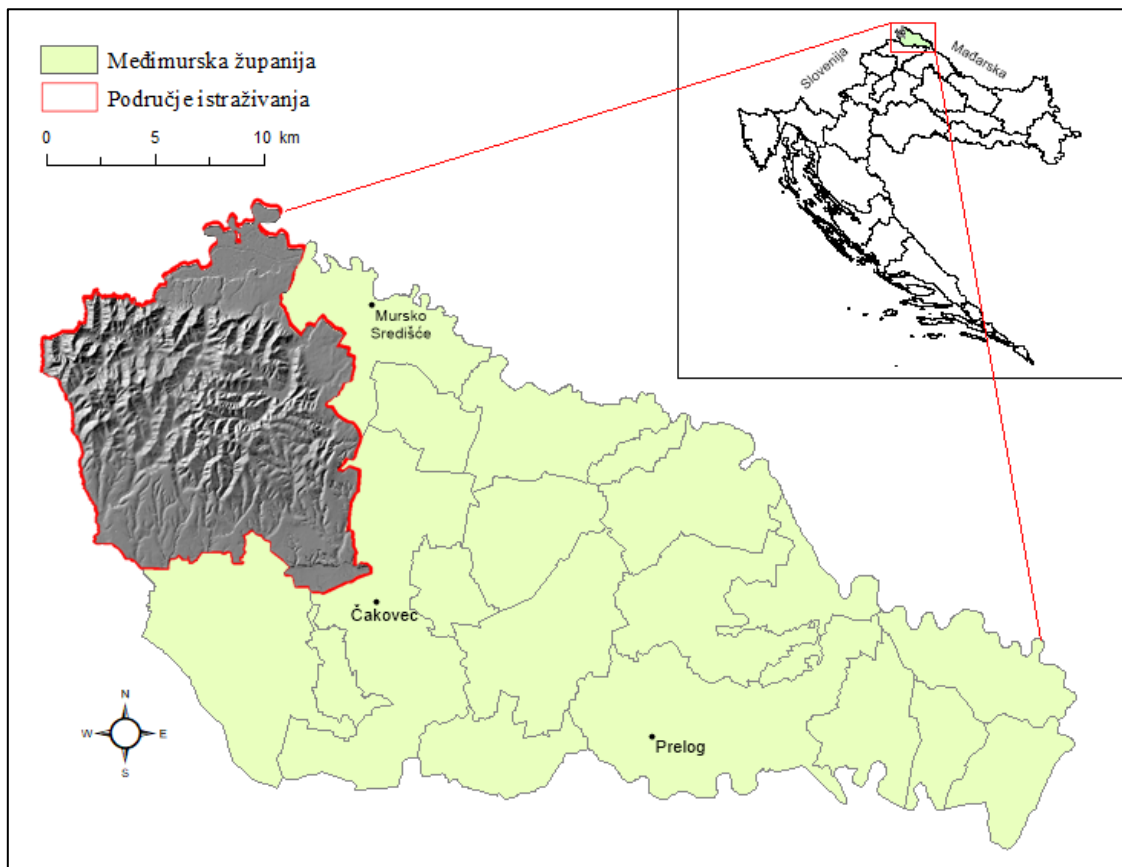
- **H4:**

Postoji pozitivna korelacija između negativnog utjecaja klizišta na kvalitetu života i ugroženosti životnog prostora ispitanika klizištima.

### 1.3. Prostorni obuhvat istraživanja

Međimurje, kao najsjeverniji dio Republike Hrvatske, kraj je između rijeka Mure i Drave, a s površinom od 729 km<sup>2</sup>, administrativno se poklapa s Međimurskim županijom (URL1). Zapadnu granicu čini pogranično područje s Republikom Slovenijom, dok na sjeveru i sjeveroistoku područje Međimurja graniči s Republikom Mađarskom. Južnu granicu županije čini Varaždinska županija, a jugoistočnu Koprivničko-križevačka županija.

S obzirom na prirodno-geografsku osnovu, područje Međimurja sastoji se od dvije osnovne mikro-regionalne cjeline – brežuljkastog Gornjeg Međimurja i nizinskog Donjeg Međimurja, tzv. dravsko-murske nizine, dok se prijelazna zona između Gornjeg i Donjeg Međimurja naziva Srednjim Međimurjem (Magaš, 2013). Najzapadniji dio Međimurja čini brežuljkasto područje Međimurskih gorica koje se, kao dio mikro-regionalne cjeline Gornjeg Međimurja nastavlja na Slovenske gorice u Republici Sloveniji, s kojima čini zajedničku geomorfološku jedinicu (URL1). S površinom od 160,954 km<sup>2</sup>, područje Međimurskih gorica čini područje istraživanja ovog diplomskog rada.



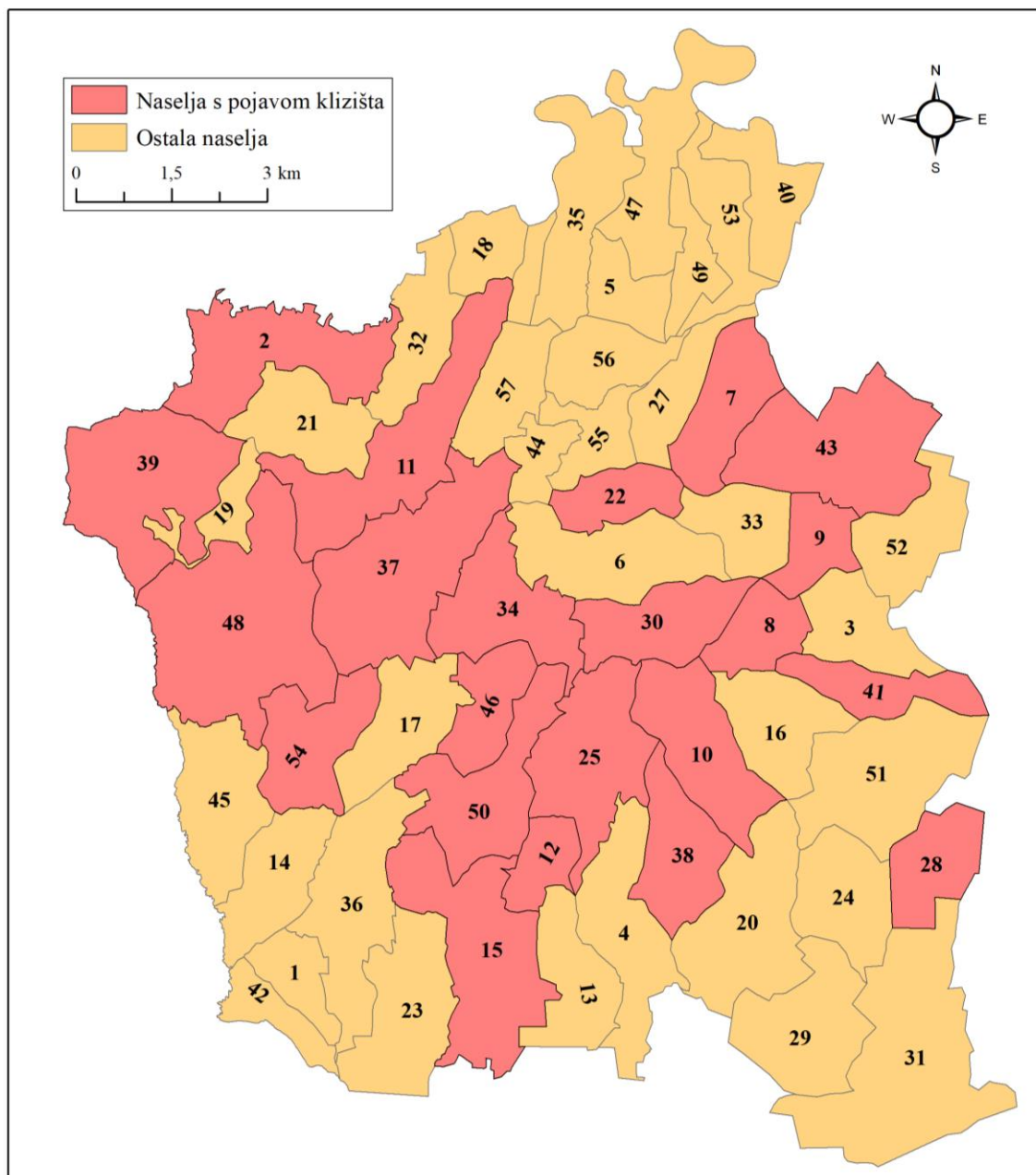
Slika 1. Geografski položaj Međimurskih gorica

Područje istraživanja uključuje 57 naselja Međimurske županije koja se u potpunosti ili barem jednim dijelom nalaze na području Međimurskih gorica. Naime, površina navedenih naselja u potpunosti se teritorijalno poklapa s područjem istraživanja ovog diplomskog rada, tj. s područjem Međimurskih gorica. Na navedenom području, prema Popisu stanovništva, kućanstava i stanova 2021. godine (*u daljnjem tekstu Popis 2021.*), živi 17 076 stanovnika, a naselja područja istraživanja administrativno se nalaze unutar šest općina Međimurske županije (Popis 2021.).

To su **Općina Štrigova** (naselja Banfi, Grabrovnik, Leskovec, Štrigova, Jalšovec, Prekopa, Železna Gora, Robadje, Stanetinec i Sveti Urban), **Općina Šenkovec** (naselja Knezovec i Šenkovec), **Općina Sveti Martin na Muri** (naselja Brezovec, Čestijanec, Gornji Koncovčak, Lapšina, Kapelščak, Jurovec, Marof, Toplice Sveti Martin, Sveti Martin na Muri, Vrhovljan, Žabnik, Grkaveščak, Gradiščak i Jurovčak), **Općina Sveti Juraj na Bregu** (naselja Okrugli Vrh, Pleškovec, Frkanovec, Lopatinec, Mali Mihaljevec, Dragoslavec, Brezje, Vučetinec i Zasadbreg), **Općina Selnica** (naselja Donji Zebanec, Bukovec, Donji Koncovčak, Plešivica, Gornji Zebanec, Praporčan, Zaveščak, Merhatovec, Selnica i Zebanec-Selo), **Općina Gornji Mihaljevec** (naselja Badličan, Dragoslavec Breg, Dragoslavec Selo, Prhovec, Gornji Mihaljevec, Tupkovec, Bogdanovec, Gornja Dubrava, Preseka, Vugrišinec, Vukanovec i Martinuševec) (Slika 2.).

Višekriterijski GIS model podložnosti klizištima izrađen je na razini cjelokupnog područja Međimurskih gorica, dok je ispitivanje javnog mnijenja provedeno na razini 22 naselja na području Međimurskih gorica u kojima postoji već sanirano ili trenutno aktivno klizište (Soldo, 2013.).

To su naselja **Prekopa, Banfi, Železna Gora, Grabrovnik, Robadje, Sveti Urban** (općina Štrigova), **Martinuševec, Vugrišinec, Vukanovec, Gornji Mihaljevec, Dragoslavec Breg** (općina Gornji Mihaljevec), **Dragoslavec, Pleškovec, Vučetinec** (općina Sveti Juraj na Bregu), **Merhatovec, Plešivica, Praporčan, Gornji Zebanec, Selnica, Donji Koncovčak** (općina Selnica), **Gornji Koncovčak** (općina Sveti Martin na Muri) i **Knezovec** (općina Šenkovec (Slika 2.).

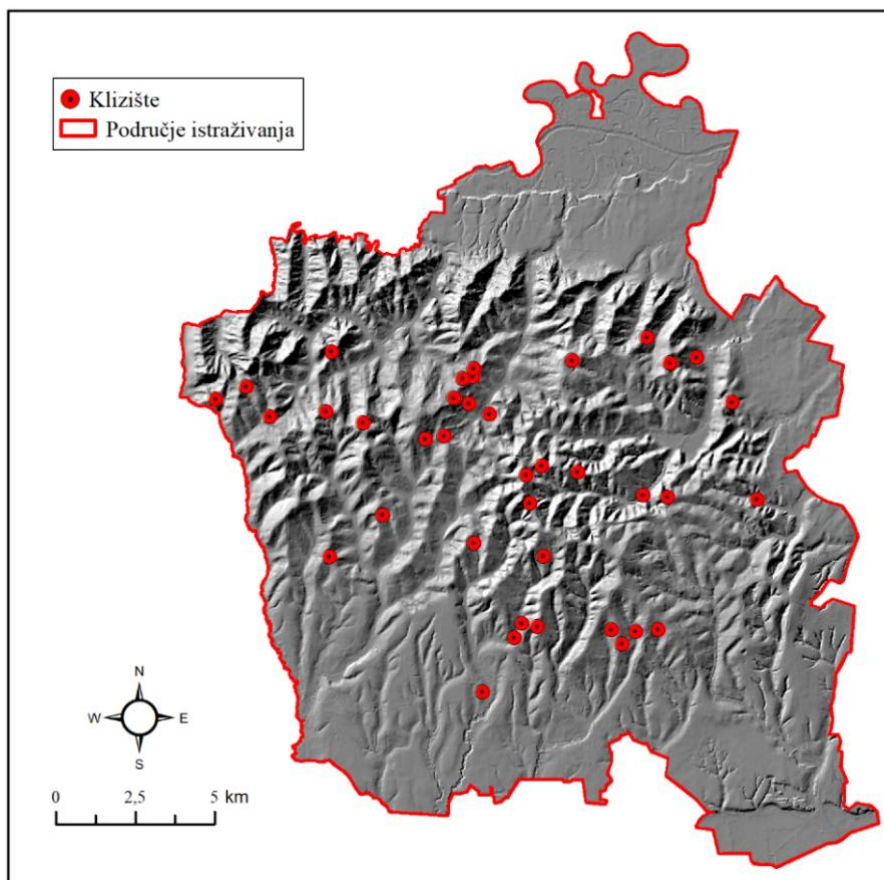


1 Badličan	13 Dragoslavec Selo	25 Dragoslavec	37 Železna Gora	49 Vrhovljan
2 Banfi	14 Prhovec	26 Lapšina	38 Vučetinec	50 Vukanovec
3 Donji Zebanec	15 Gornji Mihaljevec	27 Kapelščak	39 Robadje	51 Zasadbreg
4 Okrugli Vrh	16 Frkanovec	28 Knezovec	40 Marof	52 Zebanec-Selo
5 Brezovec	17 Tupkovec	29 Brezje	41 Merhatovec	53 Žabnik
6 Bukovec	18 Čestijanec	30 Praporčan	42 Preseka	54 Martinuševec
7 Donji Koncovčak	19 Leskovec	31 Šenkovec	43 Selnica	55 Grkaveščak
8 Plešivica	20 Lopatinec	32 Jalšovec	44 Toplice Sv. Martin	56 Gradiščak
9 Gornji Zebanec	21 Štrigova	33 Zaveščak	45 Stanetinec	57 Jurovčak
10 Pleškovec	22 Gornji Koncovčak	34 Prekopa	46 Vugrišinec	
11 Grabrovnik	23 Bogdanovec	35 Jurovec	47 Sv. Martin na Muri	
12 Dragoslavec Breg	24 Mali Mihaljevec	36 Gornja Dubrava	48 Sveti Urban	

Slika 2. Naselja na području Međimurskih gorica  
Prema: Soldo, 2013.

### 1.3.1. Inventarna karta klizišta Međimurskih gorica

Inventari klizišta su vrste karata ili digitalnih baza podataka koje sadrže opisne podatke o područjima na kojima je došlo do procesa klizanja (Bahrami i dr., 2021; Guzzetti i dr., 2000.). Proces inventarizacije klizišta važan je u analizi podložnosti klizišta zbog toga što inventari klizišta, osim lokacijskih podataka, uključuju i klasifikaciju, veličinu, stanje aktivnosti i datum pojave klizišta (Guzzetti i dr., 2000.). Specifičan oblik inventara klizišta jest tzv. inventarna karta klizišta (*eng. landslide inventory map*) koja prikazuje isključivo vrstu i prostornu distribuciju klizišta (Faivre i dr. 2013.). U svrhu izrade troškovnika sanacije klizišta na području Međimurske županije, 2013. godine je izvršen projekt rekognosciranja i osnovnog dokumentiranja lokacija klizišta, unutar kojeg je, metodom izravnog kartiranja na terenu, izrađena inventarna karta klizišta za područje Međimurja koja uključuje lokacije 38 klizišta, od kojih se svih 38 nalazi unutar područja istraživanja (Soldo, 2013.). S obzirom na to da inventarna karta u cijelosti uključuje područje istraživanja ovog diplomskog rada, korištena je u svrhu validacije izlaznih GIS-MCDA modela podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica.



Slika 3. Inventarna karta klizišta na području Međimurskih gorica  
Prema: Soldo, 2013.

## 2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Budući da, zbog sve veće gospodarske valorizacije prostora, klizišta postaju sve češća pojava koja izaziva katastrofalne posljedice na globalnoj razini, postoji veliki broj znanstvenika koji se bave tematikom podložnosti klizištima. Rapidan razvoj GIS-a pridonosi sve većem broju znanstvenih istraživanja, odnosno razvoju modela podložnosti klizištima u svijetu. Iako je podložnost klizištima vrlo popularna tema, na području Republike Hrvatske još uvijek nije dovoljno zastupljena. Područje Međimurskih gorica pripada regiji Sjeverozapadne Hrvatske koja je, zbog specifičnosti u vidu fizičko-geografskih obilježja, izdvojena kao područje s velikim rizikom od klizišta (Bognar, 1996; Mihalić;1998; Loparić i Pahernik, 2011;Faivre i dr. 2013; Počekal i dr. 2016; Frangen i dr; 2022).

U nastavku je pružen pregled istraživanja klizišta na području Republike Hrvatske.

### 2.1. Pregled dosadašnjih istraživanja klizišta u Republici Hrvatskoj

**Bognar (1996)** uspostavlja tipizaciju klizišta za područje Republike Hrvatske i Republike Bosne i Hercegovine s geomorfološkog i geokološkog aspekta.

**Mihalić (1998)** predlaže različite metodološke pristupe za izradu karata rizika od klizišta. Fokus istraživanja stavljen je na uspostavljanje jedinstvene baze podataka na regionalnoj razini u sitnom mjerilu <1:100 000, statističke analize geomorfoloških faktora u krupnijem mjerilu 1:25 000 te geotehničke karakterizacije klizišnih aktivnosti u krupnom mjerilu >1:5000.

**Loparić i Pahernik (2011)** izrađuju višekriterijski GIS model podložnosti klizištima za područje Grada Lepoglave na temelju morfometrijskih (nagib i ekspozicija padine), geoloških (geološka građa), hidroloških (udaljenost od površinskih tokova), pedoloških (pedologija), klimatoloških (količina padalina) te antropogenih (način korištenja zemljišta). Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima.

**Faivre i dr. (2013)** daju pregled formiranja digitalnih baza podataka o klizištima u svijetu i stanja u Hrvatskoj. Prikazuju parametre od kojih su sastavljene baze podataka o klizištima te iznose osnovnu terminologiju. Dostupnost podataka o klizištima na području Republike Hrvatske promatraju na primjeru područja Rijeke.



**Počkal i dr. (2016)** izrađuju višekriterijski GIS model podložnosti klizištima za područje općine Bednja u sjeverozapadnoj Hrvatskoj korištenjem morfometrijskih, geoloških, hidroloških i antropogenih kriterija. Standardizacija kriterija i dodjeljivanje težinskih koeficijenata provedeni su metodom donosioca odluka. Validacija modela izvedena je obilaskom terena. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima.

**Frangen i dr. (2022)** izrađuju inventar klizišta za područje u blizini grada Petrinje na temelju LiDAR snimaka visoke rezolucije harmoniziranih pomoću ortofoto karata s ciljem identifikacije čimbenika koji utječu na pokretanje klizišta na temelju geoloških jedinica.

**Bostjančić i dr. (2022)** prikazuju preliminarnu analizu prostornog rasporeda klizišta i njihovih geometrijskih karakteristika za područje Slavenskog Broda. Izvršavaju inventarizaciju klizišta za područje istraživanja na temelju vizualne interpretacije visokorezolucijskog digitalnog modela reljefa.

## **2.2. Pregled dosadašnjih istraživanja klizišta u svijetu**

U nastavku je pružen pregled najrecentnijih istraživanja u kojima je korištena raznovrsna metodologija izrade modela podložnosti klizištima korištenjem metode višekriterijskih GIS analiza (GIS-MCDA) u svijetu.

**Abay i dr. (2019)** izrađuju višekriterijski GIS model podložnosti klizištima za područje okruga Tarmaber u središnjoj Etiopiji korištenjem morfometrijskih, geoloških, hidroloških i antropogenih kriterija. Kriteriji su standardizirani metodom donosioca odluka, a težinski su koeficijenti dodijeljeni korištenjem AHP metode. Validacija modela izvedena je korištenjem ROC krivulje. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima točnosti 88,6%.

**Bahrami i dr. (2021)** koriste morfometrijske, klimatske, geološke, hidrološke i antropogene kriterije za izradu višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima za područje provincije Qilan u sjevernom Iranu. Kriteriji su standardizirani korištenjem funkcije „fuzzy membership“, a težinski su koeficijenti dodijeljeni korištenjem AHP metode. Validacija modela izvedena je korištenjem ROC krivulje. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima točnosti 92,4%.

**Bera i dr. (2019)** generiraju višekriterijski GIS model podložnosti klizištima za područje regije Namchi unutar planinskog lanca Himalaja korištenjem morfometrijskih, klimatskih, geoloških i antropogenih kriterija. Kriteriji su standardizirani metodom donosioca odluka, a težinski su koeficijenti dodijeljeni korištenjem AHP metode. Validacija modela izvedena je obilaskom terena. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima.

**Champati Ray i dr. (2007)** koriste morfometrijske, geološke, hidrološke, pedološke i antropogene kriterije za izradu višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima za regiju Garhwal na području Himalaje. Kriteriji su standardizirani funkcijom „fuzzy membership“, a težinski su koeficijenti pridodani kriterijima metodom donosioca odluka. Validacija modela izvedena je vizualnom usporedbom modela s inventarom postojećih klizišta. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima.

**El Jazouli i dr. (2019)** generiraju višekriterijski GIS model podložnosti klizištima za porječje rijeke Oum Er Rbia u središnjem Maroku korištenjem morfometrijskih, geoloških, hidroloških i antropogenih kriterija. Kriteriji su standardizirani metodom donosioca odluka, a težinski su koeficijenti dodijeljeni korištenjem AHP metode. Validacija višekriterijskog GIS modela izvedena je korištenjem ROC krivulje. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima točnosti 76,7%.

**Gemitzi i dr. (2011)** izrađuju višekriterijski GIS model podložnosti klizištima za planinsko područje provincije Trakije u sjevernoj Grčkoj korištenjem morfometrijskih, geoloških i antropogenih kriterija. Kriteriji su standardizirani funkcijom „fuzzy membership“, dok su težinski koeficijenti dodijeljeni korištenjem metode faktorske analize. Validacija modela izvedena je usporedbom modela s inventarom postojećih klizišta. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima točnosti 92%.

**Kavzoglu i dr. (2013)** izrađuju višekriterijski GIS model podložnosti klizištima za područje provincije Trabzon na sjeveroistoku Turske usporedbom metoda višekriterijskih GIS analiza, regresije potpornih vektora (*eng. Support Vector Regression, SVR*) te logističke regresije. Autori za izradu modela koriste morfometrijske, geološke, antropogene i hidrološke kriterije. Kriteriji su standardizirani funkcijom „fuzzy membership“, a težinski su koeficijenti dodijeljeni AHP metodom. Validacija modela izvedena je korištenjem ROC krivulje. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima točnosti 70,78%.

**Kumi-Boateng i dr. (2020)** generiraju višekriterijski GIS model podložnosti klizištima za prašumsko područje Tarkwa na zapadu Gane. Autori za izradu modela koriste morfometrijske, klimatske, geološke, hidrološke i antropogene kriterije. Kriteriji su standardizirani metodom donosioca odluka, dok su težinski koeficijenti dodijeljeni korištenjem AHP metode. Validacija modela izvedena je obilaskom terena. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima.

**Maqsoom i dr. (2021)** generiraju višekriterijski GIS model podložnosti klizištima za područje Kinesko-pakistanskog gospodarskog koridora (CPEC). Autori za izradu modela koriste morfometrijske, hidrološke, geološke, pedološke i antropogene kriterije. Kriteriji su standardizirani metodom donosioca odluka, dok su težinski koeficijenti dodijeljeni korištenjem AHP metode. Validacija modela izvedena je vizualnom usporedbom modela s inventarom postojećih klizišta. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima točnosti 86%.

**Omarzadeh i dr. (2021)** koriste morfometrijske, geološke, hidrološke, klimatske i antropogene kriterije za izradu višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima za šire područje jezera Urmia u sjeverozapadnom Iranu. Kriteriji su standardizirani pomoću funkcije „fuzzy membership“, a težinski su koeficijenti dodijeljeni korištenjem ANP<sup>2</sup> metode. Validacija modela izvedena je korištenjem ROC krivulje. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima točnosti 86%.

**Pourghasemi i dr. (2012)** generiraju višekriterijski GIS model podložnosti klizištima za područje porječja rijeke Haraz u sjevernom Iranu. Autori za izradu modela koriste morfometrijske, geološke, hidrološke i antropogene kriterije. Kriteriji su standardizirani metodom donosioca odluka, a težinski su koeficijenti dodijeljeni korištenjem AHP metode. Validacija modela izvedena je korištenjem ROC krivulje. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima točnosti 76,8%.

**Roccati i dr. (2021)** koriste morfometrijske, geološke, hidrološke i antropogene kriterije za izradu višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima za područje rta Portofino na sjeveru Italije. Kriteriji su standardizirani metodom donosioca odluka, a težinski su koeficijenti

---

<sup>2</sup> Analytical Network Process - Uopćeni oblik višekriterijskih analiza koji za donošenje odluka, za razliku od hijerarhijskih koristi mrežne analize (Meade i Sarkis, 1998.).

dodijeljeni korištenjem AHP metode. Validacija modela izvedena je korištenjem ROC krivulje. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima točnosti 73%.

**Skilodimou i dr. (2019)** izrađuju višekriterijski GIS model podložnosti poplavama, potresima i klizištima za područje porječja rijeke Penej na sjeveru Grčke korištenjem morfometrijskih, geoloških, klimatskih i antropogenih kriterija. Kriteriji su standardizirani metodom donosioca odluka, a težinski su koeficijenti dodijeljeni korištenjem AHP metode. Validacija modela provedena je usporedbom modela s inventarom postojećih poplavnih, potresnih i klizišnih zona. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima.

**Sharifi Teshnizi i dr. (2021)** generiraju višekriterijski GIS model podložnosti klizištima za područje provincije Qazvin u sjevernom Iranu korištenjem geoloških, antropogenih, morfometrijskih, klimatskih, hidroloških i geotehničkih kriterija. Kriteriji su standardizirani metodom donosioca odluka, a težinski su koeficijenti dodijeljeni korištenjem AHP metode. Validacija modela izvedena je usporedbom modela s inventarom postojećih klizišta. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima.

**Vojteková i Vojtek (2020)** koriste morfometrijske, geološke, hidrološke i antropogene kriterije za izradu višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima na području grada Handlová u središnjoj Slovačkoj. Kriteriji su standardizirani metodom donosioca odluka, a težinski koeficijenti su dodijeljeni AHP metodom. Validacija modela izvedena je statističkom usporedbom modela s inventarom postojećih klizišta. Rezultat istraživanja je GIS-MCDA model podložnosti klizištima točnosti 60,8 %.

### 3. TEORIJSKA OSNOVA

#### 3.1. Klizišta

Klizanje zemljišta podrazumijeva kretanje tla ili stijenskog materijala s padine na kliznoj plohi pod utjecajem gravitacije (Bognar, 1996; Nonveiller, 1987.). Klizištem se smatra dio padine na kojem je zbog poremećaja stabilnosti došlo do klizanja tla (Bognar, 1996.). Pojam klizanja uključuje pet različitih padinskih aktivnosti: a) odronjavanje, b) prevrtanje, c) klizanje, d) tečenje, e) bočno razmicanje i f) širenje. (Cruden i Varnes, 1996.). Od navedenih padinskih aktivnosti, u ovom je diplomskom radu fokus stavljen na aktivnost klizanja. Tip klizišta određuje se prema vrsti padinske aktivnosti i nošenog materijala, pod uvjetom brzine kretanja, obujma materijala, duljine puta nošenog materijala te prema mjerama utjecaja i mjerama sanacije mogućih opasnosti i ugroza (Cruden i Varnes, 1996.).

Osnovni čimbenici koji uvjetuju pojavu klizišta su glinovite stijene u sastavu terena na kojem su oblikovane padine, izmjena propusnih pjeskovitih i nepropusnih glinovitih slojeva na padini te porast količine vode i hidrostatskog tlaka u stijeni (Bognar, 1996.). Naime, što je masa glinovitog sloja koji sudjeluje u sastavu terena veća, veće su i mogućnosti za razvoj klizišta, kao i u slučaju debelog lesnog ili siltovitog površinskog pokrivača (Bognar, 1996.). Iako reljefni i geološki odnosi imaju veliku važnost u razvoju klizišta, bitno je spomenuti i hidrološke i hidrogeološke čimbenike, te fizička obilježja lesa i lesu sličnih naslaga, ali i antropogene čimbenike (Bognar, 1996.). Iako antropogene aktivnosti imaju značajan utjecaj na pojavu klizišta, klizišta se prvenstveno smatraju prirodnim opasnostima (Gutiérrez i dr., 2010.). Ipak, antropogena se aktivnost svakako može svrstati među glavne uzročnike klizenja. Štoviše, veliki je broj aktivnih klizišta danas uglavnom uzrokovan neadekvatnim građevinskim zahvatima i obradom zemljišta (Bognar, 1996.).

Dvije temeljne značajke klizišta su njihova raširenost te senzibilnost na prirodne i antropogene promjene (Gutiérrez i dr., 2010.). Obično, klizišne su zone značajka krajeva u kojima litološki sastav, geološka građa, hidrogeološke i geomorfološke osobine pogoduju njihovoj pojavi, a česte su i katastrofalne posljedice koje pojava klizišta nanosi naseljima, građevinskim objektima (Slika 4A), prometnicama (Slika 4B), poljoprivrednim površinama, šumama i sl. (Bognar, 1996.). U istraživanjima klizišta, izrazito je važno razlikovati uzroke od pokretača klizišta (Faivre i dr. (2013.)). Uzroci klizišta mogu se podijeliti na pasivne i aktivne pri čemu se u pasivne uzroke ubrajaju litologija, nagib, ekspozicija i dr. (Faivre i dr. 2013.). U

aktivne uzroke spadaju destabilizacijski čimbenici poput erozije, promjena nagiba, opterećenja padina prirodnim ili antropogenim utjecajem, deforestacija i dr. (Faivre i dr. 2013.). Klizište postaje aktivno djelovanjem pokretača klizišta kao što su porast pornog tlaka pod utjecajem oborina, seizmičkih i vulkanskih aktivnosti ili izvođenje građevinskih aktivnosti (Faivre i dr. 2013.).



Slika 4. Primjer utjecaja klizišta na A) Građevinske objekte, B) Prometnice

### 3.1.1. Podložnost klizištima

Podložnost klizištima definira se kao prostorna vjerojatnost pojave klizišta na temelju prethodno postavljenih faktora klizanja (Guzzetti i dr. 2005.). Temeljne hipoteze prije analize podložnosti klizištima su: a) buduća klizišta nastat će zbog postojećih geoloških, geomorfoloških, hidroloških i klimatskih uvjeta; b) novonastala klizišta nastaju pod uvjetom kriterija koji se mogu identificirati i klasificirati; c) podložnost klizištima može se evaluirati raznim kvalitativnim i kvantitativnim postupcima, d) svaka se padinska nestabilnost može identificirati i klasificirati (Varnes, 1984.). Modelima podložnosti klizištima ne prikazuju se dimenzije klizišnih zona, niti se predviđa vrijeme pojave, već se prikazuje relativna prostorna vjerojatnost pojave klizišta na određenom području, na temelju elaboriranja postojećih i potencijalnih klizišnih zona (Guzzetti i dr. 2005; Faivre i dr. 2013.). Analiza podložnosti klizištima prvi je korak u istraživanju klizišta te služi kao osnova za daljnju procjenu rizika (Faivre i dr. 2013.). Kako bi se očuvala vjerodostojnost izrađenog modela podložnosti

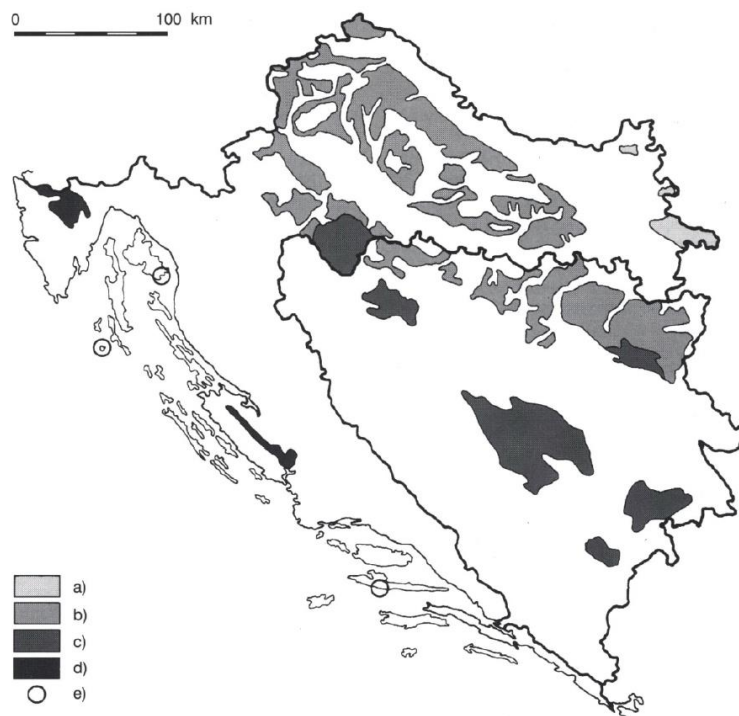


klizištima, potrebno je odabrati povoljnu metodu procjene podložnosti klizištima, s obzirom na dostupne ulazne podatke, mjerilo ulaznih podataka te namjenu izrađenog modela (Guzzetti i dr. 2005.).

### 3.1.2. Rasprostranjenost klizišta na području Republike Hrvatske

Na području Republike Hrvatske, klizišta su većinom vezana za područja lesnih zaravni, glacisa, pobrđa, obalu i brežuljkasta područja međugorskih zavalu čiji sastav većinski čine klastične stijene s izmjenom propusnih i nepropusnih naslaga (Bognar, 1996.). S obzirom na tektonsku strukturu, litostratigrafska obilježja, geomorfološki položaj i suvremenu dinamiku reljefa te mjesne posebnosti, na području Republike Hrvatske i Republike Bosne i Hercegovine mogu se izdvojiti sljedeće regije:

- a) Lesni strmci podunavskog dijela Hrvatske
- b) Predgorske stepenice (glacisi) i pobrđa peripanonskog područja Hrvatske i Bosne
- c) Međugorske zavalu i riječne doline Unutrašnjih Dinarida Hrvatske i Bosne
- d) Flišna pobrđa Vanjskih Dinarida
- e) Jadranski otoci (Slika 5.) (Bognar, 1996).



Slika 5. Karakteristična područja ugrožena procesima kliženja i urušno-kliznim pokretima

Izvor: Bognar, 1996.

Područje Međimurskih gorica, kao područje istraživanja ovog diplomskog rada, pripada području predgorske stepenice (glacisa) i pobrđima peripanonskog područja Hrvatske i Bosne (Bognar, 1996.). Glavna reljefna specifičnost navedenog područja jest reljef oblikovan padinskim i fluviodenudacijskim procesima na raznovrsnim klastičnim „mekim“ sedimentima jezerskog, marinskog (gline, pijesci, lapori i manji vapnenci), fluvijalnog (pijesci, šljunci), padinskog i eolskog (les i lesu slični sedimenti) podrijetla tercijarne i kvartarne starosti te na eocenskom flišu (Bognar, 1996.). Na navedenom se području klizišta najčešće javljaju na glinama neogenske starosti, flišu te na reliktnom pedološkom pokrovu u slučaju mlađeg izdizanja i jače egzogeno-morfološke raščlanjenosti terena (Bognar, 1996.). Klizišta većinom prate dolinske strane vodotoka, aktivne rasjede, jaruge i pobrđa, a najčešće se pojavljuju slojna i rotacijska klizišta, a rjeđe klizišta-potoci (Bognar, 1996.).

Klizišta koja nastaju pod utjecajem blage nagnutosti glinovite klizne plohe u pravcu padine, nazivaju se „tepih“ ili slojnim klizištima (Bognar, 1996.). Takva klizišta najčešće nastaju u vlažnijim periodima godina ili za vrijeme vlažnih godina, pod utjecajem propusnosti sedimentnog pokrivača nad kliznom plohom koji je prilično tanak (Bognar, 1996.). Budući da se pad klizne plohe poklapa s nagibom stijene na kojoj se klizna ploha nalazi, slojna klizišta često rezultiraju pojavom nagnutosti stabala na padinama, tj. pojavom tzv. „pijane šume“ (Bognar, 1996.)



Slika 6. "Pijana šuma"

Izvor: URL8



Uz slojna ili „tepih“ klizišta, na području Međimurskih gorica pojavljuju se i rotacijska klizišta čije je glavno obilježje pedološki pokrov koji čine gline, les ili sedimenti slični lesu poput glinovite ilovače (Bognar, 1996.). Za razliku od slojnih klizišta, klizna se ploha kod rotacijskih klizišta nalazi unutar glinovite podloge, a klizište u odnosu na padinu može biti položeno iznad, ispod ili u razini padine (Bognar, 1996.).

Ako je riječ o klizanjima koritastog tipa, radi se o tzv. „klizištima potocima“ (Bognar, 1996.). Naime, kod „klizišta-potoka“, materijal se postepeno spušta niz padinu što nerijetko pospješuju vodeni tokovi (Bognar, 1996.). Takva klizišta najčešće nastaju na debeloj pedološkoj podlozi od lesa ili lesu sličnih sedimenata pri čemu je nagib padine velik, a voda temeljnica ne može izbiti na površinu zbog debljine pedološkog pokrova (Bognar, 1996.). Posljedica toga jest narušavanje stabilnosti podloge i aktivacija klizišta.

Specifičnost pojave klizišta u navedenom području očituje se u intenzitetu njihove pojave uvjetovane antropogenim čimbenicima u vidu gradnje i poljoprivrednih djelatnosti (Bognar, 1996.).



Slika 7. Primjer klizišta u naselju Vučetinec na području Međimurskih gorica

Izvor: Soldo, 2013.

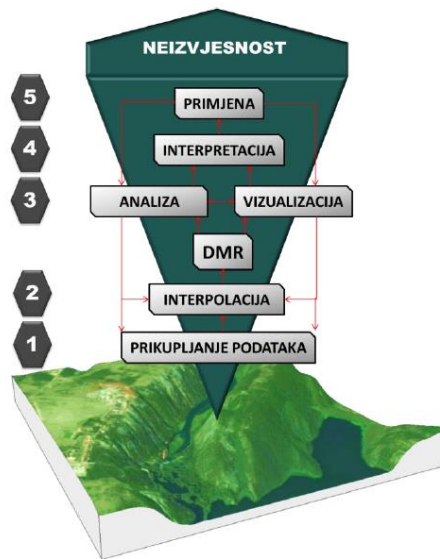


Slika 8. Primjer klizišta u naselju Sveti Urban na području Međimurskih gorica

Izvor: Soldo, 2013.

### 3.2. Digitalno modeliranje reljefa

Digitalni model reljefa (DMR) može se definirati kao pojednostavljeni prikaz dijela reljefa u rasterskom obliku, prikladne prostorne rezolucije, dobiven odabranom i znanstveno utemeljenom metodom interpolacije podataka o visinama koji su prikupljeni specifičnom metodom prikupljanja visinskih podataka (Šiljeg i dr. 2018.). Proces digitalnog modeliranja reljefa može se podijeliti u nekoliko faza (Slika 7.). Prvu fazu čini prikupljanje visinskih podataka, iza čega slijedi odabir prikladne prostorne rezolucije te naposljetku prostorna interpolacija prikupljenih visinskih podataka (Wilson i Gallant, 2000; Hengl i dr., 2003, Šiljeg i dr. 2018). Nakon što je izrađen digitalni model reljefa, korisnik započinje proces kvantitativne analize reljefa, tj. proces digitalne analize reljefa (DAR) (Šiljeg i dr. 2018.). Digitalna analiza reljefa podrazumijeva skup metoda i tehnika koje se koriste u izvođenju reljefnih parametara iz digitalnog modela reljefa (Hengl i dr. 2003; Šiljeg i dr. 2018.). Procesom digitalne analize reljefa iz digitalnog modela reljefa mogu se izvesti različiti geomorfološki parametri koji se dijele na morfometrijske, hidrološke i klimatske (Šiljeg i dr. 2018.).



Slika 9. Faze digitalnog modeliranja reljefa

Izvor: Weibel i Heller, 1991; Šiljeg i dr. 2018.

### 3.2.1. Korisničko-definirani parametri u procesu digitalnog modeliranja reljefa

U procesu digitalnog modeliranja reljefa, određuju se parametri koji svojstveno utječu na izlazni rezultat, tj. na digitalni model reljefa određenog područja, a budući da je korisnik onaj koji svojim odabirom utječe na njihovo korištenje, nazivaju se korisničko-definiranim parametrima (Šiljeg i dr. 2018.). Podjela na osnovne korisničko-definirane parametre uključuje njih tri – metodu prikupljanja visinskih podataka, metodu odabira prikladne veličine piksela i metodu prostorne interpolacije prikupljenih podataka (Šiljeg i dr. 2018.) (Slika 8.).



Slika 10. Temeljni korisničko definirani parametri u procesu DMR

Izvor: Šiljeg i dr. 2018.

Prvi i najznačajniji korak u procesu digitalnog modeliranja reljefa jest odabir metode prikupljanja podataka (Weibel i Heller, 1991; Šiljeg i dr. 2018.), a metode i tehnike mogu se podijeliti na terensku izmjeru, fotogrametrijsko prikupljanje podataka, digitalizaciju postojećih karata, radarsko prikupljanje podataka te na zračno i terestričko lasersko snimanje (Hengl i dr. 2003; Li i dr. 2005; Šiljeg i dr. 2018.). Fotogrametrija je znanstvena disciplina i naziv za metodu izmjere koja omogućuje izvođenje geometrijskih obilježja nekog objekta ili prostora, na temelju fotogrametrijskih snimaka (Šiljeg i dr. 2018.).

Sljedeći korak u digitalnom modeliranju reljefa jest odabir metode prostorne interpolacije. Interpolacija je postupak računanja nepoznatih vrijednosti koje se nalaze između dvije ili više poznatih vrijednosti, a definira se kao proces determinističke ili geostatističke procjene vrijednosti neuzorkovanih područja na temelju skupa izmjerenih vrijednosti poznatih koordinata, u svrhu dobivanja kontinuiranih površina (Šiljeg i dr. 2018.). Iznos nepoznate vrijednosti koja se izračunava nikada ne prelazi vrijednost, tj. interval određen točkama između kojih se računa, a dobivene vrijednosti svrstavaju se u područje mogućega (Šiljeg i dr. 2018.).

Najčešće, interpolacijske se metode dijele na lokalne i globalne, točne i približne, te na geostatističke i determinističke (Šiljeg i dr. 2018.). Korištenjem determinističkih metoda, u računanju nepoznatih vrijednosti na temelju poznatih, koriste se matematičke funkcije, za razliku od geostatističkih metoda koje koriste i statističke metode (Burrough i McDonnell, 1998; Šiljeg i dr. 2018.). Budući da postoji veliki broj interpolacijskih metoda, korisnik na temelju različitih kriterija mora odlučiti koju će interpolacijsku metodu koristiti. Najčešće, odluka je uvjetovana prostorno-vremenskom primjenjivošću, mogućnošću precizne kvantifikacije dobivenih rezultata, složenošću, trajanju geoprociranja podataka, brojem točaka korištenih u postupku interpolacije, dostupnošću softvera i sl. (Knotters i dr. 2010; Šiljeg i dr. 2018.). Odabirom različitih metoda interpolacije dobivaju se različiti rezultati u vidu kontinuiranih površinskih prikaza. Stoga, potrebno je generirati najtočniju moguću površinu te utvrditi moguće pogreške i varijabilnost procijenjenih vrijednosti usporedbom različitih metoda (Šiljeg i dr. 2018.).

Najkorištenija metoda ocjenjivanja metoda interpolacije jest metoda unakrsnog vrednovanja (*eng. cross-validation*) (Cressie, 1993; Smith i dr. 2003; Webster i Oliver, 2007; Hofierka i dr. 2007; Šiljeg i dr. 2018.). Navedenom se metodom, prije interpolacije, isključuje točka kojoj se pretpostavlja vrijednost, a po izvođenju interpolacije izračunava se razlika pretpostavljene i stvarne vrijednosti isključene točke, dok se proces ponavlja za svaku točku (Šiljeg i dr. 2018.). Iako se o najpovoljnijoj metodi interpolacije najčešće odlučuje na razini

sedam statističkih parametara: minimalna vrijednost, maksimalna vrijednost, doseg, zbroj vrijednosti, srednja vrijednost, varijanca i standardna devijacija, najkorišteniji parametar jest parametar standardne devijacije, tj. srednje kvadratne pogreške (Šiljeg i dr. 2018.). Naime, srednja kvadratna pogreška pokazuje stupanj razlike interpoliranih i izmjerenih vrijednosti (Šiljeg i dr. 2018.).

Nakon procesa interpolacije, slijedi odabir prostorne rezolucije digitalnog modela reljefa. Digitalni model reljefa, kao rasterski model, većinom se sastoji od pravilne mreže kvadratića jednakih dimenzija specifičnih visinskih vrijednosti (Šiljeg i dr. 2018.). Kvadratični se oblici najčešće nazivaju pikselima ili elementima grida (Hengl, 2006; Šiljeg i dr. 2018.). U procesu digitalnog modeliranja reljefa, prostornom se rezolucijom smatra veličina piksela koji predstavlja specifičnu reljefnu plohu određene veličine (URL9). Smanjenjem veličine piksela, povećava se prostorna rezolucija, čime se omogućava detaljniji prikaz reljefnih površina (Šiljeg i dr. 2018.). Određivanje veličine piksela smatra se ključnim procesom u izradi digitalnog modela reljefa (Hengl, 2006; Šiljeg i dr. 2018.). Prostorna rezolucija može biti određena različitim metodama: metodom kartografskog pravila, GPS pozicioniranjem, veličinom razgraničenja, analizom gustoće točaka, rasponom prostorne ovisnosti i metodom kompleksnosti terena (Hengl, 2006.).

### **3.3. Višekriterijske GIS analize (GIS-MCDA)**

Razvojem geografskih informacijskih sustava (GIS), neprestano se javljaju novi pristupi koje omogućuju sve naprednije analize podložnosti klizištima, s mogućnošću primjene na lokalnoj (Guillard-Gonçalves i Zêzere, 2012.), regionalnoj (Komac, 2006.), nacionalnoj ili globalnoj (Stanley i Kirschbaum, 2017.) razini. U osnovi, mogu se podijeliti na kvalitativne (subjektivne) i kvantitativne (objektivne) pristupe (Guzzetti i dr. 2005.).

Jedan od najkorištenijih znanstvenih pristupa za vrjednovanje podložnosti klizištima su višekriterijske GIS analize (GIS-MCDA) (Ahmed, 2015.). Naime, višekriterijske GIS analize (GIS-MCDA) predstavljaju metodu vrjednovanja različitih grupa kriterija određenim težinskim koeficijentima na temelju kvalitativnih i kvantitativnih parametara što rezultira alternativnim rješenjima određenog problema s mogućnošću izbora najboljeg (Saaty, 1980.). Također, višekriterijske GIS analize omogućuju složene analize zbog mogućnosti sistematiziranja kriterija u hijerarhijsku strukturu i postavljanja različitih kvantitativnih odnosa između vrjednovanih kriterija (Malczewski i Rinner, 2015.). Budući da optimalno rješenje problema često ne postoji, višekriterijskim se GIS analizama nastoji pružiti optimalna podrška



donositeljima odluka (Malczewski i Rinner, 2015.). Napretkom geografskih informacijskih sustava, omogućeno je strukturiranje različitih geografskih slojeva povezanih s čimbenicima koji utječu na pojavu klizišta u određenoj regiji. Upravo su GIS alati oni koji su snažno napredovali u točnosti i učinkovitosti glede modeliranja podložnosti klizištima (Yan i dr. 2020.).

Proces višekriterijskih GIS analiza (GIS-MCDA) sastoji se od šest koraka:

- 1) Postavljanje cilja / definiranje problema
- 2) Određivanje kriterija/ograničenja
- 3) Standardizacija kriterija
- 4) Određivanje težinskih koeficijenata
- 5) Agregiranje (okupljanje) kriterija
- 6) Validacija (provjera) rezultata (Eastman, 1999.).

### 3.3.1. Metoda analitičko-hijerarhijskog procesa (AHP)

U procesu donošenja odluka, prilikom izvođenja višekriterijskih GIS analiza, svaki kriterij ima različitu razinu važnosti. Stoga se, s obzirom na njegovu važnost, svakom kriteriju dodjeljuje svojstven težinski koeficijent (Malczewski i Rinner, 2015). Među najkorištenijim metodama za dodjeljivanje težinskih koeficijenata kriterijima prilikom izvođenja višekriterijskih GIS analiza, posebice u modeliranju podložnosti klizištima, je metoda analitičko-hijerarhijskog procesa (AHP) (Bahrami i dr. 2021; Bera i dr. 2019; Kavzoglu i dr. 2013; Kumi-Boateng i dr. 2020; Maqsoom i dr. 2021; Pourghasemi i dr. 2012; Roccati i dr. 2021; Skilodimou i dr. 2019; Sharifi Teshnizi i dr. 2021; Vojtekova i Vojtek, 2020.).

Metoda AHP stavlja naglasak na uzajaman odnos parova kriterija, s ciljem pronalaska razine na kojoj jedan kriterij nadmašuje drugi, na temelju unaprijed definiranih kriterija (Saaty, 1980). Naime, AHP je analitička metoda za hijerarhijsko vrednovanje kriterija, s obzirom na njihovu važnost (Kolios i dr. 2016). Korištenje AHP metode vrlo je zastupljeno u znanosti zbog matematičke jednostavnosti i mogućnosti brze obrade podataka (Saaty, 1980.).

Proces donošenja odluke sastoji se od sljedećih koraka:

- 1) Definiranje problema
- 2) Hijerarhijsko vrjednovanje
- 3) Konstrukcija matrice usporedbe parova kriterija
- 4) Vrjednovanje kriterija dodjeljivanjem težinskih koeficijenata
- 5) Validacija rezultata (Saaty, 2008).

Nakon utvrđivanja istraživačkog problema, postavlja se hijerarhijska struktura procesa donošenja odluke, počevši od cilja na vrhu hijerarhijske strukture, preko glavnih kriterija do alternativnih kriterija na dnu hijerarhijske strukture (Kolios i dr. 2016.). Nakon hijerarhijskog vrjednovanja, slijedi konstrukcija matrice usporedbe parova kriterija. Naime, matricom usporedbe parova kriterija nastoji se usporediti važnost svih kriterija u usporedbi s ostalima metodom vrjednovanja pojedinih parova kriterija s obzirom na ljestvicu apsolutnog broja (Tablica 2) (Saaty, 1980.). U procesu vrjednovanja parova kriterija, donosioc odluka, na temelju empirijskog iskustva ili analizom literature, brojem 1 označava istu važnost u paru kriterija, dok brojem 9 označava ekstremnu važnost jednog kriterija u odnosu na drugi (Bera i dr. 2019; Skilodimou i dr. 2019.). Po dodavanju težinskih koeficijenata svim kriterijima, vrijednosti koeficijenata dijele se s dobivenim zbrojem, a izlazni rezultat jest vektor prioriteta (Saaty, 1980.).

Tablica 1. Temeljna ljestvica apsolutnih brojeva

INTENZITET VAŽNOSTI	DEFINICIJA	OBJAŠNENJE
1	Jednaka važnost	Dvije aktivnosti jednako doprinose cilju
2	Slaba važnost	
3	Srednja važnost	Iskustvo i prosudba blago favoriziraju jednu aktivnost nad drugom
4	Srednja plus važnost	
5	Jaka važnost	Iskustvo i prosudba izrazito favoriziraju jednu aktivnost nad drugom
6	Jaka plus važnost	
7	Vrlo jaka važnost	Izrazito favoriziranje jedne aktivnosti nad drugom; dominacija navedene aktivnosti provedena u praksi
8	Vrlo vrlo jaka važnost	
9	Ekstremna važnost	Dokazi favoriziranja jedne aktivnosti nad drugom su na najvišoj mogućoj razini
<b>Recipročne vrijednosti</b>	U slučaju da aktivnost i ima dodijeljen broj 1-9 u odnosu na aktivnost j, tada j ima recipročnu vrijednost u odnosu na i	Smisljena pretpostavka
<b>1.1-1.9</b>	Ako je važnost aktivnosti vrlo bliska	Možda je teško dodijeliti najbolju vrijednost, no u usporedbi s ostalim oprečnim aktivnostima, veličina malih brojeva ne bi bila previše primjetna, no ipak može ukazati na relativnu važnost aktivnosti

Izvor: Saaty, 1980.

Provjera konzistencije dodijeljenih težinskih koeficijenata vrši se pomoću omjera konzistentnosti (*eng. consistency ratio, CR*) čija vrijednost, da bi se težinski koeficijenti mogli smatrati konzistentnima, mora iznositi manje od 0,1 (Saaty, 1980.). Kako bi se izračunao omjer konzistentnosti, potrebno je dobiti maksimalnu svojstvenu vrijednost matrice ( $\lambda_{\max}$ ) te indeks konzistentnosti (*eng. consistency index, CI*) (Saaty, 1980.). Maksimalna svojstvena vrijednost matrice računa se kao zbroj umnožaka vektora prioriteta i zbroja dodijeljenih težinskih koeficijenata svih kriterija (Saaty, 1980.).

$$\lambda_{\max} = (V_{p1} * \Sigma_{pv1}) + (V_{p2} * \Sigma_{pv2}) + \dots(V_{pN} * \Sigma_{pvN}) \quad (1)$$

- $V_{p1}$  – Vektor prioriteta kriterija 1
- $N$  – Broj kriterija koji se uspoređuju
- $\Sigma_{pvN}$  – Suma pridodanih važnosti kriterija

Nakon izračuna maksimalne svojstvene vrijednosti matrice ( $\lambda_{\max}$ ), nastavlja se s izračunom indeksa konzistentnosti (CI), s obzirom na to da svako konzistencijsko odstupanje mijenja iznos svojstvenih vrijednosti matrice (Saaty i Vargas, 2012.). Smanjenjem razlike između  $\lambda_{\max}$  i  $n$ , povećava se konzistentnost.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

- $\lambda_{\max}$  – Maksimalna svojstvena vrijednost matrice
- $n$  – Broj kriterija koji se uspoređuju

Slijedi izračun omjera konzistencije dijeljenjem indeksa konzistencije (CI) sa slučajnim indeksom konzistencije (*eng. random index, RI*) (Saaty, 1980.). Slučajni indeks konzistencije (RI) sastoji se od unaprijed definiranih vrijednosti prema broju kriterija koji se uspoređuju (Tablica 2.) (Saaty, 1980.).

Tablica 2. Vrijednosti slučajnih indeksa konzistencije

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Izvor: Saaty, 1980.



Omjer konzistencije (CR) izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

CI – indeks konzistentnosti

RI – indeks slučajne konzistencije (Saaty, 1980.).

U slučaju da je vrijednost omjera konzistencije (CR) manja od 0,10, smatra se da je donosioc odluka pravilno vrjednovao kriterije dodjeljivanjem težinskih koeficijenata (Saaty, 1990.). U suprotnom, nužno je provesti ponovno vrjednovanje kriterija, sve dok vrijednost omjera konzistencije ne bude manja od 0,10 (Saaty, 1980.).

### 3.3.2. Krivulja osjetljivosti (*Receiver Operator Characteristic curve*)

Modeli podložnosti klizištima moraju biti provjereni kako bi se utvrdila njihova pouzdanost prije njihove uporabe (Begueria, 2006.). Iako se do početka prošlog desetljeća validaciji modela nije davalo dovoljno pozornosti što je često rezultiralo neučinkovitošću modela, recentna istraživanja pokazuju da validacija modela sve više dobiva na važnosti (Porughasemi i dr. 2013; Conforti i dr. 2014.). Procesom validacije određuje se stupanj točnosti modelom pretpostavljenih vrijednosti. Među najkorištenijim metodama validacije modela u GIS okruženju jest ROC (*eng. Receiver Operator Characteristic*) krivulja čija se glavna primjena očituje u validaciji rasterskih modela usmjerenih na predviđanje načina korištenja zemljišta ili zemljišnog pokrova, rizika od bolesti, ali i validacije podložnosti prirodnim katastrofama poput klizišta (Mas i dr. 2013.). Proces validacije uključuje procjenu točnosti modela na temelju prikaza vjerojatnosti odabrane pojave u određenoj rasterskoj ćeliji u mreži piksela. Naime, položajne vrijednosti pojava na predikcijskom modelu statistički se uspoređuju s položajnim vrijednostima pojava na modelu stvarnih vrijednosti. S obzirom na razinu podudarnosti ocjenjuje se točnost modela. ROC krivulja prikazuje grafički prikaz korelacija između prave pozitivne stope i lažno pozitivne stope (Althouse, 2016.). Najpoznatija mjera za određivanje točnosti modela korištenjem ROC krivulje jest površina ispod ROC krivulje (*eng. area under the receiver operator characteristic, AUROC*), tj. površina ispod krivulje (*eng. area under the curve, AUC*) koja spaja vrijednosti točaka čije su vrijednosti određene dodjeljivanjem graničnih vrijednosti. Ishodište krivulje je u točki (0,0), a krivulja prolazi točkom (0,1) do točke (1,1). Vrijednost AUROC = 1, u slučaju da se vrijednosti na predikcijskom modelu u potpunosti podudaraju sa stvarnim vrijednostima (Althouse, 2016.).

## 4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Metodologija rada je podijeljena u tri dijela. Prvi dio uključuje izradu digitalnog modela reljefa (DMR) područja Međimurskih gorica, kao temeljne podloge za generiranje morfometrijskih i hidroloških kriterija u izradi višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima u drugom dijelu diplomskog rada. U drugom dijelu diplomskog rada izrađen je višekriterijski GIS model podložnosti klizištima na temelju definiranih koraka:

- 1) Postavljanje cilja / definiranje problema
- 2) Određivanje kriterija/ograničenja
- 3) Standardizacija kriterija
- 4) Određivanje težinskih koeficijenata
- 5) Agregiranje (okupljanje) kriterija
- 6) Validacija (provjera) rezultata (Eastman, 1999.).

Model je izveden korištenjem višekriterijskih GIS analiza, a korišteno je 10 kriterija kategoriziranih u 5 klastera:

- 1) Morfometrijski (nagib padina, ekspozicija padina, planarna zakrivljenost),
- 2) Geološki (geološka građa, gustoća lineamenata),
- 3) Pedološki (pedološki pokrov),
- 4) Hidrološki (udaljenost od vodenih tokova i topografski indeks vlažnosti)
- 5) Antropogeni (udaljenost od prometnica i način korištenja zemljišta).

U postupku provođenja višekriterijskih GIS analiza, kriterije je potrebno postaviti na zajedničku skalu kako bi se postigla kompatibilnost kriterija radi daljnje usporedbe (Malczewski i Rinner, 2015.). Svi su kriteriji standardizirani u pet klasa podložnosti klizištima: 1 – vrlo slabo podložno, 2 – slabo podložno, 3 – umjereno podložno, 4 – jako podložno, 5 – izrazito podložno. Kriteriji su standardizirani metodom donosioca odluka, a težinski su koeficijenti pridodani metodom analitičko-hijerarhijskog procesa (*eng. Analytical Hierarchy Process, AHP*). Nakon postupka standardizacije kriterija metodom donosioca odluka, slijedi postupak određivanja težinskih koeficijenata. Težinski su koeficijenti pridodani kriterijima AHP metodom, pri čemu je svakom kriteriju pridodan specifičan koeficijent s obzirom na važnost nad ostalim kriterijima. Važnost pojedinih kriterija određena je na temelju analize prethodnih istraživanja utjecaja kriterija na podložnost klizištima. Metodom okupljanja, tj. agregacije kriterija pomoću ekstenzije AHP 2.0. unutar softvera ArcMap 10.4, generirana su

dva izlazna predikcijska modela podložnosti klizištima. Proces validacije višekriterijskih GIS modela izveden je korištenjem ROC (*eng. Receiver Operator Characteristic*) krivulje na temelju inventara klizišta područja istraživanja, a na temelju usporede dvaju izlaznih modela, prema najvišem stupnju točnosti, odabran je završni višekriterijski GIS model podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica. Izradom višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima dobiven je temelj za završni dio diplomskog rada, vrjednovanje modela ispitivanjem javnog mnijenja. Anketnim upitnikom ispitano je javno mnijenje u naseljima u kojima postoji već sanirano ili trenutno aktivno klizište, a rezultatima anketnog upitnika vrjednovan je višekriterijski GIS model podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica.

#### **4.1. Izrada digitalnog modela reljefa (DMR) područja Međimurskih gorica**

##### 4.1.1. Prikupljanje podataka

U prvoj fazi diplomskog rada prikupljeni su podaci potrebni za izradu digitalnog modela reljefa (DMR) područja Međimurskih gorica. Visinski podaci preuzeti su od Državne geodetske uprave, a nastali su procesom fotogrametrijske restitucije (DGU, 2021.).

##### 4.1.2. Odabir metode interpolacije

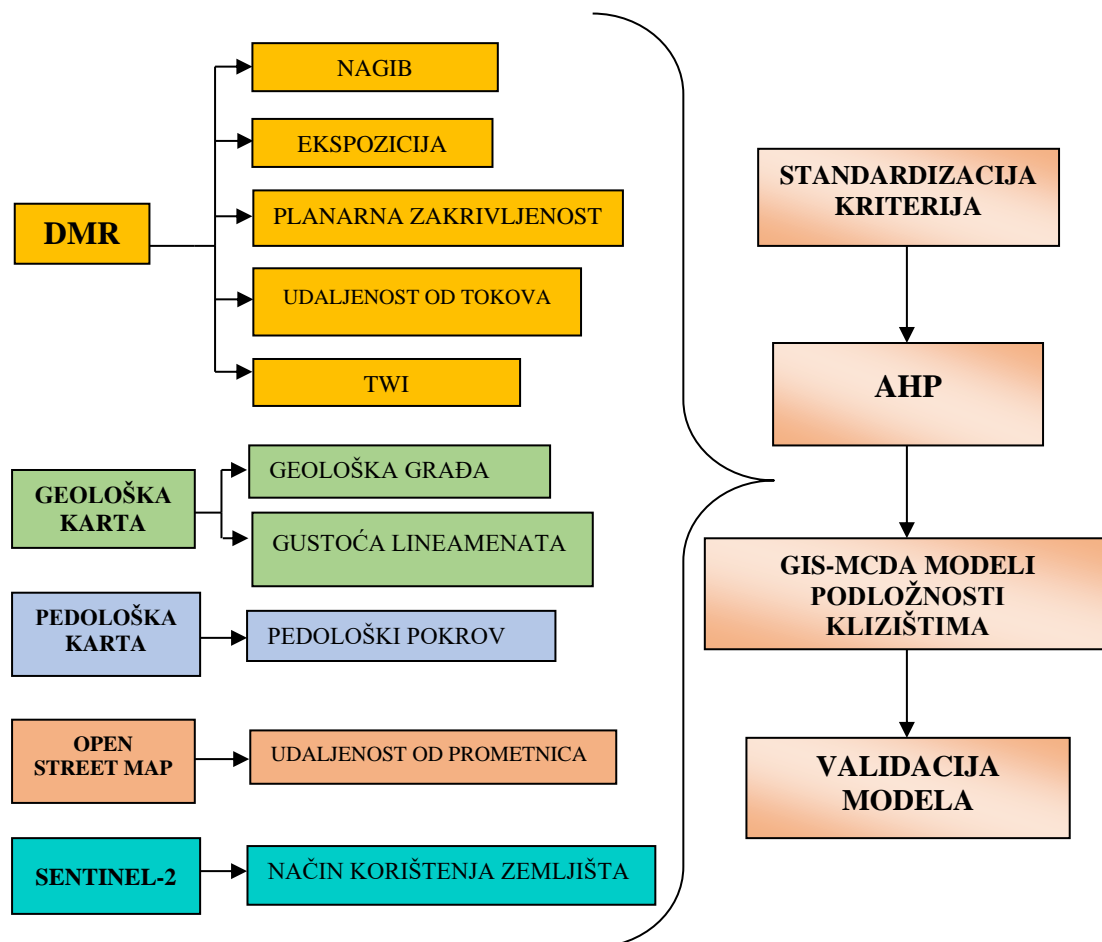
Za provjeru i usporedbu točnosti interpolacijskih funkcija u svrhu donošenja odluke, najčešće se koristi metoda unakrsnog vrednovanja (*eng. cross-validation*) (Smith i dr. 2003; Webster i Oliver, 2007; Hofierka i dr., 2007; Šiljeg i dr. 2018.). Navedena metoda koristi sve točke, no prije interpoliranja vrijednosti isključuje specifičnu točku kojoj se interpolira vrijednost, a proces se ponavlja za svaku točku (Šiljeg i dr. 2018.). Korištenjem metode unakrsnog vrjednovanja, u svrhu provjere i usporedbe točnosti različitih determinističkih i geostatističkih metoda interpolacije, najpogodnijom metodom interpolacije se, prema Šiljeg i dr. (2018.) pokazala multikvadratna radijalna osnovna funkcija (ROF MQ). Proces interpolacije izvršen je korištenjem ekstenzije *Geospatial Analyst* unutar softvera ArcMap 10.4, a kao rezultat procesa interpolacije, na temelju 550 056 visinskih točaka, generiran je digitalni model reljefa prostorne rezolucije 10 metara. Kvaliteta generiranog digitalnog modela reljefa značajno je bolja od kvalitete DMR preuzetih s internetskih „*open-source*“ servisa.

#### 4.1.1. Odabir prostorne rezolucije

Prema Webster i Oliver (2007.), u odabiru optimalne prostorne rezolucije korištena je metoda kompleksnosti terena (*eng. terrain complexity*) kojom je određena optimalna prostorna rezolucija generiranog DMR-a područja Međimurskih gorica koja iznosi 10 metara, omjerom duljine linija presjeka i broja infleksijskih točaka (Hengl, 2006; Šiljeg i dr, 2018.).

#### 4.2. Izrada višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima

U ovom je dijelu diplomskog rada proveden proces višekriterijske GIS analize podložnosti klizištima čime je navedeno područje prostorno vrjednovano s obzirom na različitu podložnost nastanku klizišta. Naime, podložnost klizišta predviđa na kojem će se području klizište vjerojatno pojaviti (Guzzetti i dr. 2005.). Na temelju određenih kriterija izveden je proces GIS-MCDA, unutar kojeg su procesima standardizacije i dodjeljivanja težinskih koeficijenata dobivena dva modela podložnosti klizištima, a po izvođenju modela, izvršen je proces validacije modela. Na temelju dobivenih rezultata odabran je model veće točnosti.



Slika 11. Dijagram toka (*eng. flow chart*) izrade višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima

#### 4.2.1. Postavljanje cilja i definiranje problema

Nakon određivanja cilja istraživanja na temelju akronima SMART (*Specific* – određen, *Measurable* – mjerljiv, *Attainable* – ostvariv, *Relevant* – relevantan, *Time bound* – vremenski ograničen), određeni su kriteriji potrebni za provođenje procesa GIS-MCDA podložnosti klizištima (URL2). Iako se u istraživanjima podložnosti klizišta često koriste i klimatski kriteriji (Bera i dr. 2019; Skilodimou i dr. 2019; Sharifi Teshnizi i dr. 2021.), oni nisu korišteni u ovom istraživanju zbog nedostatka podataka za područje istraživanja. Naime, u ovom je radu, osnovni cilj procesa GIS-MCDA, izdvojiti zone podložnosti klizištima s obzirom na vjerojatnost pojave klizišta.

#### 4.2.2. Određivanje kriterija

Na temelju prostorne razine istraživanja, detaljnosti prikaza, tj. prostorne rezolucije i mjerila dostupnih ulaznih podataka, ali i na temelju analize postojeće literature, odlučeno je da će se u svrhu izrade višekriterijskog GIS modela koristiti 5 grupa kriterija – morfometrijski, hidrološki, geološki, pedološki i antropogeni kriteriji. Pregled odabranih kriterija dan je u Tablici 3., a u nastavku je detaljno objašnjena metodologija prikupljanja i obrade pojedinih kriterija korištenih u procesu GIS-MCDA.

Tablica 3. Kriteriji korišteni za izradu višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima

Grupa kriterija	Kriteriji	Izvor	Mjerna jedinica	Autor
Morfometrijski	Nagib padine	DMR	Stupanj (°)	Abay i dr. (2019.), Ali i dr. (2018.), Ayalew i Yamagishi (2005.), Bahrami i dr. (2021.), Basu i Pal (2018.), Bera i dr. (2019.), Champati Ray i dr. (2006.), El Jazouli i dr. (2019.), Gemitzi i dr. (2011.), Goumrasi i dr. (2021.), Kavzoglu i dr. (2013.), Kumi-Boateng i dr. (2020.), Moradi i dr. (2012.), Omarzadeh i dr. (2021.), Počekal i dr. (2016.), Pourghasemi i dr. (2012.), Roccati i dr. (2021.), Roodposhti i dr. (2016.), Skilodimou i dr. (2019.), Vojtek, Vojtekova (2020.), Sharifi Teshnizi i dr. (2021.)

	<b>Ekspozicija padine</b>	DMR	Strana svijeta	Abay i dr. (2019.), Ali i dr. (2018.), Ayalew i Yamagishi (2005.), Bera i dr. (2019.), Champati Ray i dr. (2006.), El Jazouli i dr. (2019.), Gemitzi i dr. (2011.), Kavzoglu i dr. (2013.), Omarzadeh i dr. (2021.), Pourghasemi i dr. (2012.), Roccati i dr. (2021.), Roodposhti i dr. (2016.), Vojtek, Vojtekova (2020.), Sharifi Teshnizi i dr. (2021.)
	<b>Planarna zakrivljenost</b>	DMR	Klasa	Ali i dr. (2018.), Pourghasemi i dr. (2012.)
<b>Geološki</b>	<b>Geološka građa</b>	Osnovna geološka karta RH	Klasa	Abay i dr. (2019.), Ali i dr. (2018.), Ayalew i Yamagishi (2005.), Bahrami i dr. (2021.), Bera i dr. (2019.), Champati Ray i dr. (2006.), El Jazouli i dr. (2019.), Gemitzi i dr. (2011.), Goumrassa i dr. (2021.), Kavzoglu i dr. (2013.), Kumi-Boateng i dr. (2020.), Moradi i dr. (2012.), Počekal i dr. (2016.), Pourghasemi i dr. (2012.), Roccati i dr. (2021.), Roodposhti i dr. (2016.), Skilodimou i dr. (2019.), Vojtek, Vojtekova (2020.), Sharifi Teshnizi i dr. (2021.)
	<b>Gustoća lineamenata</b>	Osnovna geološka karta RH	Km/km <sup>2</sup>	Ayalew i Yamagishi (2005.), Basu i Pal (2018.), Bera i dr. (2019.), Champati Ray i dr. (2006.), Goumrassa i dr. (2021.)
<b>Pedološki</b>	<b>Pedološki pokrov</b>	GIS sloj pedologije	Klasa	Ali i dr. (2018.), Bera i dr. (2019.), Champati Ray i dr. (2006.), Omarzadeh i dr. (2021.)
<b>Hidrološki</b>	<b>Udaljenost od vodenih tokova</b>	DMR	Metar (m)	Skilodimou i dr. (2019.), Vojtek i Vojtekova (2020.), Kumi-Boateng i dr. (2020.), Pourghasemi i dr. (2012.), Goumrassa i dr. (2021.), El Jazouli i dr. (2019.), Roccati i dr. (2021.), Roodposhti i dr. (2019.), Bahrami i dr. (2021.), Sharifi Teshnizi i dr. (2021.), Abay i dr. (2018.), Moradi i dr. (2012.), Omarzadeh i dr. (2021.), Ali i dr. (2018.)
	<b>Topografski indeks vlažnosti (TWI)</b>	DMR	Klasa	Kavzoglu i dr. (2013.), Pourghasemi i dr. (2012.)

<b>Antropogeni</b>	<b>Udaljenost od prometnica</b>	Open Street Map	Metar (m)	Ayalew i Yamagishi (2005.), Bahrami i dr. (2021.), El Jazouli i dr. (2019.), Kavzoglu i dr. (2013.), Kumi-Boateng i dr. (2020.), Moradi i dr. (2012.), Omarzadeh i dr. (2021.), Počekal i dr. (2016.), Roccati i dr. (2021.), Roodposhti i dr. (2016.) , Skilodimou i dr. (2019.), Sharifi Teshnizi i dr. (2021.)
	<b>Način korištenja zemljišta</b>	SENTINEL -2	Klasa	Abay i dr. (2019.), Ali i dr. (2018.), Bera i dr. (2019.), Champati Ray i dr. (2006.), El Jazouli i dr. (2019.), Gemitzi i dr. (2011.), Kumi-Boateng i dr. (2020.), Moradi i dr. (2012.), Omarzadeh i dr. (2021.), Pourghasemi i dr. (2012.), Roccati i dr. (2021.), Roodposhti i dr. (2016.), Skilodimou i dr. (2019.), Vojtek, Vojtekova (2020.), Sharifi Teshnizi i dr. (2021.), Počekal i dr. (2016.)

#### 4.2.2.1 Morfometrijski kriteriji

Sve veća znanstvena važnost pridaje se razumijevanju morfometrijskih kriterija jer se upravo razumijevanjem njihovog međudnosa i utjecaja na prirodne i društvene procese, utječe na smanjenje prirodnih katastrofa poput klizišta (Hancock i dr. 2019.). Morfometrijski kriteriji korišteni u ovom diplomskom radu su nagib, ekspozicija i planarna zakrivljenost padine dobiveni iz prethodno generiranog digitalnog modela reljefa (DMR) područja Međimurskih gorica prostorne rezolucije 10 metara. Odabrani morfometrijski parametri pripadaju u skupinu primarnih morfometrijskih parametara, tj. parametara koji se izvode izravno iz digitalnog modela reljefa (Wilson i Gallant, 2000; Šiljeg, 2013.).

Povećanjem kuta **nagiba padina** (*eng. slope*), povećava se nestabilnost padine čime se povećava i sklonost nastanku klizišta (Zezere i dr. 2017.). Kriterij nagiba padine slovi kao najznačajniji morfometrijski parametar korišten u vrednovanju i interpretaciji reljefa (Šiljeg i dr. 2018.). Iako analiza nagiba padina ima široku primjenu u različitim sferama geografskog modeliranja prostora, navedeni je kriterij posebno važan u analizama odrona i klizišta (Duan i Grant, 2000.).

Nagib padina generiran je iz izrađenog digitalnog modela reljefa (DMR) područja Međimurskih gorica prostorne rezolucije 10 metara, korištenjem alata *Slope* unutar ekstenzije *Spatial Analyst Tool* u programu ArcMap 10.4. Za generiranje nagiba padina korištena je metoda 3x3 kvadrata pomoću koje je izračunata maksimalna stopa promjene vrijednosti visina od središnje prema susjednim ćelijama (Šiljeg i dr. 2018.). Iako se vrijednosti nagiba padina mogu iskazati i u postocima (0 – 100 %), za potrebe ovog diplomskog rada vrijednosti su

prikazane u stupnjevima (0 – 90°). Prema proučenoj literaturi iz Tablice 3. i s obzirom na maksimalnu vrijednost nagiba na području istraživanja od 41°, nagib padina je klasificiran u pet klasa: 1) 0-2°, 2) 2-5°, 3) 5-12°, 4) 12-32°, 5) 32-55°, prema modificiranoj klasifikaciji Međunarodne geografske unije (eng. *International Geographic Union*).

Nagib padine izračunava se prema formuli:

$$N (^{\circ}) = \sqrt{G^2 + H^2} \left( \frac{180}{\pi} \right) \quad (4)$$

pri čemu je G – stopa promjene u smjeru x (istok – zapad), a H – stopa promjene u smjeru y (sjever – jug) (Moore i dr., 1991.).

**Ekspozicija padina** (eng. *aspect*), kao glavni morfometrijski kriterij uz nagib padina, često se koristi u analizama podložnosti klizištima (Saha i dr. 2005., Yalcin, 2011.). Ovim je kriterijem definirana orijentacija padine s obzirom na stranu svijeta, pri čemu je kut određen u smjeru kazaljke na satu s obzirom na smjer sjevera (Šiljeg i dr. 2018.). Sunčevo zračenje ima veliki utjecaj na temperaturne promjene na površini i u podzemlju čime je uvjetovano mehaničko trošenje stijenske mase, ali i održavanje vegetacijskog pokrova, zbog čega kriterij ekspozicije padina prednjači u analizi geomorfoloških procesa (Pahernik, 2007.). Iako je, uz kriterij Sunčevog zračenja bitno spomenuti i klimatske faktore kišonosnih vjetrova i količine oborina (Pahernik, 2007.), u ovom je radu fokus stavljen na faktor Sunčevog zračenja. Upravo spomenuti meteorološki događaji mogu imati snažan utjecaj na stabilnost padina, a posljedično i na povećanje podložnosti klizištima na određenom području. Pod utjecajem ekspozicije padine, raste količina toplinske energije primljene Sunčevim zračenjem što uvjetuje procese transpiracije i evaporacije, odnosno gubitak vode iz određenog područja, dok je kod padina najizloženijih Sunčevom zračenju, izražen proces evapotranspiracije (Rahman i dr. 2017.). Spomenuti procesi imaju izrazito jak utjecaj na vlažnost tla te na rasprostranjenost i tip vegetacije na određenom području (Cellek, 2021.).

Ekspozicija padina generirana je iz izrađenog digitalnog modela reljefa (DMR) korištenjem alata *Aspect* unutar ekstenzije *Spatial Analyst Tool* u programu ArcMap 10.4. Nastavno na izvođenje kriterija nagiba padina, za generiranje ekspozicije padina korištena je metoda 3x3 kvadrata kojom se izračunava vrijednost ekspozicije padine za središnji piksel u odnosu na osam susjednih piksela čime se dobiva smjer okrenutosti padine, tj. ekspozicije za



središnji piksel (Šiljeg i dr. 2018.). Vrijednosti ekspozicije padina iskazane su u stupnjevima ( $0 - 360^\circ$ ), a formula za izračun ekspozicije padina jest:

$$A = 180^\circ - \arctan\left(\frac{H}{G}\right) + 90^\circ\left(\frac{G}{|G|}\right) \quad (5)$$

pri čemu je  $G$  – stopa promjene u smjeru  $x$  (istok – zapad), a  $H$  – stopa promjene u smjeru  $y$  (sjever – jug) (Moore i dr., 1991.).

Prema proučenoj literaturi iz Tablice 3., ekspozicija padina klasificirana je u 9 klasa: 1) zaravnjeni prostor, 2) sjeverno orijentirane padine (N), 3) sjeveroistočno orijentirane padine (NE), 4) istočno orijentirane padine (E), 5) jugoistočno orijentirane padine (SE), 6) južno orijentirane padine (S), 7) jugozapadno orijentirane padine (SW), 8) zapadno orijentirane padine (W), 9) sjeverozapadno orijentirane padine (NW). Zakrivljenost padina smatra se vrlo važnim kriterijem u analizi podložnosti klizištima (Nefeslioglu i dr. 2008; Pham i dr. 2015; Ali i dr. 2018.; Pourghasemi i dr. 2012.). Pojam zakrivljenosti padina teoretski je definiran kao stopa promjene nagiba ili ekspozicije padina, obično u određenom smjeru (Wilson i Gallant, 2000.). Profilna zakrivljenost (eng. *profile curvature*) definira se kao zakrivljenost padine u smjeru najvećeg nagiba, s obzirom na pretpostavljenu vertikalnu površinu koja siječe padinu u svakom njenom segmentu (Šiljeg, 2013.).

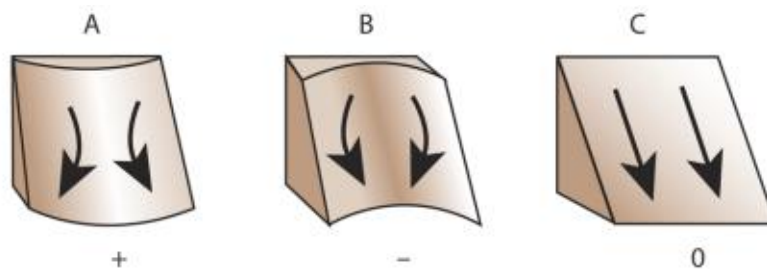
**Planarna zakrivljenost** (eng. *planar curvature*) odnosi se na zakrivljenost padine u sekanti okomitoj na smjer najvećeg nagiba (Pahernik, 2007., Šiljeg, 2013, Chen i dr. 2018.). Oba se tipa zakrivljenosti, profilna i planarna zakrivljenost, koriste u analizama podložnosti klizištima (Ayalew i Yamagishi, 2005.). Naime, profilna zakrivljenost utječe na otpornost padine u smjeru kretanja prilikom pojave klizišta, dok planarna zakrivljenost utječe na konvergenciju ili divergenciju padinskog materijala i vode u smjeru kretanja klizišta, s obzirom na konveksni ili konkavni karakter padina (Nefeslioglu i dr. 2008.). Naime, procesi konvergentnog otjecanja, povezani s konkavnim padinama, odnose se na akumuliranje vode, tla ili organskog materijala, dok se procesi divergentnog otjecanja, povezani s konveksnim padinama, odnose na spiranje, puzanje, jaruženje i bujičenje (Radoš i dr. 2012.).

Analizom prethodnih istraživanja, utvrđena je veća važnost kriterija planarne zakrivljenosti nad kriterijem profilne zakrivljenosti glede utjecaja na podložnost klizišta (Ali i dr., 2018; Nefeslioglu i dr. 2008; Pourghasemi i dr. 2012.). Stoga, u ovom je radu, u procesu GIS-MCDA, korišten kriterij planarne zakrivljenosti.

Kriterij planarne zakrivljenosti izveden je korištenjem alata *Curvature* unutar ekstenzije *Spatial Analyst* u softveru ArcMap 10.4. na temelju Zevenbergen i Thorne pristupa (Zevenbergen i Thorne, 1987; Šiljeg, 2013.). Dobivene vrijednosti zakrivljenosti padina mogu se podijeliti na negativne, pozitivne i nulte vrijednosti pri čemu negativne vrijednosti predstavljaju konkavnost, pozitivne vrijednosti konveksnost, dok nulte vrijednosti predstavljaju pravocrtne padine (Slika 12.).

Izračun planarne zakrivljenosti izvršen je prema sljedećoj formuli (Zevenbergen i Thorne, 1987; Moore i dr. 1991; Šiljeg, 2013.):

$$\omega = 2 \frac{(DH^2 + EG^2 - FGH)}{(G^2 + H^2)} \quad (6)$$



Slika 12. Planarna zakrivljenost padina

Izvor: URL9

Prema literaturi iz Tablice 3., planarna je zakrivljenost klasificirana u tri klase: 1) pravocrtne padine, 2) konkavne padine, 3) konveksne padine. Klasifikacija planarne zakrivljenosti. Zakrivljenost padina čiji je radijus  $> 600$  m ( $k > 0,001666$ ), na modelu čija prostorna rezolucija iznosi 20 metara, je zanemariva, a takve se padine smatraju pravocrtanima (Dikau, 1989.). Iz navedenog, prema Dikau (1989.), izvedena je modificirana formula za izračun vrijednosti pravocrtnih padina, u svrhu klasifikacije graničnih vrijednosti kriterija planarne zakrivljenosti. S obzirom na to da prostorna rezolucija generiranog DMR u ovom diplomskom radu iznosi 10 metara, korištena je sljedeća formula:

$$\begin{aligned} 20 \text{ (m)} : 600 \text{ (m)} &= 10 \text{ (m)} : x \\ 20x &= 6000 \\ x &= 300 \text{ m} \end{aligned} \quad (4)$$

Prema izračunu, na DMR-u prostorne rezolucije 10 metara, padine čije su vrijednosti  $> 300$  m ( $k > 0,003333$ ) smatraju se pravocrtanima. Stoga, granične vrijednosti planarne zakrivljenosti su sljedeće: 1)  $0 - 0,003333$ , 2)  $0 + 0,003333$  i 3) MAX. vrijednost planarne zakrivljenosti padina. Prema tome, klasifikacija vrijednosti planarne zakrivljenosti je sljedeća: 1) Konkavne ( $-12,01522732 - 0,003333$ ), 2) Konveksne ( $0,003333 - 10,87784767$ ) i 3) Pravocrtne ( $-0,003333 - 0,003333$ ) padine.

#### 4.2.2.2 Geološki kriteriji

**Geološka građa** (*eng. lithology*) smatra se važnim čimbenikom u analizama podložnosti klizištima zbog različitosti s obzirom na propusnost, otpornost i osjetljivost stijena. (Vojtek, Vojtekova, 2020, Dai i dr. 2001.). Zbog navedenih različitosti, dolazi do različitih utjecaja sila smicanja i erozijskog djelovanja što posljedično utječe na pojavu klizišta. Kriterij geološke građe izveden je na temelju lista Osnovne geološke karte Republike Hrvatske (*L 33-57 Čakovec*) preuzetog sa stranica Hrvatskog geološkog instituta (HGI) za područje istraživanja u mjerilu 1:100 000 (OGK RH i Slovenije, 1997.). Po preuzimanju navedenog lista, izvršen je proces georeferenciranja<sup>3</sup> kako bi se listu Čakovec Osnovne geološke karte RH pridružile prostorne koordinate i omogućila daljnja obrada. Nakon georeferenciranja, proveden je proces ručne vektorizacije u programu ArcMap 10.4, a kao izlazni rezultat dobiven je poligonski GIS sloj koji je, procesom harmonizacije, usklađen s prostornim podacima Digitalnog ortofota (DOF) Državne geodetske uprave (DGU, 2021.) i prethodno generiranog digitalnog modela reljefa (DMR) područja Međimurskih gorica. Nakon procesa harmonizacije i vektorizacije rasterskog formata geološke karte, izvršena je sistematizacija geološke građe na području Međimurskih gorica unutar atributne tablice vektoriziranog sloja prema kartografskom tumaču Osnovne geološke karte Republike Hrvatske na:

- 1) Pjeskovite praporolike gline (prapor),
- 2) Pijesci, šljunci, ulošci glina – gornji pont,
- 3) Aluvij,
- 4) Eolski pijesci,
- 5) Žutosmeđe pjeskovite gline, murski i dravski šljunci i pijesci,
- 6) Pijesci, pjeskoviti lapori – gornji panon,

---

<sup>3</sup> Georeferenciranje - postupak dodavanja prostornih značajki, tj. koordinata (x,y,) geografskim objektima unutar referentnog koordinatnog sustava (URL6).

- 7) Laminirani lapori, pijesci, glinoviti vapnenci – sarmat,
- 8) Pjeskoviti lapori, gline – donji pont,
- 9) Breče, konglomerati, litotamnijski vapnenci, pijesci i lapori – torton (baden),
- 10) Facijes mrtvaja – gline, organske gline
- 11) Povodanjski facijes i facijes korita – šljunci i pijesci.

Značajan utjecaj u analizi podložnosti klizišta imaju kriteriji strukturno-geološkog karaktera, poput **gustoće lineamenata** (*eng. lineament density*). Po definiciji, lineamentom se smatra svaki jednostavni ili složeni oblik na površini Zemlje pravocrnog ili djelomično zakrivljenog oblika s obzirom na okolnu površinu koji se može kartografski interpretirati (O'Leary i dr. 1976.). Uz navedeno, lineamenti predstavljaju i prirodno strukturirane elemente koji se nalaze u područjima strukturne slabosti (Masoud i Koike, 2006.). Upravo kartiranjem gustoće lineamenata može se interpretirati utjecaj strukturne geologije područja na pojavu klizišta (Ramli i dr. 2010.). Povećanjem gustoće lineamenata, povećava se i podložnost klizištima (Bera i dr. 2019.). Kriterij gustoće lineamenata generiran je na temelju prethodno georeferencirane Osnovne geološke karte Republike Hrvatske u mjerilu 1:100 000, metodom vektorizacije rasjednih zona unutar softvera ArcMap 10.4, nakon čega je, na temelju rasterskih podataka dobivenih korištenjem alata *Feature to Raster* unutar seta alata *Conversion* u programu ArcMap 10.4., proveden proces automatske ekstrakcije lineamenata u probnoj (*Trial*) verziji softvera PCI Geomatica 2018. Izlazni su rezultati prebačeni u softver ArcMap 10.4. u kojem je korištenjem alata *Line Density* unutar ekstenzije *Spatial Analyst* proveden proces izvođenja kriterija gustoće lineamenata. Klasifikacija vrijednosti izvršena je korištenjem Jenksove metode, s obzirom na metode klasifikacije korištene u prethodnim istraživanjima (Tablica 3.): 1) 0 – 1,05, 2) 1,06 – 2,44, 3) 2,45 – 3,58, 4) 3,59 – 4,69, 5) 4,7 – 7,67 km/km<sup>2</sup>.

#### 4.2.2.3 Pedološki kriteriji

Kriterij **pedološkog pokrova** (*eng. soil type*) sljedeći je odabrani kriterij u analizi podložnosti klizištima. Čvrstoća tla značajno se smanjuje povećanjem tzv. pornog tlaka, najčešće uzrokovanog infiltracijom kišnice, a kao posljedica navedenog javljaju se klizišta (Yan i dr. 2020.). Pedološki pokrov utječe i na poroznost te na propusnost čime se također utječe na stabilnost padine i, uglavnom, na pojavu plitkih klizišta (Champati Ray, 2006.). Primjerice, pjeskovita skeletna tla često su zasićena zbog relativno visoke poroznosti i propusnosti što dovodi do visokih razina pornog tlaka i pokretanja klizišta (Champati Ray, 2006.). Pedološki

je pokrov, osim vlažnosti tla, često pod utjecajem sunčeve svjetlosti i vjetra, s obzirom na različitu ekspoziciju padina, što također utječe na padinsku stabilnost, tj. na pojavu klizišta (Dehnavi i dr. 2015.). S obzirom na vrstu pedološkog pokrova, vjerojatnost pojave klizišta najveća je kod pjeskovitih ilovača, za razliku od muljevutih i šljunkovitih ilovača (Bera i dr. 2019.). Budući da je tekstura tla, uz dubinu, podložnost eroziji i matičnu podlogu, jedan od temeljnih čimbenika u određivanju vrste tla, smatra se vrlo važnim čimbenikom u procjeni stabilnosti tla i podložnosti klizištima (Sharma i dr. 2012.). Teksturom tla predstavljen je relativni udio sadržaja pijeska, mulja i gline (Sharma i dr. 2012.). Primjerice, lagana tla poput pjeskovitih ilovača, s malim udjelom organske tvari, nemaju mogućnost stvaranja stabilnih agregata te izazivaju nestabilnost padina (Sonker i dr. 2021.). Povećanjem udjela pjeskovitog materijala, povećava se i podložnost klizištima (Sonker i dr. 2021.). Udio kamenitog, tj. stjenovitog sadržaja u tlu također ima značajan utjecaj na podložnost klizištima (Sharma i dr. 2012; Sonker i dr. 2021.). Budući da su tla kamenitog ili stjenovitog karaktera zaštićenija od vanjskih utjecaja, smatra se da je podložnost klizištima na tlima takvog tipa puno manja od podložnosti klizištima na tlima s velikim udjelom kamenja ili stijena (Sharma i dr. 2012; Sonker i dr. 2021.).

Za potrebe diplomskog rada, od Zavoda za prostorno uređenje Međimurske županije preuzet je vektorski GIS sloj pedološke karte Međimurske županije koji je, korištenjem alata *Clip* unutar seta alata *Analysis* u softveru ArcMap 10.4, sveden na područje istraživanja, a koji je, kao i geološka karta, procesom harmonizacije usklađen s prostornim podacima Digitalnog ortofota (DOF) Državne geodetske uprave (DGU, 2021.) i prethodno generiranog digitalnog modela reljefa (DMR) područja Međimurskih gorica.

U atribunoj tablici preuzetog GIS sloja sadržani su podaci sistematiziranog pedološkog pokrova na području istraživanja:

- 1) Akumulacije i rijeke
- 2) Amfiglej mineralno, Hipoglej mineralno, Semiglej aluvijalno i pseudoglejno,
- 3) Koluvijalno oglejno i neoglejno, Hipoglej mineralno, Amfiglej mineralno,
- 4) Koluvijalno oglejno i neoglejno, Hipoglej mineralno, Hidromeliorirano kanalima,
- 5) Koluvijalno oglejno i neoglejno, Močvarno glejno,
- 6) Lesivirano tipično i pseudoglejno, Pseudoglej obronačni i zaravni,
- 7) Lesivirano tipično i pseudoglejno, Semiglej posmeđeno i pseudoglejno, Hipoglej mineralno,

- 8) Lesivirano tipično i pseudoglejno, Semiglej pseudoglejno, Hipoglej mineralno (povremeno plavljeno)
- 9) Lesivirano tipično i pseudoglejno, Sirozem, Rigolano, Koluvijalno oglejno i neoglejno,
- 10) Lesivirano tipično, Praškasto ilovasto,
- 11) Pseudoglej obronačni i zaravni, Lesivirano pseudoglejno, Lesivirano tipično,
- 12) Ranker eutrični i regolitični, Distrično smeđe, Lesivirano tipično,
- 13) Semiglej aluvijalno, Hipoglej mineralno, Aluvijalno oglejno, Aluvijalno neoglejno,
- 14) Semiglej aluvijalno, Hipoglej mineralno, Aluvijalno oglejno, Aluvijalno neoglejno (povremeno plavljeno).

#### 4.2.2.4 Hidrološki kriteriji

Hidrološki kriteriji imaju veliku ulogu u analizama podložnosti klizištima (Park i dr. 2013.). Blizina vodenih tokova, tj. **udaljenost od vodenih tokova**, kao jedan od najvažnijih hidroloških kriterija u analizama podložnosti klizišta, može imati negativan utjecaj na stabilnost padina zbog toga što vodeni tokovi svojim erozijskim djelovanjem i utjecajem na povećanje stupnja zasićenosti padinskog terena povećavaju mogućnost od pojave klizišta (Moradi i dr. 2012.). Zbog navedenog, kriterij udaljenosti od vodenih tokova smatra se glavnim aspektom stabilnosti padina, s hidrološkog stajališta (Pourghasemi i dr. 2012; Chen i dr. 2018.). Fluvijalna erozija, kao posljedica poplava uzrokovanih intenzivnim oborinskim vodama, jedan je od najčešćih čimbenika koji izazivaju klizišta (Kouli i dr. 2014.). Budući da erozija uzrokovana oborinama i posljedičnim kretanjem vodenih tokova može destruktivski utjecati na podnožje padine, ona svojim djelovanjem može pokrenuti proces kliženja (Khadka i dr. 2018.).

Baza za izvođenje kriterija udaljenosti od vodenih tokova izrađena je korištenjem seta alata *Hydrology* unutar ekstenzije *Spatial* u softveru ArcMap 10.4. Izvedena je mreža tokova koja je klasificirana prema Strahlerovoj metodi klasifikacije vodenih tokova. Okupljanjem vodenih tokova u zajednički sloj, dobivena je mreža vodenih tokova za područje istraživanja temeljem koje su, korištenjem alata *Euclidean Distance*, generirane zone udaljenosti od vodenih tokova: 1) 0 – 50 m, 2) 50 – 100 m, 3) 100 - 150 m, 4) 150 – 200 m i 5) > 200 m. Navedena klasifikacija provedena je na temelju analize prethodnih istraživanja (Tablica 3.), pod pretpostavkom da se povećanjem udaljenosti od vodenih tokova, smanjuje podložnost klizištima.

Sljedeći kriterij korišten u generiranju višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima jest **topografski indeks vlažnosti** (*eng. topographic wetness index, TWI*), u literaturi poznat i kao kombinirani topografski indeks (*eng. compound topographic index, CTI*). Navedeni kriterij ima široku primjenu u opisivanju učinka topografije na položaj i veličinu izvorišnih područja na području istraživanja, kao baze za procese otjecanja koji, zbog utjecaja vlažnosti na smanjenje čvrstoće tla, direktno utječu na nestabilnost padina (Pourghasemi i dr., 2012.). Naime, topografski indeks vlažnosti prikazuje stupanj potencijalne vlažnosti terena, na temelju kojeg se mogu klasificirati područja veće ili manje zasićenosti vodom (Wilson i Gallant, 2000.).

Topografski indeks vlažnosti izračunava se prema sljedećoj formuli (Moore i dr. 1991.):

$$TWI = \ln \left( \frac{A_s}{\tan \beta} \right) \quad (7)$$

pri čemu je:  $A_s$  – specifično slivno područje, a  $\beta$  – nagib padine u pojedinom pikselu.

Kriterij topografskog indeksa vlažnosti izveden je korištenjem alata *Slope* unutar seta alata *Surface* u softveru ArcMap 10.4 te modula *Topographic Wetness Index (TWI)*, uvezenog u softver ArcMap 10.4. iz seta alata *Hydrology* iz open-source softvera SAGA GIS. Topografski indeks vlažnosti je klasificiran u četiri klase korištenjem Jenksove metode, s obzirom na metode klasifikacije korištene u prethodnim istraživanjima (Tablica 3.): 1) 2,54 – 5,84, 2) 5,85 – 7,98, 3) 7,99 – 11,53, 4) 11,54 – 23,57.

#### 4.2.2.5 Antropogeni kriteriji

U ovom je radu, kriterij **udaljenosti od prometnica** (*eng. distance from roads*), svrstan u grupu kriterija koji utječu na podložnost klizištima na području Međimurskih gorica, a smatra se jednim od glavnih antropogenih čimbenika (Nourani i dr. 2014.). Naime, antropogenim utjecajem u smislu građevinskih zahvata poput gradnje prometnica, često se stvaraju usjeci u padinama čime se narušava prirodna topologija te se pospješuje nestabilnost padina (Kavzoglu i dr. 2013.). Iako se prije izgradnje prometnica izvršavaju procesi niveliranja terena i uravnoteženja nagiba, građevinski iskopi često rezultiraju nepredvidivim promjenama stabilnosti padina (Kavzoglu i dr., 2013.). Također, postojeće ceste, izgrađene na padinskim terenima, često uzrokuju promjene u topografiji područja pod uvjetom smanjenja ili povećanja opterećenja terena (Kavzoglu i dr. 2013.). Promjena topografskih uvjeta često rezultira pojavom pukotina, a nastale pukotine često uvjetuju visoke razine upijanja površinskih voda većinom,

zbog prezasićenosti vodom, rezultira pojavom klizišta (Kavzoglu i dr., 2013.). Nestabilnost padine, osim izgradnjom prometnica, može biti izazvana i kretanjem vozila prometnicama. Klizišta se mogu pojaviti na samim prometnicama, ali i na padinskim stranama pod utjecajem izgrađenih prometnica (Ayalew i Yamagishi, 2005.). Prema istraživanjima iz Tablice 3., povećanjem udaljenosti od prometnica, smanjuje se podložnost terena klizištima.

Kriterij udaljenosti od prometnica izveden je na temelju sloja prometnica za područje Republike Hrvatske preuzetog s platforme OpenStreetMap (URL4), u nadležnosti tvrtke Geofabrik (URL5). Sloj prometnica za područje Republike Hrvatske sveden je na područje istraživanja korištenjem alata *Clip* unutar softvera ArcMap 10.4., a potom je izvršena topološka korekcija linija prometnica za područje istraživanja korištenjem seta alata *Topology*. Budući da se povećanjem udaljenosti od prometnica smanjuje podložnost terena klizištima, prema proučenoj literaturi iz Tablice 3., generirane su određene zone utjecaja korištenjem alata *Euclidean Distance* iz ekstenzije Spatial Analyst na temelju kojih je izvršen i proces klasifikacije: 1) 0-25 m, 2) 25-50 m, 3) 50-75 m, 4) 75 – 100 m, 5) >100 m.

Sljedeći kriterij iz klastera antropogenih kriterija korišten u ovom diplomskom radu jest kriterij **načina korištenja zemljišta** (*eng. land use*). Iako se kriterij načina korištenja zemljišta stavlja u vezu s kriterijem zemljišnog pokrova (*eng. land cover*), u ovom je radu fokus stavljen na način korištenja zemljišta kao antropogenog kriterija koji uvjetuje destabilizaciju padina, za razliku od zemljišnog pokrova koji, općenito, stabilizira padinske procese (Bahrami i dr. 2021.). Ovaj se kriterij svrstava među glavne čimbenike podložnosti klizištima pod antropogenim utjecajem, a uključuje promjenu namjena zemljišta u odnosu na potrebe stanovništva poput pretvaranja poljoprivrednih i šumskih zemljišta u urbana područja, prenamjena šuma u poljoprivredna zemljišta ili promjena nagiba terena zbog građevinskih zahvata i razvoja infrastrukture (El Jazouli i dr. 2019.). Upravo na temelju uzoraka načina korištenja zemljišta mogu se odrediti složeni hidrološki i mehanički procesi koji djeluju na površini i ispod površine i koji, posljedično, utječu na podložnost klizištima (Dai i Lee, 2002.). Vegetacijski pokrov ima presudnu ulogu u korištenju zemljišta jer, primjerice, snažni korijenski sustavi drvene vegetacije pozitivno utječu na hidrološke i mehaničke procese te stabiliziraju padinska područja (Kumi-Boateng i dr. 2020.). Štoviše, klizišta koja se događaju u područjima šumske vegetacije najčešće su površinski manja od klizišta koja se događaju u ne-vegetacijskim ili navodnjavanim kultiviranim područjima (Kumi-Boateng i dr. 2020.). Građevinska, tj. stambena i industrijska područja, često su vrlo podložna klizištima zbog neodržavanih kanalizacijskih sustava, nekontroliranih istjecanja iz bunara u padinska područja, ali i zbog opterećenja izazvanih



građevinskih zahvatima na padinama (Sharifi Teshnizi i dr. 2021.). Za razliku od poljoprivrednih područja, pošumljena su područja s velikim vegetacijskim pokrivačem znatno manje osjetljiva na klizišta (Sharifi Teshnizi i dr. 2021.). Vodene površine poput ribnjaka, močvara, prirodnih i umjetnih jezera, irelevantne su u istraživanju fenomena klizišta (Sharifi Teshnizi i dr. 2021.). Područje Međimurskih gorica izrazito je brežuljkasto, ali i dalje vrlo povoljno poljoprivredno područje. Shodno tome, lokalno stanovništvo teži preseljenju i stvaranju obradivih poljoprivrednih površina na strmim padinama, često bez odgovarajućih prostornih zahvata poput terasiranja padina. To često dovodi do krčenja šuma i degradacije postojećih zemljišta što direktno doprinosi pokretanju ili ponovnom aktiviranju klizišta. U svrhu generiranja kriterija načina korištenja zemljišta za područje istraživanja, s portala EarthExplorer (URL7), u nadležnosti Američkog geološkog zavoda (USGS), preuzeti su satelitski snimci SENTINEL-2 u GeoTIFF formatu, prostorne rezolucije 10 metara za šire područje istraživanja. Kartografska projekcija satelitskog snimka SENTINEL-2 je univerzalna poprečna Mercatorova (*eng. Universal Transverse Mercator, UTM*), dok je referentni elipsoid WGS84. Preuzeti su snimci okupljeni u zajednički satelitski snimak područja istraživanja u programu ERDAS Imagine. Korištenjem satelitskog snimka SENTINEL-2 za područje istraživanja, izvršen je proces nadzirane klasifikacije korištenjem seta alata *Image Classification* i alata *Training Sample Manager* unutar ekstenzije *Spatial Analyst* u softveru ArcMap 10.4, na temelju 48 uzoraka iz pojedine klase kriterija.

#### 4.2.3. Standardizacija kriterija

Pojedinačni su kriteriji standardizirani na skali od 1 do 5 korištenjem alata *Reclassify* iz seta alata *Reclass* unutar ekstenzije *Spatial Analyst* korištenjem softvera ArcMap 10.4. Ocjenom 1 označen je najmanji utjecaj na podložnost klizištima, dok je ocjenom 5 označen najveći utjecaj na podložnost klizištima (1 – vrlo slabo podložno, 2 – slabo podložno, 3 – umjereno podložno, 4 – vrlo podložno, 5 – izrazito podložno). U poglavlju 5.2. je dan pregled odabranih kriterija unutar procesa GIS-MCDA s pridodanim ocjenama utjecaja pojedinačnih kriterija na podložnost klizištima na području Međimurskih gorica.

#### 4.2.4. Određivanje težinskih koeficijenata

Po završetku procesa standardizacije kriterija, pri čemu su odabrani morfolometrijski, geološki, pedološki, hidrološki i antropogeni kriteriji postavljeni na zajedničku ljestvicu i standardizirani u pet klasa, slijedi proces određivanja težinskih koeficijenata. Prvi je korak odrediti relativnu važnost kriterija na temelju empirijskog iskustva i analize literature (Bera i dr. 2019; Skilodimou i dr. 2019.). Kako bi se relativna važnost uspješno odredila, korištena je metoda analitičko-hijerarhijskog procesa (*eng. Analytic Hierarchy Process, AHP*) pri čemu je izrađena matrica usporedbe kriterija s obzirom na njihovu važnost. U matrici usporedbe, kriteriji su vrjednovani na ljestvici od 1 do 9, pri čemu je brojem 1 označen jednaki međuodnos kriterija, a brojem 9 izrazita prednost jednog kriterija nad drugim (Saaty, 1980.). Matrica usporedbe kriterija izrađena je korištenjem ekstenzije „AHP“ unutar softvera ArcMap 10.4, ručno integrirane u *ArcToolBox*. Rangiranje kriterija unutar matrice usporedbe kriterija izvršeno je metodom donosioca odluka s obzirom na analiziranu literaturu (Tablica 3.). U svrhu dobivanja što točnijih izlaznih rezultata, usporedbe točnosti i odabira najtočnijeg višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima, generirane su dvije matrice usporedbe kriterija (Tablice 14. i 15.) s različitim kriterijskim međuodnosima na temelju kojih su, posljedično, izvedena dva višekriterijska GIS modela koja prikazuju dva različita scenarija podložnosti klizištima. Nakon izračuna težinskih koeficijenata svih kriterija, izračunat je omjer konzistentnosti za svaku matricu usporedbe kriterija, kako bi se provjerila konzistentnost, tj. validnost prethodno standardiziranih i vrjednovanih kriterija. Ako je vrijednost CR > 0,10, potrebno je ponavljati proces dodjeljivanja težinskih koeficijenata sve dok vrijednost CR ne padne ispod 0,10 (Saaty, 1980.).

#### 4.2.5. Okupljanje (agregacija) kriterija

Proces okupljanja (agregacije) kriterija na temelju njihovih težinskih koeficijenata, izvršeno je korištenjem navedene formule (Eastman, 1999.):

$$P = \sum w_i X_i * \prod C_j \quad (8)$$

pri čemu je:

**P** = podložnost

**W<sub>i</sub>** = težinski koeficijent dodijeljen kriteriju

**∏** = umnožak ograničenja

**C<sub>j</sub>** = ograničenje j

**∑** = suma ponderiranih kriterija.

**X<sub>i</sub>** = vrijednost kriterija

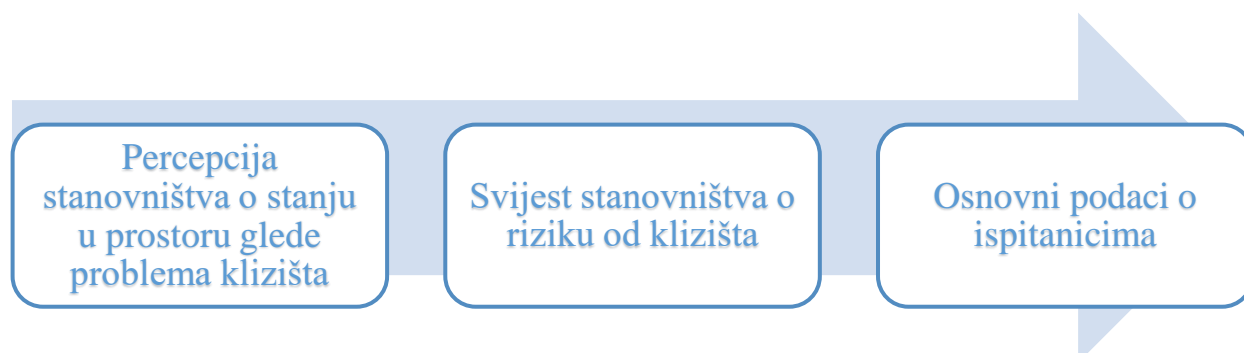
Proces okupljanja kriterija izvršen je unutar softvera ArcMap 10.4., pomoću ekstenzije *AHP 2.0*, ručno integrirane u *ArcToolBox*.

#### 4.2.6. Provjera (validacija) modela

Provjera (validacija) modela izvršena je unutar softvera ArcMap 10.4., korištenjem alata ROC (Receiver Operator Characteristic) iz seta alata *Arc-SDM Toolbox* ručno integriranog u *ArcToolBox*.

### 4.3. Ispitivanje javnog mnijenja

U ovom je dijelu diplomskog rada ispitano javno mnijenje na području istraživanja korištenjem anketnog upitnika podijeljenog u 3 dijela. Prvi dio anketnog upitnika odnosi se na percepciju javnog mnijenja o stanju u prostoru glede problema klizišta, dok se drugi dio anketnog upitnika odnosi na svijest stanovništva o riziku od klizišta. Treći dio anketnog upitnika odnosi se na osnovne podatke o ispitanicima. U prvom je dijelu ispitana percepcija stanovništva o stanju u prostoru u vidu klizišta kao ugroze životnog prostora, utjecaja klizišta na kvalitetu života, utjecaja pojedinih klizišnih čimbenika na životni prostor, poznavanja klizišnih čimbenika unutar vlastitog životnog prostora, pojave klizišta u životnom okruženju, štete nastale pod utjecajem klizišta, stupnja podložnosti klizištima u pojedinim naseljima, čestini pojave klizišta te o radu nadležnih službi i stručnjaka u procesu upravljanja klizištima i prevencije klizišta. U drugom je dijelu ispitana svijest stanovništva o riziku od klizišta u vidu razine utjecaja pojedinih vrsta kriterija na podložnost klizištima, glavnih uzroka nastanka klizišta, stupnju rizika u naseljima, potrebnih mjera ublažavanja rizika od klizišta, regulacije antropogenih aktivnosti glede prevencije nastanka klizišta, odgovornih institucija, broja klizišta, materijalnih šteta i financijskih sredstva namijenjenih prevenciji.



Slika 13. Shematski prikaz indikatora korištenih u anketnom upitniku

Kako bi diplomski rad bio metodološki harmoniziran i sadržajno cjelovit, javno mnijenje je ispitano na temelju kriterija korištenih u procesu višekriterijskih GIS analiza, tj. u izradi višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima. Anketni je upitnik izrađen shodno mogućnostima povezivanja specifičnih kriterija s anketnim pitanjima. S obzirom na to da područje istraživanja čini 57 naselja na području Međimurskih gorica, fokus anketnog upitnika stavljen je isključivo na stanovništvo 22 naselja na području Međimurskih gorica u kojima postoji otvoreno ili već sanirano klizište.

To su naselja Prekopa, Banfi, Železna Gora, Grabrovnik, Robadje, Sveti Urban (općina Štrigova), Martinuševec, Vugrišinec, Vukanovec, Gornji Mihaljevec, Dragoslavec Breg (općina Gornji Mihaljevec), Dragoslavec, Pleškovec, Vučetinec (općina Sveti Juraj na Bregu), Merhatovec, Plešivica, Praporčan, Gornji Zebanec, Selnica, Donji Koncovčak (općina Selnica), Gornji Koncovčak (općina Sveti Martin na Muri) i Knezovec (općina Šenkovec). Prema posljednjem popisu stanovništva na području navedenih naselja živi 6 316 stanovnika (Popis, 2021.).

S obzirom na to da se sva navedena naselja mogu okarakterizirati kao ruralna naselja, broj ispitanika nije određen s obzirom na broj stanovnika u naseljima, već je, zbog reprezentativnosti uzorka i mogućnosti prikazivanja rezultata ankete korištenjem deskriptivne statistike, odabran uzorak od 110 ispitanika, tj. od 5 ispitanika po naselju.

Uzorak je jednostavni slučajni, a predstavlja jednaku mogućnost odabira svih ispitanika. Istraživanje je provedeno u periodu od 5. do 14. travnja 2022. godine korištenjem platforme temeljene na alatu otvorenog koda *LimeSurvey* u nadležnosti Sveučilišnog računskog centra Sveučilišta u Zagrebu (SRCE) i terenskim anketiranjem. Anketni upitnik sastoji se od 69 varijabli formuliranih u 37 pitanja zatvorenog tipa, a većinu anketnog upitnika čine pitanja na Likertovoj ljestvici od pet stupnjeva.

Na temelju rezultata provedenog anketnog upitnika, deskriptivnom i inferencijalnom statistikom je interpretirano javno mnijenje područja odabranih naselja na području Međimurskih gorica. Kako bi se održala sadržajna cjelovitost diplomskog rada, fokus inferencijalne statistike stavljen je na korelacijske analize s naglaskom na vrjednovanje kriterija korištenih u izradi višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima u drugom dijelu diplomskog rada.

## 5. REZULTATI I RASPRAVA

### 5.1. Rezultati klasifikacije i standardizacije odabranih kriterija

#### 5.1.1. Nagib padina

Tablica 4. Zastupljenost klasa nagiba padine s pripadajućim ocjenama podložnosti

Nagib padine (°)	0-2	2-5	5-12	12-32	32-55
Površina (km <sup>2</sup> )	42,934	32,066	55,935	29,942	0,078
Udio (%)	26,671	19,922	34,749	18,601	0,052
Ocjena podložnosti	1	2	3	4	5

Klasa nagiba (0-2°) predstavlja ravničarske terene izrazito stabilnog karaktera za koje nisu karakteristični padinski procesi poput klizanja (Bognar, 1992.). Sljedeću klasu (2-5°) također karakterizira stabilnost padina, no ističu se blaga nagnutost i slabo izraženi padinski procesi (Lozić, 1996.). Treću klasu nagiba (5-12°) karakterizira izrazito spiranje i kretanje padinskog materijala (Lozić, 1996.). Četvrtu klasu nagiba (12-32°) karakterizira jaka nagnutost terena s izraženim procesima erozije i kretanja padinskog materijala, s vrlo niskom stabilnošću terena (Lozić, 1996.). Petu klasu (32-55°) karakteriziraju destruktivni procesi te snažno kretanje padinskog materijala, dok je stabilnost padina izrazito niska (Lozić, 1996.). Iako su u klasifikaciju Međunarodne geografske unije (IGU), uz navedene klase, uključeni i nagibi veći od 55°, oni su, budući da na području istraživanja ne postoje nagibi navedenih vrijednosti, isključeni iz klasifikacije S obzirom na zastupljenost pojedinih klasa na području istraživanja (Tablica 5.), na temelju proučene literature (Tablica 3.) i analize inventara klizišta, klasama su pridružene ocjene podložnosti.

#### 5.1.2. Ekspozicija padina

Tablica 5. Zastupljenost klasa ekspozicije padina s pripadajućim ocjenama podložnosti

Ekspozicija padina	Zaravnjeno	N	NE	E
Površina (km <sup>2</sup> )	0,021	13,864	16,772	28,378
Udio (%)	0,013	8,614	10,420	17,631
Ocjena podložnosti	1	2	2	3
SE	S	SW	W	NW

26,527	19,862	17,216	20,708	17,606
16,481	12,340	10,696	12,866	10,939
<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

Kriterij ekspozicije padina klasificiran je u devet klasa pri čemu najveći udio zauzimaju istočno orijentirane padine (E). Prema istraživanjima iz Tablice 3., osunčanost padina veća je na južno orijentiranim padinama (S, SE i SW) od sjeverno orijentiranih padina (N, NE i NW), čime je objašnjena i povećana podložnost klizištima na prostorima navedenih vrijednosti ekspozicija padina. S obzirom na zastupljenost pojedinih klasa na području istraživanja (Tablica 5.), na temelju proučene literature (Tablica 3.), klasama su pridružene ocjene podložnosti.

### 5.1.3. Planarna zakrivljenost

Tablica 6. Zastupljenost klasa planarne zakrivljenosti padina s pripadajućim ocjenama podložnosti

<b>Planarna zakrivljenost</b>	<b>Pravocrtne padine</b>	<b>Konkavne padine</b>	<b>Konveksne padine</b>
Površina (km <sup>2</sup> )	4,095	74,572	82,287
Udio (%)	2,544	46,331	51,125
<b>Ocjena podložnosti</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

Kriterij planarne zakrivljenosti klasificiran je u tri klase, tj. na pravocrtne, konkavne i konveksne padine. Prema istraživanjima navedenim u Tablici 3., procesi divergentnog otjecanja vodenih tokova koji se, u načelu, odnose na konveksne padine, imaju veći utjecaj na podložnost klizišta od procesa konvergentnog otjecanja vodenih tokova, koji se, u načelu, odnose na konkavne padine. S obzirom na proučenu literaturu (Tablica 3.), klasama su pridružene ocjene podložnosti.

#### 5.1.4. Geološka građa

Tablica 7. Zastupljenost klasa geološke građe s pripadajućim ocjenama podložnosti

<b>Geološka građa</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Površina (km <sup>2</sup> )	44,223	60,478	0,616	15,453
Udio (%)	27,476	37,575	0,383	9,601
<b>Ocjena podložnosti</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
8,2922	2,342	18,035	0,785	1,128
5,152	1,455	11,209	0,488	0,701
<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>		
0,306	1,654	7,645		
0,191	1,027	4,750		
<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>		

Kriterij geološke građe igra veliku ulogu u analizi podložnosti klizištima, a prema istraživanjima. udjela glinovitih stijena popraćenih varijacijama pjeskovitih i nepropusnih glinovitih slojeva, uz mehaničke i hidrološke procese, povećava se i podložnost klizištima (Bognar, 1996.). Glinoviti su slojevi većinom koherentni, uz svojstvo plastičnosti zbog kojeg mijenjaju svoju konzistenciju ovisno o količini vlage na određenom području (Nakić, 2010.). Za razliku od koherentnih glinovitih slojeva, pjeskovite i šljunčane slojeve odlikuje povećana granulacija, nekoherentnost te izostanak plastičnosti (Nakić, 2010.).

S obzirom na to, povećanjem količine vlage u glinovitim slojevima, povećava se i podložnost klizištima zbog poremećaja stabilnosti u vidu pomicanja slojeva krupnije granulacije te njihovog klizanja (Nakić, 2010.). Shodno tome, na temelju prethodnih istraživanja (Tablica 3.), klasama kriterija geološke građe pridružene su ocjene podložnosti pri čemu je najmanja ocjena pridodana klasi aluvijalnih nanosa, dok su najveće ocjene dodijeljene pjeskovitim slojevima.

### 5.1.5. Gustoća lineamenata

Tablica 8. Zastupljenost klasa gustoće lineamenata s pripadajućim ocjenama podložnosti

Gustoća lineamenata (km/km <sup>2</sup> )	0-1,05	1,06 – 2,44	2,45 – 3,58	3,59 – 4,69	4,7 – 7,67
Površina (km <sup>2</sup> )	22,939	28,445	43,779	40,809	24,981
Udio (%)	14,252	17,673	27,213	25,355	15,521
<b>Ocjena podložnosti</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Kriterij gustoće lineamenata usko je povezan s utjecajem rasjednih zona na podložnost klizištima, a prema istraživanjima iz Tablice 3., povećanjem gustoće lineamenata na određenom području, povećava se i podložnost klizištima. Shodno tome, na temelju prethodnih istraživanja (Tablica 3.), klasama kriterija gustoće lineamenata pridružene su ocjene podložnosti pri čemu je najmanja gustoća lineamenata vrjednovana ocjenom 1, dok je najveća gustoća lineamenata vrjednovana ocjenom 5.

### 5.1.6. Pedološki pokrov

Tablica 9. Zastupljenost klasa pedološkog pokrova s pripadajućim ocjenama podložnosti

Pedološki pokrov	1	2	3	4
Površina (km <sup>2</sup> )	0,917	1,541	3,743	0,344
Udio (%)	0,570	0,956	2,326	0,214
<b>Ocjena podložnosti</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
13,397	27,143	11,433	0,021	86,510
8,323	16,864	7,103	0,012	53,748
<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
3,047	4,236	0,461	4,288	3,876
1,893	2,632	0,286	2,664	2,408
<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Varijabilnost pedološkog pokrova na području istraživanja ima značajan utjecaj na promjene u stabilnosti padina, tj. na podložnost klizištima. Uz utjecaj Sunca i vjetera na različite vrste tla, čvrstoća i tekstura tla također imaju veliku važnost u analizi klizišta (Sonker i dr.



2021.). Budući da se, prema istraživanjima iz Tablice 3., povećanjem udjela pjeskovitog materijala u tlu povećava i podložnost klizištima, dok se povećanjem udjela kamenitog, tj. stjenovitog materijala u tlu ona smanjuje, kriterijima su, shodno tome, dodijeljeni težinski koeficijenti. Najveći su koeficijenti podložnosti klizištima dodijeljeni klasama pjeskovitih ilovača, najrasprostranjenijih tla na području Međimurskih gorica koja, zbog malog udjela organske tvari i nemogućnosti stvaranja stabilnih agregata, najčešće izazivaju nestabilnost padina (Sonker i dr. 2021.).

#### 5.1.7. Udaljenost od vodenih tokova

Tablica 10. Zastupljenost klasa udaljenosti od vodenih tokova s pripadajućim ocjenama podložnosti

<b>Udaljenost od vodenih tokova (m)</b>	<b>0 – 50</b>	<b>50-100</b>	<b>100-150</b>	<b>150-200</b>	<b>&gt;200</b>
Površina (km <sup>2</sup> )	79,246	49,934	25,259	5,955	0,561
Udio (%)	49,235	31,023	15,693	3,712	0,349
<b>Ocjena podložnosti</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

Kriterij udaljenosti od toka klasificiran je u pet klasa, s obzirom na metode klasifikacije provedene u istraživanjima iz Tablice 3. Prema prethodnim istraživanjima (Tablica 3.), podložnost klizištima se smanjuje povećanjem udaljenosti od vodenih tokova, pa su, shodno tome, klasama dodijeljene ocjene podložnosti.

#### 5.1.8. Topografski indeks vlažnosti (TWI)

Tablica 11. Zastupljenost klasa topografskog indeksa vlažnosti (TWI) s pripadajućim ocjenama podložnosti

<b>TWI</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Površina (km <sup>2</sup> )	59,938	69,124	26,595	5,298
Udio (%)	37,241	42,947	16,523	3,292
<b>Ocjena podložnosti</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Veće vrijednosti topografskog indeksa vlažnosti (TWI) uvjetuju smanjenje čvrstoće tla što, posljedično, utječe na smanjenje stabilnosti i pojavu klizišta (Chen i dr. 2018; Maqsoom i dr. 2021.). S obzirom na zastupljenost pojedinih klasa na području istraživanja (Tablica 11.),

na temelju proučene literature (Tablica 3.) i analize inventara klizišta, klasama su pridružene ocjene podložnosti.

#### 5.1.9. Udaljenost od prometnica

Tablica 12. Zastupljenost klasa udaljenosti od prometnica pripadajućim ocjenama podložnosti

<b>Udaljenost od prometnica (m)</b>	<b>0 - 25</b>	<b>25-50</b>	<b>50-75</b>	<b>75-100</b>	<b>&gt;100</b>
Površina (km <sup>2</sup> )	32,083	27,025	19,303	18,968	63,575
Udio (%)	19,933	16,791	11,993	11,785	39,499
<b>Ocjena podložnosti</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

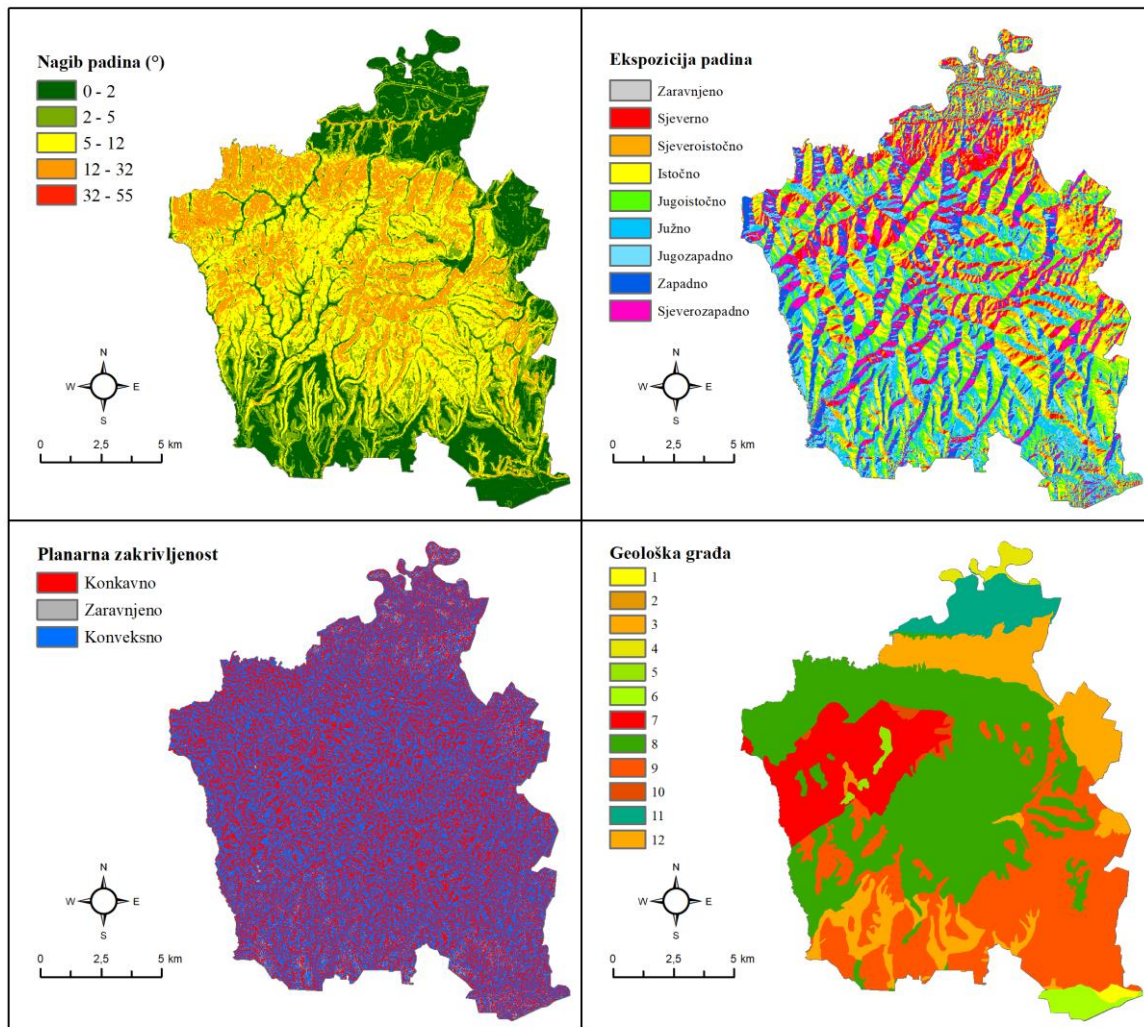
Kriterij udaljenosti od prometnica klasificiran je u pet klasa, s obzirom na metode klasifikacije provedene u istraživanjima iz Tablice 3. Budući da se, prema prethodnim istraživanjima (Tablica 3.), podložnost klizištima smanjuje povećanjem udaljenosti od prometnica, klasama su, shodno navedenom, dodijeljene ocjene podložnosti.

#### 5.1.10. Način korištenja zemljišta

Tablica 13. Zastupljenost klasa načina korištenja zemljišta s pripadajućim ocjenama podložnosti

<b>Način korištenja zemljišta</b>	<b>Vodene površine</b>	<b>Travnjaci i livade</b>	<b>Šume</b>	<b>Poljoprivredno</b>	<b>Izgrađeno</b>
Površina (km <sup>2</sup> )	2,894	15,812	57,608	72,603	11,998
Udio (%)	1,798	9,870	35,801	45,119	7,456
<b>Ocjena podložnosti</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>4</b>

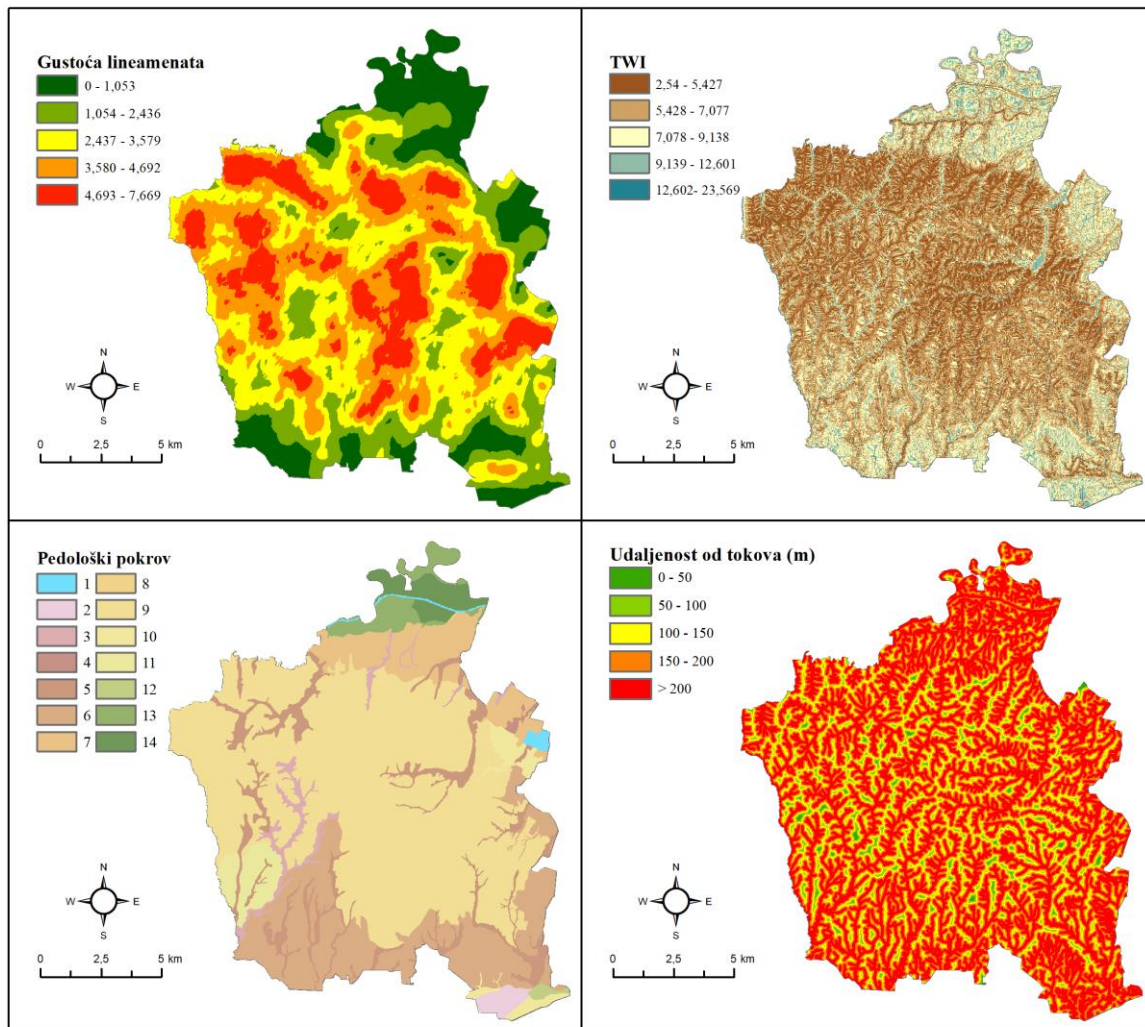
Kriterij korištenja zemljišta očituje se u antropogenim aktivnostima prenamjene postojećih zemljišta, ali, u ovom diplomskom radu, podrazumijeva i postojeća zemljišta sa specifičnim zemljišnim pokrovom. Ocjene podložnosti za kriterij korištenja zemljišta dodijeljene su s obzirom na istraživanja iz Tablice 3., pri čemu je najmanji ocjena dodijeljena vodenim površinama zbog irelevantnosti u istraživanju fenomena klizišta, dok je najveći težinski koeficijent dodijeljen poljoprivrednim površinama, s obzirom na udio iskrcenih šuma s ciljem stvaranja poljoprivrednih zemljišta i utjecaja degradacijskih aktivnosti na pokretanje i ponovno aktiviranje klizišta.



### Geološka građa

- 1 - Aluvij
- 2 - Breče, konglomerati, litotamnijski vapnenci, pijesci i lapori – torton (baden)
- 3 - Eolski pijesci
- 4 - Facijes mrtvaja – gline, organske gline
- 5 - Laminirani lapori, pijesci, glinoviti vapnenci – sarmat
- 6 - Murski i dravski šljunci i pijesci
- 7 - Pijesci, pjeskoviti lapori – gornji panon
- 8 - Pijesci, šljunci, ulošci glina – gornji pont
- 9 - Pjeskovite praporolike gline, prapor
- 10 - Pjeskoviti lapori, gline – donji pont
- 11 - Povodanjski facijes i facijes korita – šljunci i pijesci
- 12 - Žutosmeđe pjeskovite gline („mramorirani siltovi“)

Slika 14. Odabrani kriteriji GIS-MCDA podložnosti klizištima (A)

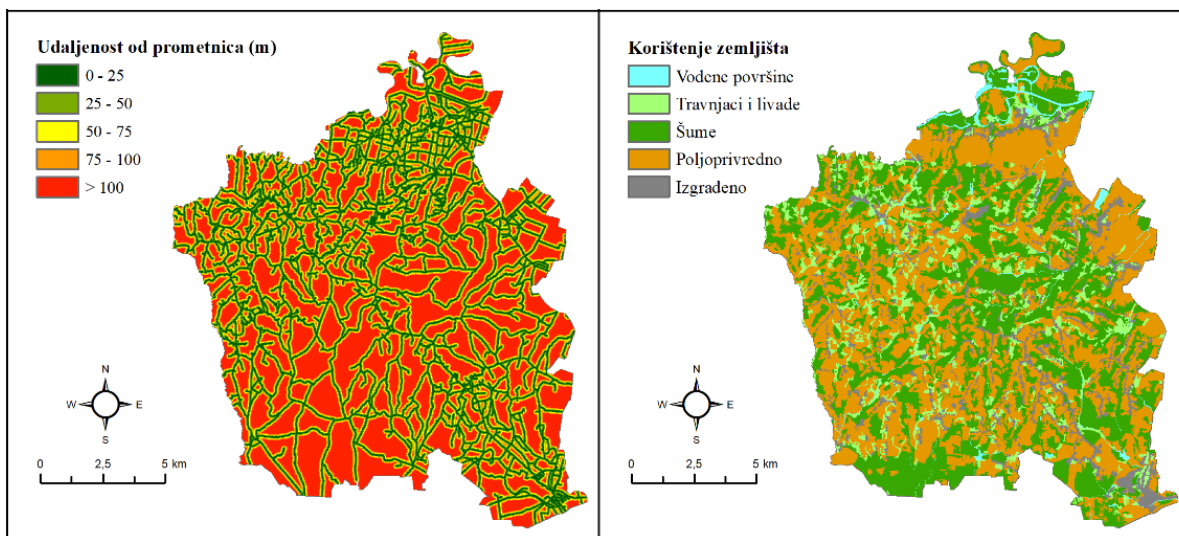


### Pedološki pokrov

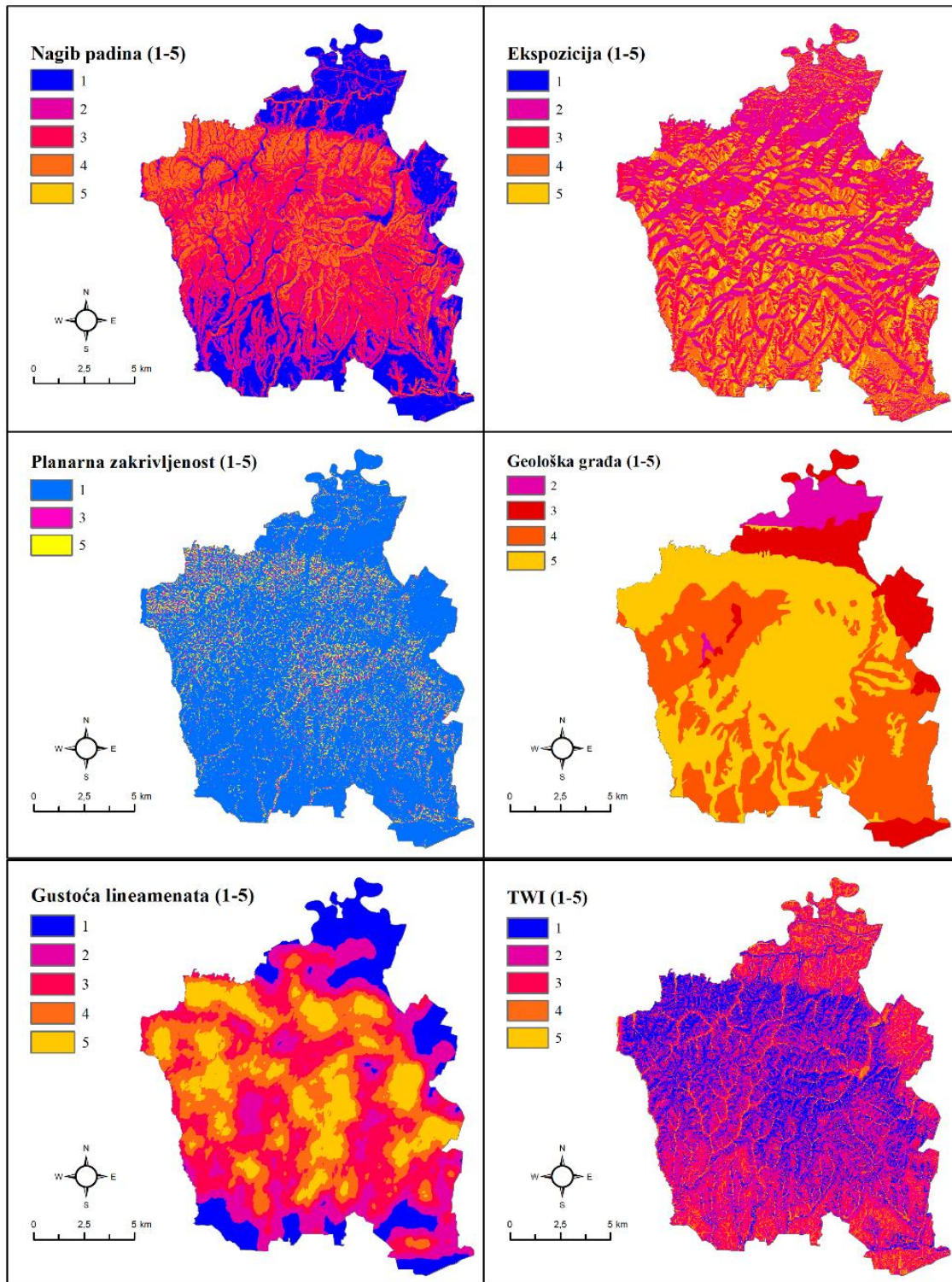
- 1 Akumulacije i rijeke
- 2 Amfiglej mineralno, Hipoglej mineralno, Semiglej aluvijalno i pseudoglejno
- 3 Koluvijalno oglejno i neoglejno, Hipoglej mineralno, Amfiglej mineralno
- 4 Koluvijalno oglejno i neoglejno, Hipoglej mineralno, Hidromeliorirano kanalima
- 5 Koluvijalno oglejno i neoglejno, Močvarno glejno
- 6 Lesivirano tipično i pseudoglejno, Pseudoglej obronačni i zaravni
- 7 Lesivirano tipično i pseudoglejno, Semiglej posmeđeno i pseudoglejno, Hipoglej mineralno
- 8 Lesivirano tipično i pseudoglejno, Semiglej pseudoglejno, Hipoglej mineralno (povremeno plavljeno)
- 9 Lesivirano tipično i pseudoglejno, Sirozem, Rigolano, Koluvijalno oglejno i neoglejno
- 10 Lesivirano tipično, Praškasto ilovasto
- 11 Pseudoglej obronačni i zaravni, Lesivirano pseudoglejno, Lesivirano tipično
- 12 Ranker eutrični i regolitični, Distrično smeđe, Lesivirano tipično
- 13 Semiglej aluvijalno, Hipoglej mineralno, Aluvijalno oglejno, Aluvijalno neoglejno
- 14 Semiglej aluvijalno, Hipoglej mineralno, Aluvijalno oglejno, Aluvijalno neoglejno (povremeno plavljeno)

Slika 15. Odabrani kriteriji GIS-MCDA podložnosti klizištima (B)

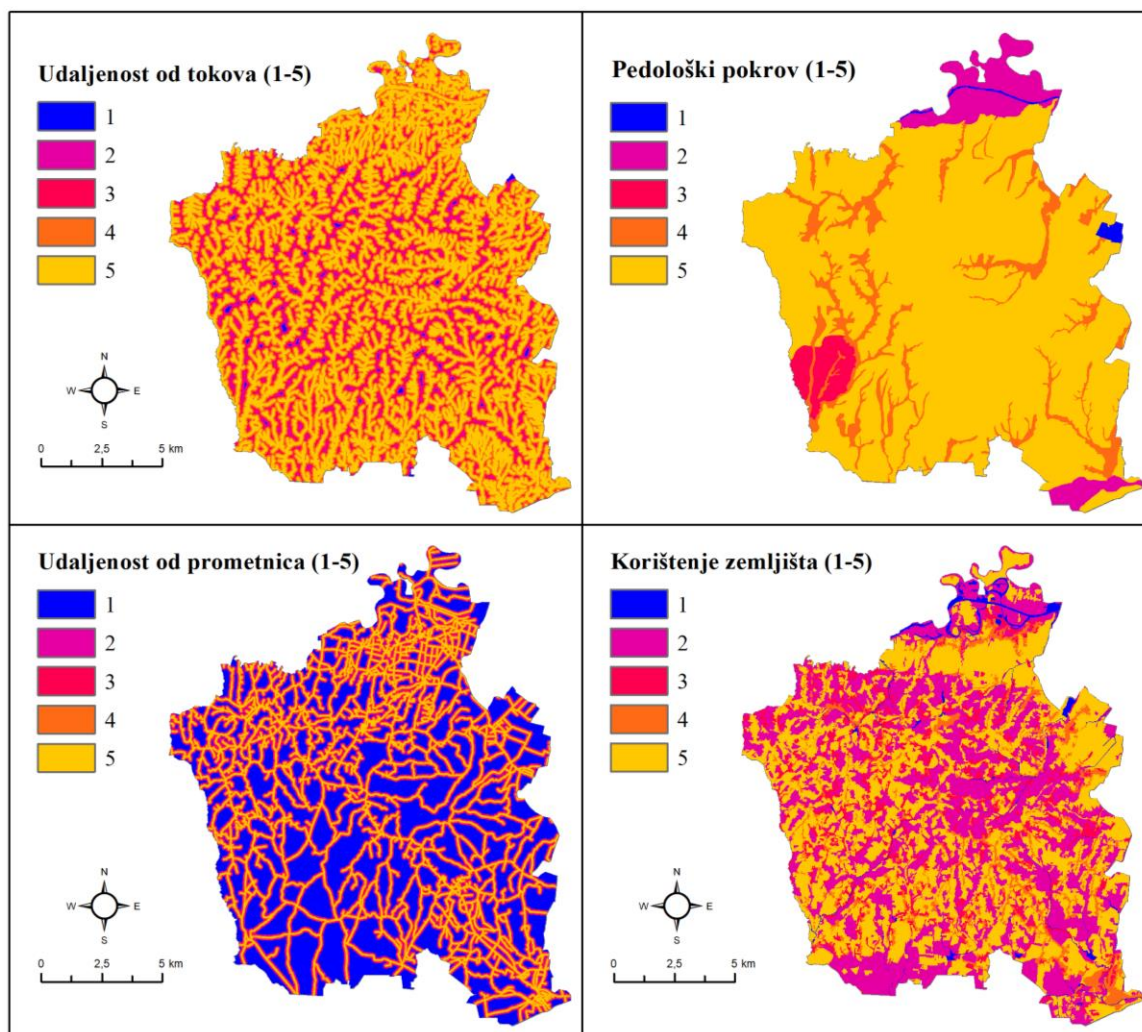




Slika 16. Odabrani kriteriji GIS-MCDA podložnosti klizištima (C)



Slika 17. Ocjene pogodnosti pojedinih klasa odabranih kriterija GIS-MCDA (A)



Slika 18. Ocjene pogodnosti pojedinih klasa odabranih kriterija GIS-MCDA (B)

## 5.2. Rezultati dodjeljivanja težinskih koeficijenata kriterijima

Tablica 14. Matrica usporedbe vrijednosti odabranih kriterija (Scenarij 1)

KRITERIJI	Nagib	Ekspozicija	PZ	UOVT	GG	PP	GL	TWI	UOP	NKZ	T.K.
<b>Nagib</b>	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	9,00	0,29
<b>Ekspozicija</b>	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	0,22
<b>PZ</b>	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	0,16
<b>UOT</b>	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	0,11
<b>GG</b>	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	0,08
<b>PP</b>	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	0,05
<b>GL</b>	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	0,04
<b>TWI</b>	0,12	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	0,03
<b>UOP</b>	0,11	0,12	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	0,02
<b>KZ</b>	0,11	0,11	0,12	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1	0,02
<b>Lmax = 10,547</b>			<b>CI = 0,06</b>			<b>CR = 0,04</b>					<b>Σ = 1</b>

\*UOP – Udaljenost od prometnica, UOVT – Udaljenost od vodenih tokova, TWI – Topographic Wetness Indeks, KZ – Način korištenja zemljišta, PZ – Planarna zakrivljenost, GG – Geološka građa, PP – Pedološki pokrov, GL – Gustoća lineamenata

Tablica 15. Matrica usporedbe vrijednosti odabranih kriterija (Scenarij 2)

KRITERIJI	Nagib	NKZ	UOP	PP	GG	GL	Ekspozicija	UOVT	TWI	PZ	T.K.
Nagib	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	9,00	0,29
KZ	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	0,22
UOP	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	0,16
PP	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	0,11
GG	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	0,08
GL	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	0,05
Ekspozicija	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	0,04
UOT	0,12	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	3,00	0,03
TWI	0,11	0,12	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00	2,00	0,02
PZ	0,11	0,11	0,12	0,14	0,17	0,20	0,25	0,33	0,50	1	0,02
<b>L<sub>max</sub> = 10,547</b>			<b>CI = 0,06</b>			<b>CR = 0,04</b>					<b>Σ = 1</b>

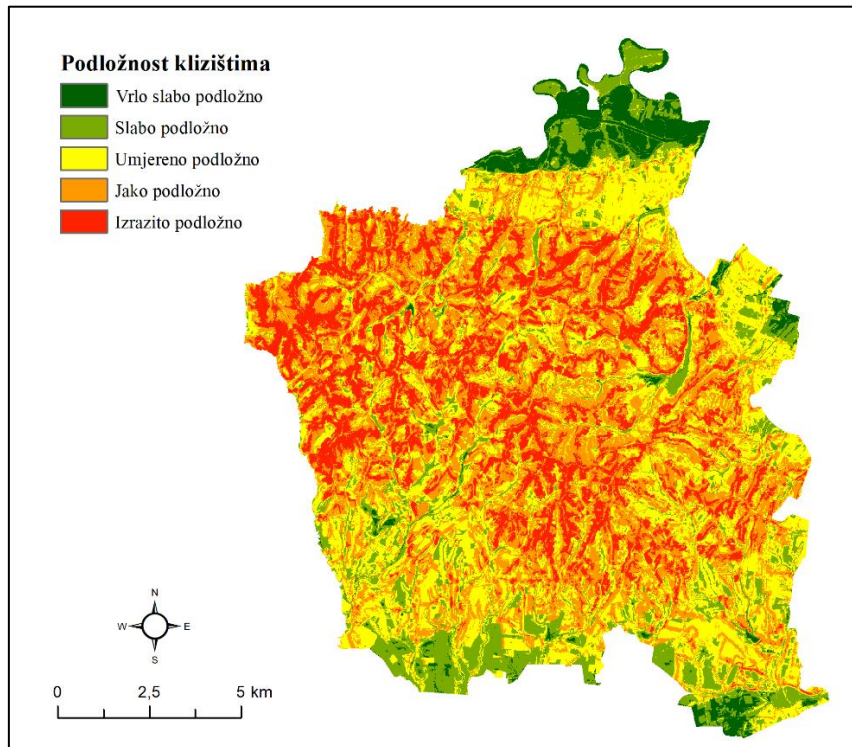
\*UOP – Udaljenost od prometnica, UOT – Udaljenost od vodenih tokova, TWI – Topographic Wetness Indeks, KZ – Način korištenja zemljišta, PZ – Planarna zakrivljenost, GG – Geološka građa, PP – Pedološki pokrov, GL – Gustoća lineamena

Indeksi konzistentnosti iznose: **0,04** (Tablica 14. i Tablica 15.) što potvrđuje konzistentnost standardiziranih i vrjednovanih kriterija u svakoj matrici usporedbe vrijednosti odabranih kriterija. Matrica usporedbe vrijednosti odabranih kriterija za *Scenarij 1* (Tablica 14.) izrađena je na temelju matrica usporedbe vrijednosti kriterija korištenih u istraživanjima iz Tablice 3. Interpretacijom rezultata istraživanja iz Tablice 3. odabran je raspored kriterija unutar matrice pri čemu je najveći težinski koeficijent dodijeljen kriterijima iz geomorfometrijskog klastera, tj. nagibu, ekspoziciji i planarnoj zakrivljenosti padina, dok je najmanji težinski koeficijent dodijeljen kriterijima iz antropogenog klastera, tj. udaljenosti od prometnica i korištenju zemljišta. S obzirom na to da su područja istraživanja u istraživanjima iz Tablice 3. većinom površinski veća od površine Međimurskih gorica, izrađena je i matrica usporedbe vrijednosti odabranih kriterija za *Scenarij 2* (Tablica 15.) u kojoj su težinski koeficijenti kriterijima dodijeljeni s obzirom na rezultate ispitivanja javnog mnijenja, tj. s obzirom na rangiranje kriterija prema utjecaju na pojavu klizišta od strane ispitanika. Najveći težinski koeficijenti, uz iznimku kriterija nagiba padina, dodijeljeni su kriterijima iz antropogenog klastera, tj. korištenju zemljišta i udaljenosti od prometnica, dok su najmanji težinski koeficijenti dodijeljeni kriterijima iz geomorfometrijskog i hidrološkog klastera, tj. kriterijima planarne zakrivljenosti i ekspozicije padina te udaljenosti od vodenih tokova i topografskog indeksa vlažnosti. Nakon izrade matrica usporedbe vrijednosti odabranih kriterija za Scenarije 1 i 2, izvršen je proces agregacije, tj. okupljanja GIS-MCDA modela podložnosti klizištima.

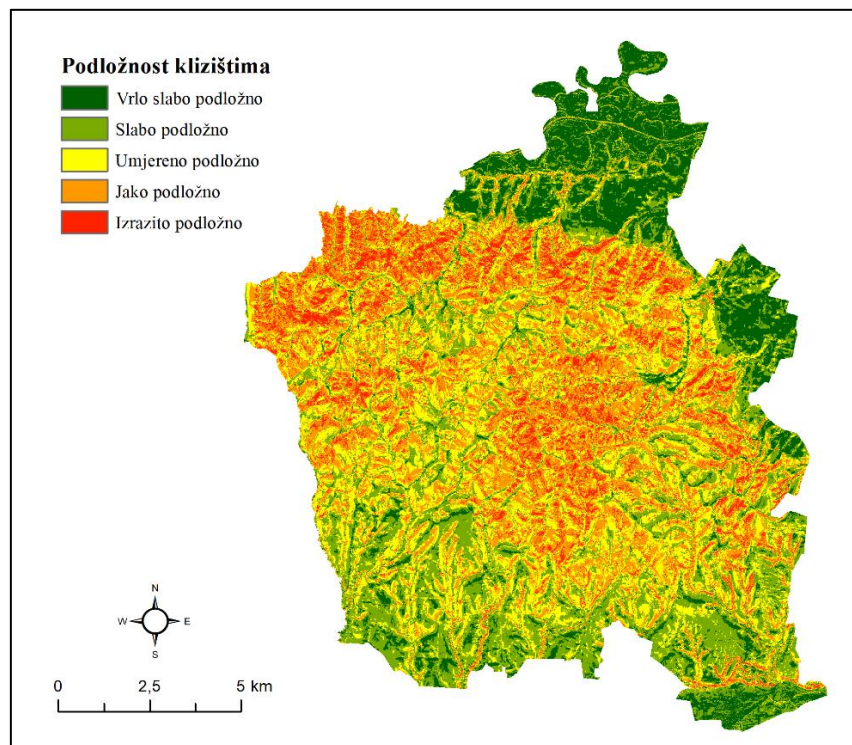


### 5.3. Rezultati okupljanja (agregacije) kriterija

Na temelju prethodno izvedenih matrica usporedbe kriterija (Tablica 14; Tablica 15.) izvedena su dva višekriterijska GIS modela podložnosti klizištima.



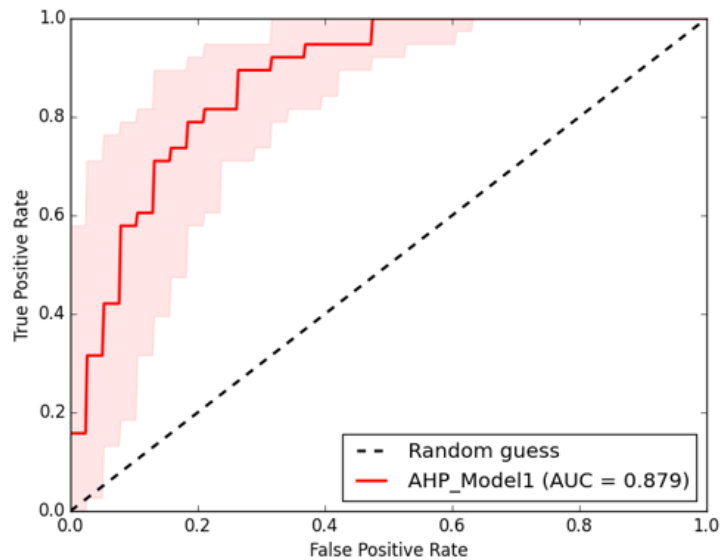
Slika 19. Višekriterijski GIS model podložnosti klizištima (Scenarij 1)



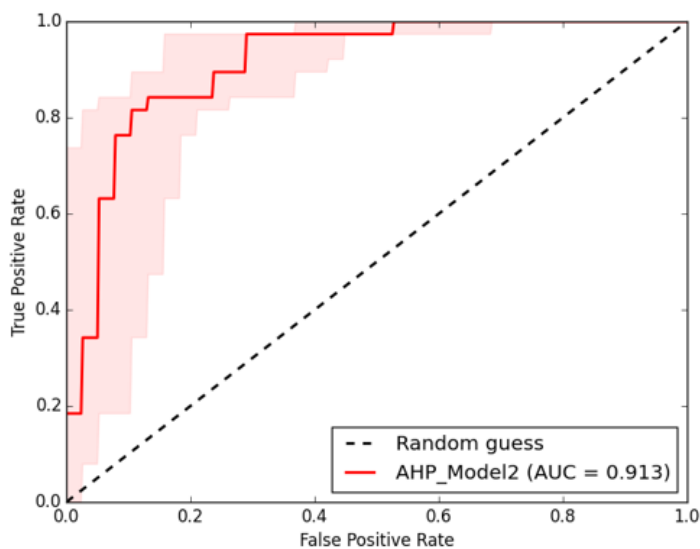
Slika 20. Višekriterijski GIS model podložnosti klizištima (Scenarij 2)

#### 5.4. Rezultati provjere (validacije) modela

Model je provjeren korištenjem alata ROC (Receiver Operator Characteristic) iz seta alata *Arc-SDM Toolbox*, a kao rezultat dobivene su dvije ROC krivulje za dva predikcijska modela generirane na temelju 38 referentnih klizišta za oba scenarija (Slika 21. i Slika 22.).



Slika 21. ROC krivulja GIS-MCDA modela podložnosti klizištima na temelju 38 referentnih klizišta za Scenarij 1



Slika 22. ROC krivulja GIS-MCDA modela podložnosti klizištima na temelju 38 referentnih klizišta za Scenarij 2

Točnost predikcijskog modela ocjenjuje se vrijednostima AUROC (AUC) prema sljedećem rasponu (Yesilnacar i Topal, 2005.):

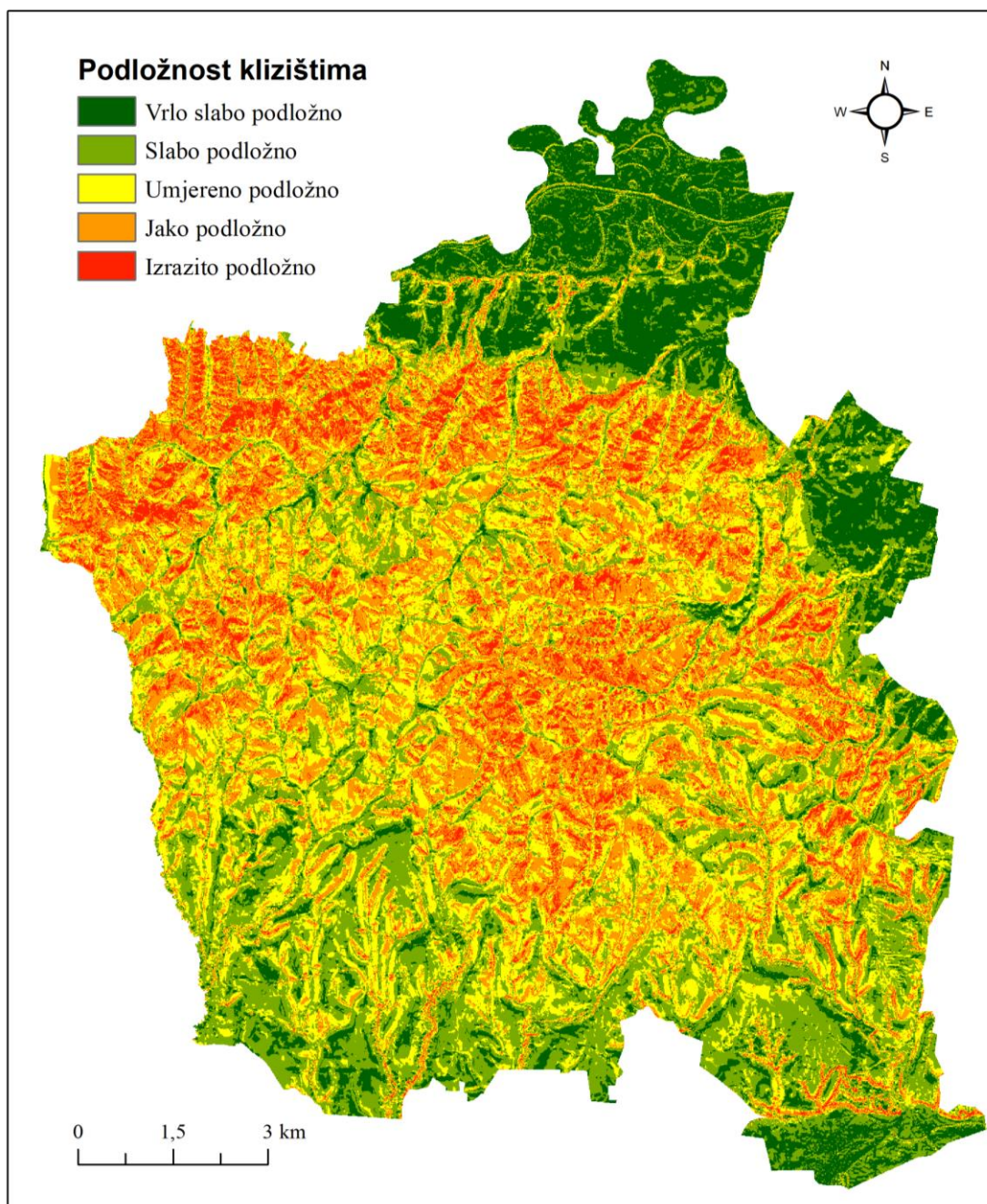
- a)  $AUC = 0,9 - 1$  – vrlo visoka točnost predikcijskog modela
- b)  $AUC = 0,8 - 0,9$  – visoka točnost predikcijskog modela
- c)  $AUC = 0,7 - 0,8$  – umjerena točnost predikcijskog modela
- d)  $AUC = 0,6 - 0,7$  – niska točnost predikcijskog modela
- e)  $AUC = \leq 0,5$  – vrlo niska točnost predikcijskog modela.

Vrijednost površine ispod krivulje (AUC) za Scenarij 1 iznosi 0,879, dok vrijednost površine ispod krivulje za Scenarij 2 iznosi 0,913. Prema stupnju točnosti predikcijskih modela, rezultati validacije modela korištenjem ROC krivulje pokazuju da GIS-MCDA model (*Scenarij 1*) pripada u skupinu predikcijskih modela visoke točnosti, dok GIS-MCDA model (*Scenarij 2*) pripada u skupinu predikcijskih modela vrlo visoke točnosti.

### **5.5. Odabrani višekriterijski GIS model podložnosti klizištima**

S obzirom na vrijednosti dobivene validacijom modela korištenjem ROC krivulje za dva scenarija: 1)  $AUC = 0,879$ , 2)  $AUC = 0,913$ , kao završni GIS-MCDA model, zbog veće je točnosti, odabran model predstavljen drugim scenarijem (Slika 22.).

Shodno rezultatima validacije modela korištenjem ROC krivulje, vrijednost ispod krivulje (AUC) iznosi 0,913, što model svrstava u skupinu predikcijskih modela vrlo visoke točnosti (Slika 20.) čime je **potvrđena i prva hipoteza (H1): „Točnost generiranog GIS-MCDA modela podložnosti klizištima bit će veća od 90%.“**.



Slika 23. Odabrani GIS-MCDA model podložnosti klizištima

Izračunom udjela klasa podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica, dobiven je uvid u rasprostranjenost određenih klasa s obzirom na površinu (Tablica 16.). Klasa „vrlo slabo podložno“ zauzima 23,65 km<sup>2</sup> (14,69%), klasa „slabo podložno“ 41,46 km<sup>2</sup> (25,76%), klasa „umjereno podložno“ 45,66 km<sup>2</sup> (28,366%), klasa jako podložno 34,74 km<sup>2</sup> (21,58%), dok klasa „izrazito podložno“ zauzima 15,44 km<sup>2</sup> (9,59%) od ukupnih 160,95 km<sup>2</sup> površine Međimurskih gorica.



Tablica 16. Udio klasa podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica

Razina podložnosti	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio (%)
<b>Vrlo slabo podložno</b>	23,65	14,69
<b>Slabo podložno</b>	41,46	25,76
<b>Umjereno podložno</b>	45,66	28,37
<b>Jako podložno</b>	34,74	21,58
<b>Izrazito podložno</b>	15,44	9,59

Rezultati izračuna na temelju generiranog GIS-MCDA modela podložnosti klizištima pokazuju da je oko 30% područja Međimurskih gorica „izrazito podložno“ ili „jako podložno“ klizištima, a navedeno područje većinski čine zapadni dio područja istraživanja, tj. područje općine Štrigova (naselja Banfi, Robadje, Sveti Urban i Štrigova) te središnji dio područja istraživanja, tj. područja općina Štrigova (naselje Prekopa), Selnica (naselja Bukovec i Praporčan), Sveti Juraj na Bregu (naselje Dragoslavec), Gornji Mihaljevec (naselja Vukanovec i Vugrišinec) i Sveti Martin na Muri (Grkavešćak i Jurovčak).

Područja umjerene podložnosti klizištima prijelazne su zone prema pograničnim dijelovima područja Međimurskih gorica prema Srednjem i Donjem Međimurju te prema pretežno ravničarskim ruralnim područjima uz rijeku Muru prema sjevernoj granici područja istraživanja s Republikom Slovenijom koja čine područja slabe i vrlo slabe podložnosti klizištima.

## 5.6. Deskriptivna statistika ispitivanja javnog mnijenja

### 5.6.1. Percepcija stanovništva o stanju u prostoru

Za varijable koje su mjerene putem ljestvica Likertova tipa od 5 stupnjeva prikazani su odgovori za svaki stupanj procjene, izraženi u frekvencijama (f) i postotcima (%). Kao mjera srednje vrijednosti naveden je medijan (C), a kao mjera varijabiliteta interkvartilni raspon (Q<sub>3</sub>-i).

Mišljenje ispitanika o tome ugrožavaju li klizišta njihov životni prostor i utječe li pojava klizišta negativno na kvalitetu njihovog života, ispitano je na ljestvici od 5 stupnjeva (*1 – uopće se ne slažem, 2 – ne slažem se, 3 – niti se slažem, niti se ne slažem, 4 – slažem se, 5 – u potpunosti se slažem*).

Tablica 17. Mišljenje ispitanika o utjecaju klizišta na njihov životni prostor i kvalitetu života

		1	2	3	4	5	C	Q <sub>3-1</sub>
<b>Smatrate li da klizišta ugrožavaju Vaš životni prostor?</b>	f	3	9	20	47	31	4,00	2,00
	%	2,7	8,2	18,2	42,7	28,2		
<b>Smatrate li da pojava klizišta negativno utječe na kvalitetu Vašeg života?</b>	f	1	5	17	48	39	4,00	1,00
	%	0,9	4,5	15,5	43,6	35,5		

Na temelju rezultata prikazanih u tablici (medijan za oba pitanja iznosi 4), vidljivo je da ispitanici u relativno visokoj mjeri smatraju da klizišta ugrožavaju njihov životni prostor (70,9 % je odgovorilo procjenama 4 i 5), kao i da u relativno visokoj mjeri smatraju da klizišta negativno utječu na kvalitetu njihovog života (79,1 % je odgovorilo procjenama 4 i 5). Relativno visoki rezultati mišljenja ispitanika o negativnom utjecaju klizišta na životni prostor i na kvalitetu života mogu se objasniti odabirom područja provođenja anketnog upitnika. S obzirom na to da je anketni upitnik proveden isključivo u naseljima u kojima postoji već sanirano ili trenutno aktivno klizište, ranjivost ispitanika u vidu ugroženosti životnog prostora i kvalitete života na području istraživanja već postoji, a očituje se subjektivno u odgovorima ispitanika.

Ispitanici su procjenjivali utjecaj pojedinih kriterija na njihov životni prostor u vidu ugroženosti klizištima na ljestvici od 5 stupnjeva (1 – bez ugroze, 2 – slaba ugroza, 3 – umjerena ugroza, 4 – jaka ugroza, 5 – izrazito jaka ugroza).

Tablica 18. Mišljenje ispitanika o utjecaju pojedinih kriterija na njihov životni prostor

		1	2	3	4	5	C	Q <sub>3-1</sub>
<b>Nagib padine</b>	f	5	5	19	32	49	4,00	2,00
	%	4,5	4,5	17,3	29,1	44,5		
<b>Zemljišni pokrov (šuma, travnjak, poljoprivredno zemljište i dr.)</b>	f	7	10	18	52	23	4,00	1,00
	%	6,4	9,1	16,4	47,3	20,9		
<b>Vrsta tla</b>	f	2	12	25	52	19	4,00	1,00
	%	1,8	10,9	22,7	47,3	17,3		
<b>Udaljenost (blizina) prometnica</b>	f	8	10	22	44	26	4,00	1,00
	%	7,3	9,1	20,0	40,0	23,6		
<b>Geološka grada</b>	f	3	14	44	38	11	3,00	1,00
	%	2,7	12,7	40,0	34,5	10,0		
<b>Udaljenost (blizina) vodenih tokova</b>	f	12	28	32	27	11	3,00	2,00
	%	10,9	25,5	29,1	24,5	10,0		
<b>Orijentacija padine (osunčanost)</b>	f	12	26	42	24	6	3,00	2,00
	%	10,9	23,6	38,2	21,8	5,5		

Procjena utjecaja na životni prostor u vidu ugroženosti klizištima relativno je visoka za kriterije: *Nagib padine*, *Zemljišni pokrov (šuma, travnjak, poljoprivredno zemljište i dr.)*, *Vrsta tla* i *Udaljenost (blizina) prometnica*. Za ove kriterije medijan iznosi 4, a uvid u frekvencije odgovora pokazuje da je *Nagib padine* najveći udio ispitanika (73,6 %) procijenio kao jaku ili izrazito jaku ugrozu (stupnjevi procjene 4 i 5). Kao umjerenu ugrozu (C=3) procijenili su kriterije: *Geološka građa*, *Udaljenost (blizina) vodenih tokova* i *Orijentacija padine (osunčanost)*.

Prema Soldo (2013), većina klizišta na području Međimurskih gorica događa se pod utjecajem nepovoljnog pedološkog pokrova i udaljenosti, tj. blizine prometnica. Navedeno objašnjava relativno visoku procjenu utjecaja navedenih kriterija na njihov životni prostor kod većine ispitanika. Najveću ugrozu, prema ispitanicima, predstavlja nagib padina, što dokazuje svjesnost stanovništva o brežuljkastom životnom prostoru koji je, s geomorfološkog aspekta, glavni čimbenik klizišnih aktivnosti.

Tablica 19. Mišljenje ispitanika o razini ugroze različitih dijelova njihovog životnog prostora

	f	%
<b>Građevinski objekti</b>	55	50,0
<b>Poljoprivredne površine</b>	31	28,2
<b>Prometna infrastruktura</b>	13	11,8
<b>Prirodni okoliš</b>	9	8,2
<b>Ostala infrastruktura (telekomunikacije, energetika, komunalije i dr.)</b>	2	1,8
<b>Ukupno</b>	110	100,0

Najveći udio ispitanika (50,0 %) smatra da su, od njihovog životnog prostora, klizištima najviše izloženi građevinski objekti. Najmanji udio (1,8 %) smatra da je najviše ugrožena ostala infrastruktura (telekomunikacije, energetika, komunalije i dr.). Pojam građevinskih objekata podrazumijeva obiteljske kuće, vikendice, garaže, proizvodne pogone, industrijska postrojenja i dr., što objašnjava mišljenje ispitanika o najvećoj ugrozi spomenutih objekata. Naime, riječ je o objektima primarnog značenja za život stanovnika koji bi, pojavom klizišta, pretrpjeli značajnu materijalnu štetu koja bi ostavila trajne posljedice na lokalno stanovništvo u vidu socijalne, psihološke i materijalne ugroženosti. Uz građevinske objekte, ispitanici navode i značajnu izloženost poljoprivrednih površina koje se nerijetko nalaze uz same građevinske objekte, a utjecaj klizišta na spomenute poljoprivredne površine također bi uzrokovao značajne materijalne gubitke, posebno zbog ruralnog karaktera područja Međimurskih gorica u kojem je važnost poljoprivrede kao gospodarske djelatnosti izrazito velika.

S pojavom klizišta, u okolici njihovog životnog prostora, susrelo se 89,1 % ispitanika, a sa štetom uzrokovanom pojavom klizišta 79,1 % ispitanika.

Tablica 20. Učestalost pojave klizišta i štete uzrokovane klizištima u okolici životnog prostora ispitanika

		Da	Ne
<b>Jeste li se, u okolici Vašeg životnog prostora, susreli s pojavom klizišta?</b>	f	98	12
	%	89,1	10,9
<b>Jeste li se, u okolici Vašeg životnog prostora, susreli sa štetom uzrokovanom pojavom klizišta?</b>	f	87	23
	%	79,1	20,9

U svim je naseljima na području provođenja anketnog upitnika zabilježena pojava klizišta s popratnom štetom, no s obzirom na to da je informiranost mještana diljem cijelog područja istraživanja različita i s obzirom na to da su ispitanici iz različitih dobnih skupina, pojedini se ispitanici dosad nisu susreli s pojavom klizišta ili klizištima uzrokovanom štetom.

Podložnost vlastitog građevinskog zemljišta klizištima procjenjivana je na ljestvici od 5 stupnjeva (*1 – vrlo slabo podložno, 2 – slabo podložno, 3 – umjereno podložno, 4 – jako podložno, 5 – izrazito podložno*). Dobivena srednja vrijednost ( $C=3$ ) ukazuje na umjerenu procjenu podložnosti vlastitog građevinskog zemljišta klizištima.

Tablica 21. Ocjene podložnosti klizištima za građevinska zemljišta ispitanika

		1	2	3	4	5	C	Q <sub>3-1</sub>
<b>Prema Vašem mišljenju, na ljestvici 1-5, ocijenite podložnost Vašeg građevinskog zemljišta klizištima.</b>	f	11	24	48	17	10	3,00	1,25
	%	10,0	21,8	43,6	15,5	9,1		

Umjerenu procjenu podložnosti vlastitog građevinskog zemljišta klizištima kod većine ispitanika objašnjava sigurnost ispitanika u vlastite građevinske aktivnosti i u aktivnosti sprječavanja pojave klizišta, no rezultati pokazuju da kod većine ispitanika ipak postoji određen stupanj nesigurnosti što dokazuje nepredvidiv karakter klizišnih aktivnosti.

Većina ispitanika (61,8 %) je vlastiti stupanj informiranosti o ponašanju u slučaju nastanka klizišta na području njihovog naselja procijenila niskim. Srednje informiranima se procijenilo 31,8 % ispitanika, a samo 6,4 % smatra da su visoko informirani.

Tablica 22. Stupanj informiranosti ispitanika o ponašanju u slučaju nastanka klizišta

		Nizak	Srednji	Visok
<b>Prema Vašoj procjeni, koliki je stupanj Vaše informiranosti o ponašanju u slučaju nastanka klizišta na području Vašeg naselja?</b>	f	68	35	7
	%	61,8	31,8	6,4



Nizak stupanj informiranosti ispitanika o ponašanju u slučaju nastanka klizišta može se objasniti nedostatkom informacija od strane jedinica lokalnih samouprava, nezainteresiranošću mlađe populacije stanovništva zbog zaposlenja, ali i činjenicom da generalno starija populacija područja Međimurskih gorica ne koristi moderne tehnologije (mediji, Internet) kao primarni izvor informacija, usprkos većoj popularnosti od analognih medija.

Više od trećine ispitanika (34,5 %) procjenjuje da je naselje Železna gora najviše ugroženo klizištima.

Tablica 23. Mišljenje ispitanika o naselju najviše ugroženom klizištima

	f	%
<b>3 Železna gora</b>	38	34,5
<b>2 Banfi</b>	15	13,6
<b>1 Prekopa</b>	10	9,1
<b>4 Grabrovnik</b>	7	6,4
<b>16 Plešivica</b>	6	5,5
<b>6 Sveti Urban</b>	6	5,5
<b>5 Robadje</b>	4	3,6
<b>11 Dragoslavec Breg</b>	3	2,7
<b>12 Dragoslavec</b>	3	2,7
<b>15 Merhatovec</b>	3	2,7
<b>13 Pleškovec</b>	2	1,8
<b>17 Praporčan</b>	2	1,8
<b>19 Selnica</b>	2	1,8
<b>20 Donji Koncovčak</b>	2	1,8
<b>21 Gornji Koncovčak</b>	2	1,8
<b>14 Vučetinec</b>	1	0,9
<b>22 Knezovec</b>	1	0,9
<b>7 Martinuševec</b>	1	0,9
<b>8 Vugrišinec</b>	1	0,9
<b>9 Vukanovec</b>	1	0,9
<b>Ukupno</b>	110	100,0

Razlog navođenja naselja Železna Gora kao naselja najviše ugroženog klizištima kod većine ispitanika jest medijska popraćenost klizišnih aktivnosti i sanacije postojećih klizišta u naselju Železna Gora čime je naselje postalo „simbolom“ klizišnih aktivnosti na području Međimurskih gorica.

Najveći udio ispitanika (35,5 %) smatra da su unutar njihovog naselja najugroženija klizištima područja uz prometnice, a najmanji udio (4,5 %) smatra da su to područja uz vodene tokove.

Tablica 24. Mišljenje ispitanika o područjima najugroženijim klizištima

	f	%
<b>Područja uz prometnice</b>	39	35,5
<b>Područja uz građevinske objekte</b>	28	25,5
<b>Područja poljoprivrednih zemljišta</b>	25	22,7
<b>Pošumljena područja</b>	13	11,8
<b>Područja uz vodene tokove</b>	5	4,5
<b>Ukupno</b>	110	100,0

Prema Soldo (2013), najviše klizišta na području Međimurskih gorica događa se uz prometnice, građevinske objekte i poljoprivredna zemljišta. Dobiveni rezultati u skladu su s provedenim istraživanjima.

Učestalost događanja klizišta u njihovom naselju ispitanici su procjenjivali na ljestvici od 5 stupnjeva (*1 – vrlo rijetko, 2 – rijetko, 3 – povremeno, 4 – često, 5 – vrlo često*). Srednja ocjena (C=3) ukazuje da smatraju da se klizišta u njihovom naselju događaju povremeno.

Tablica 25. Mišljenje ispitanika o učestalosti pojave klizišta

		1	2	3	4	5	C	Q <sub>3-1</sub>
<b>Koliko se često, prema Vašim saznanjima, događaju klizišta u Vašem naselju?</b>	f	17	20	57	13	3	3,00	4,00
	%	15,5	18,2	51,8	11,8	2,7		

Iako rezultati pokazuju da većina ispitanika smatra da se klizišta u njihovim naseljima događaju povremeno, stvarno se stanje može interpretirati drugačije, s obzirom na to da je informiranost mještana o pojavi klizišta slaba.

Na ljestvici od 5 stupnjeva (*1 – nedovoljan, 2 – dovoljan, 3 – niti dovoljan, niti nedovoljan, 4 – vrlo dobar, 5 – izvrstan*) ispitanici su procjenjivali rad nadležnih službi i stručnjaka u procesu upravljanja klizištima na području njihovih naselja u vidu pojedinih aktivnosti. Dobivene su niske srednje ocjene rada nadležnih službi za sve navedene aktivnosti. Rad nadležnih službi za dio navedenih aktivnosti je ocijenjen kao *dovoljan* (C=2), a za dio aktivnosti kao *nedovoljan* (C=1).

Tablica 26. Ocjene rada nadležnih službi i stručnjaka u procesu upravljanja klizištima

		1	2	3	4	5	C	Q <sub>3-1</sub>
<b>Kontrola i zabrana divljih odlagališta materijala iz iskopa i građevinskog materijala</b>	f	32	29	32	15	2	2,00	2,00
	%	29,1	26,4	29,1	13,6	1,8		
<b>Zabranjena gradnja bez odobrenja specijaliziranih ovlaštenih građevinarina i redovna kontrola ispravnosti i funkcioniranja građevina</b>	f	33	30	30	17	0	2,00	2,00
	%	30,0	27,3	27,3	15,5	0,0		
	f	51	23	20	15	1	2,00	2,00

<b>Provjera nekontroliranih nasipavanja ili zasijecanja terena</b>	%	46,4	20,9	18,2	13,6	0,9		
<b>Održavanje ispravnosti sustava odvodnje</b>	f	47	25	27	11	0	2,00	2,00
	%	42,7	22,7	24,5	10,0	0,0		
<b>Provedba geotehničkog nadzora i istražnih radova prije izvođenja terenskih radnji</b>	f	38	30	30	12	0	2,00	2,00
	%	34,5	27,3	27,3	10,9	0,0		
<b>Izrada projekata zaštite stabilnosti građevnih jama</b>	f	45	29	24	8	4	2,00	2,00
	%	40,9	26,4	21,8	7,3	3,6		
<b>Revizija projektne dokumentacije zakona o gradnji</b>	f	54	22	22	11	1	2,00	2,00
	%	49,1	20,0	20,0	10,0	0,9		
<b>Standardizacija geotehničke dokumentacije (geotehnički katastar)</b>	f	61	17	17	11	4	1,00	2,00
	%	55,5	15,5	15,5	10,0	3,6		
<b>Kontrola nepropusnosti sabirnih jama</b>	f	63	14	21	11	1	1,00	2,00
	%	57,3	12,7	19,1	10,0	0,9		
<b>Sistem donošenja odluka</b>	f	64	18	15	10	3	1,00	2,00
	%	58,2	16,4	13,6	9,1	2,7		
<b>Izrada strategije zaštite od klizišta (elaborat klizišta, monitoring, projektna dokumentacija, karte rizika), usklađivanje sa zahtjevima definiranim PP-om, GUP-om i drugim odlukama</b>	f	66	16	16	11	1	1,00	2,00
	%	60,0	14,5	14,5	10,0	0,9		
<b>Povećanje obujma ljudskih resursa (stručnjaka, strateških dionika) unutar jedinica lokalne samouprave u procesu donošenja odluka</b>	f	62	22	15	8	3	1,00	1,00
	%	56,4	20,0	13,6	7,3	2,7		
<b>Informiranje građana, edukacija stanovništva, podizanje svijesti o problematici klizišta</b>	f	77	14	9	8	2	1,00	1,00
	%	70,0	12,7	8,2	7,3	1,8		

Niske srednje ocjene rada nadležnih službi za sve navedene aktivnosti dokazuju izrazito nezadovoljstvo ispitanika radom nadležnih službi u svim naseljima na području Međimurskih gorica.

Odluke nadležnih tijela o položaju prometnica i aktivnosti nadležnih službi glede održavanja vodenih tokova u njihovom naselju, ispitanici su procjenjivali na ljestvici od 5 stupnjeva (*1 – uopće se ne slažem, 2 – ne slažem se, 3 – niti se slažem, niti se ne slažem, 4 – slažem se, 5 – u potpunosti se slažem*). Dobivene srednje ocjene (C=3) ukazuju na neutralno mišljenje ispitanika o navedenim odlukama i aktivnostima nadležnih tijela.

Tablica 27. Mišljenje ispitanika o odlukama nadležnih tijela o položaju prometnica i održavanju vodenih tokova

		1	2	3	4	5	C	Q <sub>3-1</sub>
<b>Smatrate li da su odluke nadležnih tijela o položaju prometnica u Vašem naselju ispravne?</b>	f	9	14	54	30	3	3,00	1,00
	%	8,2	12,7	49,1	27,3	2,7		
<b>Smatrate li da su aktivnosti nadležnih službi glede održavanja vodenih tokova u Vašem naselju ispravne?</b>	f	7	17	68	17	1	3,00	0,00
	%	6,4	15,5	61,8	15,5	0,9		

Neutralno mišljenje ispitanika o odlukama nadležnih tijela o položaju prometnica i aktivnostima nadležnih službi glede održavanja vodenih tokova može se objasniti neupućenošću lokalnog stanovništva Međimurskih gorica u problematiku klizišta i utjecaja položaja prometnica i vodenih tokova na klizišne aktivnosti.

Nepostojanje javnih rasprava, tj. tribina na temu klizišta još više smanjuje mogućnost eksponiranja javnog mnijenja o aktivnostima nadležnih službi. Navedeno onemogućuje direktan kontakt mještana naselja Međimurskih gorica i službi poput Županijske uprave za ceste Međimurske županije i Međimurskih voda kao glavnih nadležnih tijela.

Većina ispitanika ne smatra da su se prometnice u njihovom naselju trebale protezati u drugom pravcu (75,5 %). Većina ispitanika (77,3 %) je navela da ne znaju na kakvoj se geološkoj podlozi nalazi njihovo građevinsko zemljište. Međutim, većina ispitanika je navela da znaju na kakvoj se vrsti tla nalazi njihovo građevinsko zemljište (71,8 %). U sklopu građevinskog zemljišta većine ispitanika (85,5 %) nalazi se i zemljište pogodno za poljoprivrednu obradu.

Tablica 28. Mišljenje ispitanika o antropogenim, geološkim i pedološkim kriterijima

		Da	Ne
<b>Prema Vašem mišljenju, jesu li se prometnice u Vašem naselju trebale protezati u drugom pravcu?</b>	f	27	83
	%	24,5	75,5
<b>Znate li na kakvoj se geološkoj podlozi nalazi Vaše građevinsko zemljište?</b>	f	25	85
	%	22,7	77,3
<b>Znate li na kakvoj se vrsti tla nalazi Vaše građevinsko zemljište?</b>	f	79	31
	%	71,8	28,2
<b>Nalazi li se u sklopu Vašeg građevinskog zemljišta i zemljište pogodno za poljoprivrednu obradu (oranica, voćnjak, vinograd i dr.)?</b>	f	94	16
	%	85,5	14,5

Budući da je vrsta tla ključan čimbenik uspješne poljoprivrede, većina stanovnika zna na kakvoj se vrsti tla nalazi njihovo građevinsko zemljište jer se, u sklopu većine građevinskih zemljišta na području Međimurskih gorica, nalazi i zemljište pogodno za poljoprivrednu obradu. Najčešće, riječ je o vinogradima koji se nalaze neposredno uz građevinske objekte (obiteljske kuće, vikendice i sl.).

Prema mišljenju većine ispitanika (74,5 %), najbolji način za reguliranje gradnje stambenih i drugih objekata u klizišnim zonama je da se povećaju ograničenja i postroži mogućnost gradnje.

Tablica 29. Mišljenje ispitanika o načinima reguliranja gradnje stambenih i drugih objekata u klizišnim zonama

	f	%
<b>Povećati ograničenja i postrožiti mogućnost gradnje.</b>	82	74,5
<b>Ne mogu procijeniti.</b>	19	17,3
<b>Zadržati postojeće regulative.</b>	6	5,5
<b>Smanjiti ograničenja i gradnju učiniti slobodnijom.</b>	3	2,7
<b>Ukupno</b>	110	100,0

S obzirom na to da su na području Međimurskih gorica još uvijek česti prizori „divlje gradnje“, tj. izgradnje i korištenja manjih građevinskih objekata bez građevinskih i uporabnih dozvola, ispitanici žele povećati ograničenja i postrožiti, tj. regulirati mogućnosti gradnje objekata na području Međimurskih gorica. Navedeno također dokazuje izrazito nezadovoljstvo mještana radom nadležnih tijela glede monitoringa građevinskih aktivnosti na području istraživanja.

Rezultati percepcije javnog mnijenja o stanju u prostoru **potvrđuju drugu hipotezu (H2): „U većini naselja Međimurskih gorica postoje klizišta koja predstavljaju prijetnju“.**

#### 5.6.2. Svijest stanovništva o riziku od klizišta

Na ljestvici od 5 stupnjeva (*1 – uopće se ne slažem, 2 – ne slažem se, 3 – niti se slažem, niti se ne slažem, 4 – slažem se, 5 – u potpunosti se slažem*) ispitanici su procijenili smatraju li da žive u području visokog rizika od klizišta. Rezultati pokazuju relativno visoko slaganje (C=4), pri čemu se 61,0 % slaže ili u potpunosti slaže da žive u području visokog rizika od klizišta.

Tablica 30. Mišljenje stanovnika o životu u području visokog rizika od klizišta

		1	2	3	4	5	C	Q <sub>3-1</sub>
<b>Smatrate li da živite u području visokog rizika od klizišta?</b>	f	5	15	23	39	28	4,00	2,00
	%	4,5	13,6	20,9	35,5	25,5		

Analiza učestalosti informiranja ispitanika o problematici klizišta u njihovoj općini pokazuje da se većina informira rijetko. Da se nikad ne informiraju navelo je 30,9 % ispitanika, a 49,1 % se informira jednom godišnje.

Tablica 31. Učestalost informiranja ispitanika o problematici klizišta u njihovoj općini

	f	%
<b>Svakodnevno</b>	0	0,0
<b>Nekoliko puta tjedno</b>	4	3,6

<b>Jednom mjesečno</b>	18	16,4
<b>Jednom godišnje</b>	54	49,1
<b>Nikad</b>	34	30,9
<b>Ukupno</b>	110	100,0

Vrlo niska učestalost informiranja ispitanika o problematici klizišta u njihovim općinama može se objasniti većinskim starijim stanovništvom područja Međimurskih gorica čiji je pristup informacijama danas vrlo ograničen. Nadalje, ulogu u slabom informiranju stanovništva imaju i jedinice lokalne samouprave/općine koje ni u jednom naselju periodički ne izvještavaju mještane o problematici klizišta. Učestalost informiranja ispitanika zasigurno bi bila veća da u naseljima diljem Međimurskih gorica postoje pouzdani periodički izvori informacija osim povremenih članaka u lokalnim novinama ili internetskim portalima. Također, stupanj informiranosti mještana bi porastao organizacijom javnih rasprava i tribina na temu problematike klizišta. Navedeno bi zasigurno pobudilo interes mještana za uključivanje u rasprave, ali i povećalo opći stupanj informiranosti javnog mnijenja.

Najveći udio ispitanika dobiva informacije o problematici klizišta na području njihove općine putem medija (39,1 %) i putem Interneta (38,2 %).

Tablica 32. Izvori informacija ispitanika o problematici klizišta na području njihovih općina

	<b>f</b>	<b>%</b>
<b>Medija</b>	43	39,1
<b>Interneta</b>	42	38,2
<b>Nadležnih službi na lokalnoj ili nacionalnoj razini</b>	11	10,0
<b>Lokalnih radionica (javnih rasprava, tribina)</b>	7	6,4
<b>Ostalo*</b>	7	6,4
<b>Ukupno</b>	110	100,0

\*Ako osobno naletim, Ne dobivamo, Nikako, Roditelja, Susjeda, Vidio sam

Na pitanje *Jeste li član/ica neke udruge civilnog društva (mjesni odbor, udruga, zaklada, fundacija) unutar Vaše općine?*, najviše ispitanika (75,5 %) je odgovorilo da nisu zainteresirani za aktivnosti udruga i civilnog društva.

Tablica 33. Aktivnost ispitanika u udrugama civilnog društva na području njihovih općina

	<b>f</b>	<b>%</b>
<b>Član/ica sam civilne udruge.</b>	3	2,7
<b>Nisam član/ica civilne udruge, ali surađujem ili podržavam rad neke udruge.</b>	24	21,8
<b>Nisam zainteresiran/a za aktivnosti udruga civilnog društva.</b>	83	75,5
<b>Ukupno</b>	110	100,0

Razlog nezainteresiranosti ispitanika za aktivnosti u udrugama civilnog društva, pa čak ni za suradnju ili podršku udrugama civilnog društva jest neaktivnost udruga u prevenciji klizišta. Većina udruga civilnog društva koje postoje na području Međimurskih gorica na prirodne katastrofe poput klizišta većinom reagira nakon pojave materijalnih šteta, dok preostali dio godine udruge stagniraju bez aktivnosti.

Da prirodno-geografski čimbenici (morfometrijski, hidrološki, geološki, pedološki i dr.) imaju veći utjecaj na pojavu klizišta smatra 53,6 % ispitanika, a da veći utjecaj imaju antropogeni čimbenici (ljudska aktivnost) smatra 46,4 % ispitanika.

Tablica 34. Mišljenje ispitanika o utjecaju prirodno-geografskih i antropogenih čimbenika na pojavu klizišta

	f	%
<b>Prirodno-geografski čimbenici (morfometrijski, hidrološki, geološki, pedološki i dr.)</b>	59	53,6
<b>Antropogeni čimbenici (ljudska aktivnost)</b>	51	46,4
<b>Ukupno</b>	110	100,0

Mišljenja o jačem utjecaju pojedine grupe čimbenika, prirodno-geografskih ili antropogenih, na pojavu klizišta su podijeljena. Ipak, ispitanici prednost daju prirodno-geografskim čimbenicima, vjerojatno zbog poznavanja definicije klizišta kao prirodne katastrofe primarno izazvane prirodnim procesima. Razlog velikog broja ispitanika koji prednost daju antropogenim čimbenicima jest porast građevinskih aktivnosti na području Međimurskih gorica izazvanih atraktivnošću međimorskog podneblja, porast gradnje prometnica u svrhu povezivanja novoizgrađenih dijelova naselja na području Međimurskih gorica, ali i porast antropogenih aktivnosti prenamjena šumskih površina u poljoprivredna zemljišta. Navedenim se procesima pod antropogenim utjecajem narušava stabilnost padina i pokreću klizišni procesi. Mišljenja o utjecaju prirodno-geografskih i antropogenih čimbenika su u potpunosti subjektivna.

Ispitanici su procjenjivali utjecaj pojedinih kriterija na pojavu klizišta ljestvici od 5 stupnjeva (*1 – bez utjecaja, 2 – slab utjecaj, 3 – umjeren utjecaj, 4 – jak utjecaj, 5 – izrazito jak utjecaj*).

Tablica 35. Mišljenje ispitanika o utjecaju pojedinih kriterija na pojavu klizišta

		1	2	3	4	5	C	Q <sub>3-1</sub>
<b>Nagib padine</b>	f	0	8	15	32	55	4,50	1,00
	%	0,0	7,3	13,6	29,1	50,0		

<b>Vrsta tla</b>	f	1	7	13	64	25	4,00	0,00
	%	0,9	6,4	11,8	58,2	22,7		
<b>Zemljišni pokrov (šuma, travnjak, poljoprivredno zemljište i dr.)</b>	f	5	5	20	53	27	4,00	1,25
	%	4,5	4,5	18,2	48,2	24,5		
<b>Vlažnost tla</b>	f	2	9	25	50	24	4,00	1,00
	%	1,8	8,2	22,7	45,5	21,8		
<b>Udaljenost od prometnica</b>	f	5	8	23	51	23	4,00	1,00
	%	4,5	7,3	20,9	46,4	20,9		
<b>Geološka građa</b>	f	3	9	37	42	19	4,00	1,00
	%	2,7	8,2	33,6	38,2	17,3		
<b>Udaljenost od vodenih tokova</b>	f	3	19	39	39	10	3,00	1,00
	%	2,7	17,3	35,5	35,5	9,1		
<b>Orijentacija padine (osunčanost)</b>	f	8	31	39	26	6	3,00	2,00
	%	7,3	28,2	35,5	23,6	5,5		

Procjena utjecaja na pojavu klizišta relativno je visoka za većinu procijenjenih kriterija. Srednja procjena za *Nagib padine* (C=4,5) odražava jak/izrazito jak utjecaj. Srednja ocjena za većinu kriterija odražava jak utjecaj (C=4) na pojavu klizišta: *Vrsta tla*, *Zemljišni pokrov (šuma, travnjak, poljoprivredno zemljište i dr.)*, *Vlažnost tla*, *Udaljenost od prometnica* i *Geološka građa*. Za preostale kriterije je procijenjen umjeren utjecaj (C=3) na pojavu klizišta: *Udaljenost od vodenih tokova* i *Orijentacija padine (osunčanost)*.

Kao i kod procjene utjecaja kriterija na životni prostor u vidu ugroženosti klizištima, prema Soldo (2013), najveći je utjecaj nagiba padine kao glavnog čimbenika klizišnih aktivnosti. Poznavanje vrste i teksture tla vrlo je važno za međimursko podneblje zbog velikog utjecaja na poljoprivrednu proizvodnju. Razumijevanje utjecaja vrste tla na klizišne procese objašnjava visoko rangiranje vrste tla na ljestvici utjecaja na pojavu klizišta. Također, poznavanje utjecaja zemljišnog pokrova važno je za područje istraživanja zbog prevencije klizišta. Međimurske gorice obilježavaju trajni nasadi zasađeni u svrhu održavanja stabilnosti padina. Prema Soldo (2013), klizišta na području Međimurskih gorica često se događaju i pod utjecajem vlažnosti tla, što objašnjava visoko rangiranje i tog kriterija, kao i kriterija udaljenosti od prometnica koji je jedan od glavnih uzročnika klizišta na području Međimurskih gorica. Posljednji visoko rangirani kriterij je kriterij geološke građe, a visoku poziciju tog kriterija na ljestvici utjecaja na pojavu klizišta objašnjava često spominjanje geološke građe kao uzročnika klizišta u medijima.

Većina ispitanika (62,7 %) smatra da je u procesu prevencije nastanka klizišta najodgovorniji nadležni upravni odjel u njihovom mjestu (jedinica lokalne samouprave/općina).



Tablica 36. Mišljenje ispitanika o odgovornosti institucija u procesu prevencija nastanka klizišta

	f	%
<b>Nadležni upravni odjel u Vašem mjestu (jedinica lokalne samouprave/općina)</b>	69	62,7
<b>Zavod za prostorno uređenje Međimurske županije</b>	15	13,6
<b>Županijska uprava za ceste</b>	13	11,8
<b>Međimurske vode</b>	12	10,9
<b>Ostalo*</b>	1	0,9
<b>Ukupno</b>	110	100,0

\* ovisi na kojem mjestu

Prema odgovorima ispitanika, nadležni upravni odjel, tj. jedinica lokalne samouprave/općina ima najveći utjecaj u prevenciji klizišta. Naime, jedinice lokalne samouprave/općine na području Međimurskih gorica smatraju se glavnim posrednikom između mještana naselja Međimurskih gorica i nadležnih službi. Zbog starije populacije na području Međimurskih gorica i percepcije „općina“ kao glavnih institucija u naseljima diljem područja istraživanja kroz povijest, odgovornost jedinica lokalne samouprave/općina u prevenciji klizišta, ali i u drugim aktivnostima u vidu prostora, i danas je najveća prema mišljenju ispitanika.

Važnost samostalnog provođenja pojedinih mjera u prevenciji rizika od klizišta procjenjivana je na ljestvici od 5 stupnjeva (1 – potpuno nevažno, 2 – nevažno, 3 – niti važno, niti nevažno, 4 – važno, 5 – izrazito važno).

Tablica 37. Mišljenje ispitanika o važnosti provođenja pojedinih mjera u prevencija rizika od klizišta

		1	2	3	4	5	C	Q <sub>3-1</sub>
<b>Konzultacije sa stručnjakom (geologom, geotehničarom) prije izvođenja građevinskih radova na padini</b>	f	1	5	22	17	65	5,00	2,00
	%	0,9	4,5	20,0	15,5	59,1		
<b>Redovito održavanje (čišćenje) drenažnih kanala na vlastitom zemljištu</b>	f	1	6	14	31	58	5,00	1,00
	%	0,9	5,5	12,7	28,2	52,7		
<b>Samostalno odvođenje površinskih voda, ispusta i slivnih voda što dalje od padinskih terena</b>	f	3	6	17	32	52	4,00	1,00
	%	2,7	5,5	15,5	29,1	47,3		
<b>Samostalna sadnja i održavanje drveća i grmolikog bilja s dubokim korijenjem (npr. orah)</b>	f	1	7	23	33	46	4,00	2,00
	%	0,9	6,4	20,9	30,0	41,8		
<b>Samostalno pošumljavanje terena trajnim nasadima u svrhu povećanja stabilnosti padina</b>	f	2	8	20	34	46	4,00	2,00
	%	1,8	7,3	18,2	30,9	41,8		
<b>Samostalno uklanjanje oštećenja na vlastitim kanalizacijskim i vodovodnim cijevima</b>	f	4	3	25	31	47	4,00	2,00
	%	3,6	2,7	22,7	28,2	42,7		
	f	2	3	32	30	43	4,00	2,00

<b>Samostalna sadnja i održavanje drveća i grmova koji su veći potrošači vode (npr. bagrem)</b>	%	1,8	2,7	29,1	27,3	39,1		
---	---	-----	-----	------	------	------	--	--

Mjere koje su procijenjene najvišom srednjom ocjenom (C=5), odnosno kao izrazito važne, su: *Konzultacije sa stručnjakom (geologom, geotehničarom) prije izvođenja građevinskih radova na padini* i *Redovito održavanje (čišćenje) drenažnih kanala na vlastitom zemljištu*. Sve navedene preostale mjere procijenjene su kao važne (C=4).

Iako ispitanici sve mjere svrstavaju u kategoriju izrazito važnih i važnih, poseban naglasak stavljaju na konzultacije sa stručnjakom (geologom, geotehničarom) prije izvođenja građevinskih radova na padini i na redovito održavanje (čišćenje) drenažnih kanala na vlastitom zemljištu. Naime, ispitanici posebno potiču konzultacije sa stručnjakom prije izvođenja građevinskih radova zbog česte pojave ilegalnih građevinskih objekata izgrađenih bez prethodnog dobivanja građevinske ili uporabne dozvole na području Međimurskih gorica, što nerijetko narušava stabilnost padina i posljedično izaziva pojavu klizišta. Uz navedeno, ispitanici naglasak stavljaju na redovito održavanje (čišćenje) drenažnih kanala na vlastitom zemljištu zbog toga što na području Međimurskih gorica fluktuacija stanovništva nije stalna. Naime, s obzirom na turističku osnovu Međimurskog kraja, lokalno stanovništvo često na području Međimurskih gorica boravi samo sezonski, dok ostatak godine provodi u inozemstvu, na području urbanih središta Međimurske županije (Čakovec, Mursko Središće, Prelog) i njihove okolice. Stoga, rijetko održavanje okućnice građevinskog objekta u vidu čišćenja drenažnih kanala na vlastitom zemljištu često narušava stabilnost padina te izaziva klizišta.

Ispitano je mišljenje o povećanju broja klizišta i materijalne štete od klizišta, povećanju razine svijesti o klizištima i ulaganju u prevenciju klizišta u budućnosti. Pri tome je korištena ljestvica od 5 stupnjeva (*1 – uopće se ne slažem, 2 – ne slažem se, 3 – niti se slažem, niti se ne slažem, 4 – slažem se, 5 – u potpunosti se slažem*).

Tablica 38. Mišljenje stanovnika o povećanju broja klizišta, materijalne štete od klizišta, razine svijesti o klizištima i ulaganju u prevenciju klizišta u budućnosti

		1	2	3	4	5	C	Q <sub>3-1</sub>
<b>Prema Vašem mišljenju, hoće li se broj klizišta u Vašem naselju povećati u idućih 10 godina?</b>	f	1	6	22	42	39	4,00	2,00
	%	0,9	5,5	20,0	38,2	35,5		
<b>Prema Vašem mišljenju, hoće li se u budućnosti povećati materijalne štete od klizišta u Vašem naselju?</b>	f	3	6	20	43	38	4,00	2,00
	%	2,7	5,5	18,2	39,1	34,5		
	f	9	24	50	17	10	3,00	1,25

Prema Vašem mišljenju, hoće li se u budućnosti povećati razina svijesti o klizištima u Vašem naselju?	%	8,2	21,8	45,5	15,5	9,1		
Prema Vašem mišljenju, hoće li se u budućnosti uložiti veća financijska sredstva za prevenciju klizišta u Vašoj općini?	f	34	36	25	14	1	2,00	2,00
	%	30,9	32,7	22,7	12,7	0,9		

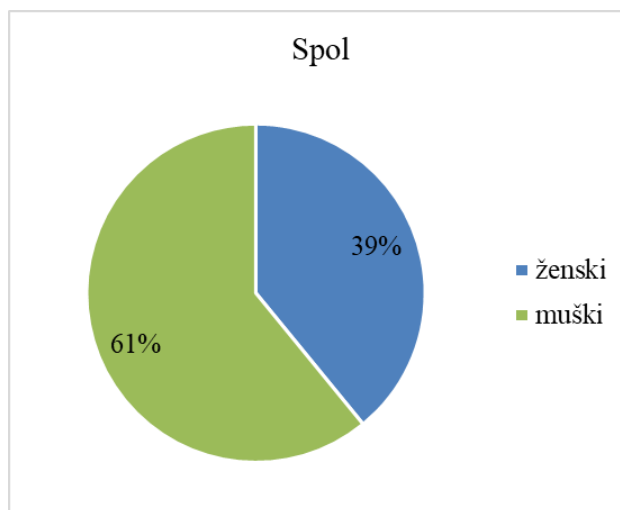
Dobivene srednje ocjene pokazuju da se ispitanici slažu da će se broj klizišta u njihovim naseljima povećati u idućih 10 godina (C=4) i da će se u budućnosti povećati materijalne štete od klizišta u njihovim naseljima (C=4). Imaju neutralno mišljenje o tome hoće li se u budućnosti povećati razina svijesti o klizištima u njihovim naseljima (C=3) i ne smatraju da će se u budućnosti uložiti veća financijska sredstva za prevenciju klizišta u njihovoj općini (C=2).

Shodno prethodnim odgovorima, slaganje ispitanika s tvrdnjama da će se broj klizišta i materijalnih šteta povećati u idućih 10 godina i neutralno mišljenje o tome da će se u budućnosti povećati razina svijesti o klizištima u njihovim naseljima, potvrđuje nezadovoljstvo ispitanika s radom nadležnih službi i udruga civilnog društva. Također, ispitanici smatraju da se u budućnosti neće uložiti veća financijska sredstva za prevenciju klizišta što je još jedan u nizu dokaza o stanju nezadovoljstva ispitanika i direktna kritika jedinicama lokalne samouprave, tj. općinama diljem naselja na području Međimurskih gorica.

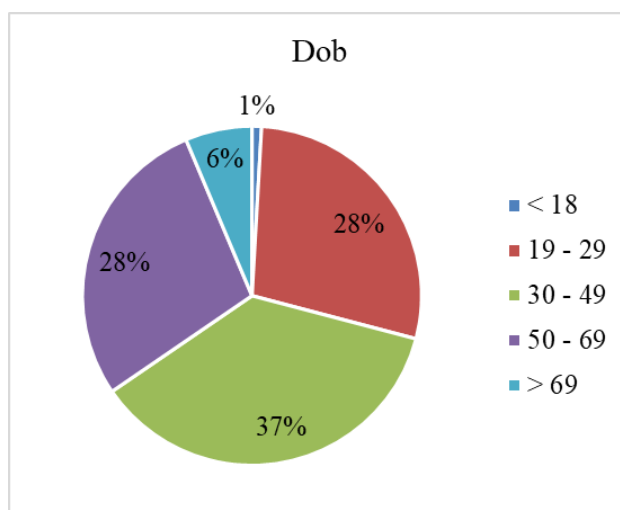
Rezultati ispitivanja svijesti javnog mnijenja o riziku od klizišta **potvrđuju treću hipotezu (H3): „Svijest o riziku od klizišta u naseljima je na visokoj razini.“**

### 5.6.3. Osobni podaci o ispitanicima

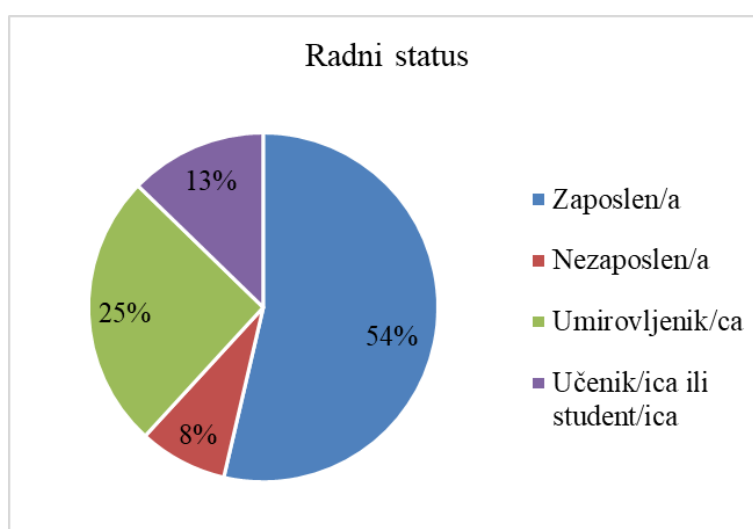
U istraživanju je sudjelovalo 110 ispitanika (43 ženskog i 67 muškog spola). U tablicama u nastavku su prikazani osnovni podaci o ispitanicima, izraženi u frekvencijama (f) i postotcima (%). S obzirom na dobnu skupinu, najveća je zastupljenost ispitanika u kategoriji od 30 do 49 godina (36,4 %). S obzirom na radni status, više od polovice ispitanika (53,6 %) pripada kategoriji zaposlenih. S obzirom na stupanj obrazovanja, najveća je zastupljenost ispitanika sa završenom srednjom školom (45,5 %). Glavni izvor materijalnih prihoda je za većinu ispitanika osobna plaća ili plaća supružnika (57,3 %). Iz svakog od 22 naselja na području provođenja anketnog upitnika sudjelovalo je 5 ispitanika.



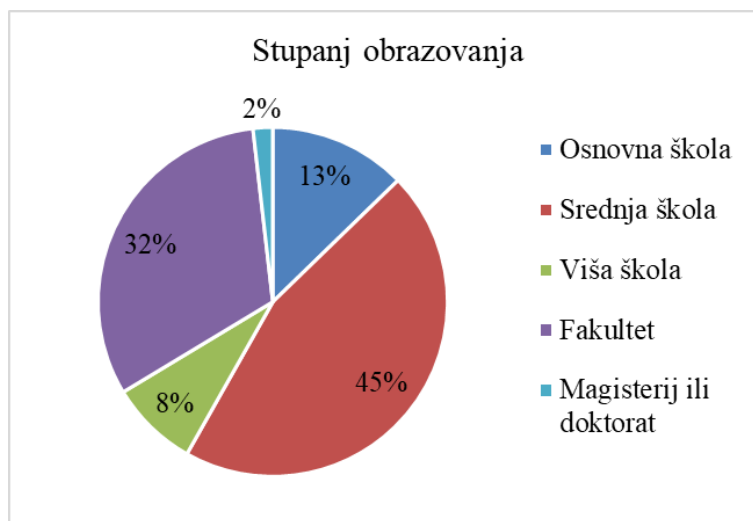
Slika 24. Spol ispitanika



Slika 25. Dob ispitanika



Slika 26. Radni status ispitanika



Slika 27. Stupanj obrazovanja ispitanika

Tablica 39. Glavni izvor materijalnih prihoda ispitanika

Glavni izvor materijalnih prihoda	f	%
Bez materijalnih prihoda	12	10,9
Osobna plaća ili plaća supružnika	63	57,3
Honorar	1	0,9
Prihodi od imovine (najam, zakup i dr.)	4	3,6
Nasljedstvo	1	0,9
Štednja	3	2,7
Mirovina	24	21,8
Ostalo*	2	1,8
<b>Ukupno</b>	<b>110</b>	<b>100,0</b>

\* podrška roditelja, stipendija

Tablica 40. Mjesto prebivališta ispitanika

Mjesto prebivališta	f	%
1 Prekopa	5	4,5
2 Banfi	5	4,5
3 Železna gora	5	4,5
4 Grabrovnik	5	4,5
5 Robadje	5	4,5
6 Sveti Urban	5	4,5
7 Martinuševac	5	4,5
8 Vugrišinec	5	4,5
9 Vukanovec	5	4,5
10 Gornji Mihaljevec	5	4,5
11 Dragoslavec Breg	5	4,5

12 Dragoslavec	5	4,5
13 Pleškovec	5	4,5
14 Vučetinec	5	4,5
15 Merhatovec	5	4,5
16 Plešivica	5	4,5
17 Praporčan	5	4,5
18 Gornji Zebanec	5	4,5
19 Selnica	5	4,5
20 Donji Koncovčak	5	4,5
21 Gornji Koncovčak	5	4,5
22 Knezovec	5	4,5
<b>Ukupno</b>	110	100,0

### 5.7. Inferencijalna statistika ispitivanja javnog mnijenja

Kako bi se ispitala korelacija između procjene ugroze životnog prostora od klizišta i procjene negativnog utjecaja pojave klizišta na kvalitetu života izračunat je Spearmanov koeficijent korelacije ( $\rho$ ). Dobivena je značajna pozitivna korelacija ( $\rho=,60$ ;  $p<.01$ ) koja ukazuje na veću procjenu negativnog utjecaja na kvalitetu života kod osoba koje u većoj mjeri smatraju da klizišta ugrožavaju njihov životni prostor, čime je **potvrđena i treća hipoteza (H4): „Postoji pozitivna korelacija između negativnog utjecaja klizišta na kvalitetu života i ugroženosti životnog prostora ispitanika klizištima.“**

Tablica 41. Korelacijska matrica procjene ugroze životnog prostora i procjene negativnog utjecaja pojave klizišta na kvalitetu života

	<b>Smatrate li da pojava klizišta negativno utječe na kvalitetu Vašeg života?</b>
<b>Smatrate li da klizišta ugrožavaju Vaš životni prostor?</b>	,60**
<b>*p&lt;.01</b>	

Naime, ugroženost klizištima negativno utječe na kvalitetu života ispitanika upravo zbog neprestanog osjećaja ranjivosti kod ispitanika, a osvpozitivna korelacija između negativnog utjecaja klizišta na kvalitetu života i ugroženosti životnog prostora ispitanika klizištima može se objasniti i nedostatkom znanja i svjesnosti situacije te neupućenošću ispitanika u procese donošenja odluka kod pojave klizišta. Pojava klizišta također narušava

kvalitetu podzemnih i površinskih voda koje se nerijetko koriste u kućanstvima na području Međimurskih gorica, ali i uništava građevinske objekte te okolne poljoprivredne površine i infrastrukturu u vidu energetske i telekomunikacijske postrojenja. Ugroženost klizištima ima veliki utjecaj na ruralni karakter područja i poljoprivredu kao temeljnu gospodarsku djelatnost u naseljima diljem Međimurskih gorica u vidu smanjenja kvalitete života ispitanika, upravo zbog toga što su poljoprivredne površine, kao dijelovi ruralnog krajolika, vrlo podložne klizištima. Budući da se područje istraživanja može okarakterizirati kao u potpunosti ruralno područje s raštrkanom prometnom mrežom, dostupnost alternativnih ruta u slučaju pojave klizišta je smanjena, zbog čega čak i površinski mala klizišta, svojim utjecajem na dostupnost prometnica, mogu imati snažan utjecaj na socijalnu ugroženost ispitanika. Svi navedeni čimbenici imaju veliki utjecaj na kvalitetu života koja, pod utjecajem neprestanog osjećaja ranjivosti ispitanika pod utjecajem ugroženosti klizištima, značajno opada.

Izračunati su Spearmanovi koeficijenti korelacije ( $\rho$ ) između procjena utjecaja pojedinih kriterija na životni prostor u vidu ugroženosti klizištima.

Kako bi se ispitala značajnost korelacija između procjena utjecaja pojedinih klizišnih čimbenika na životni prostor i procjena utjecaja pojedinih vrsta kriterija na podložnost klizištima izračunati su Spearmanovi koeficijenti korelacije ( $\rho$ ). U tablici su podebljani koeficijenti korelacije između procjene utjecaja na životni prostor i utjecaja na podložnost klizišta koji se odnose na isti kriterij. Ovi su koeficijenti značajni i kreću se od  $\rho=,31$  (za *orijentaciju padine*) do  $\rho=,52$  (za *nagib padine*), a pokazuju da osobe koje daju višu procjenu utjecaju pojedinog kriterija na životni prostor ujedno procjenjuju i veći utjecaj tog kriterija na podložnost klizištima.

Tablica 42. Korelacijska matrica procjena utjecaja pojedinih kriterija na životni prostor i procjena utjecaja kriterija na podložnost klizištima

		Procjena utjecaja pojedinih vrsta kriterija na podložnost klizištima						
		Nagib padine	Orijentacija padine	Geološka građa	Vrsta tla	Udaljenost od vodenih tokova	Udaljenost od prometnica	Zemljišni pokrov
Procjena utjecaja pojedinih klizišnih čimbenika na	Nagib padine	<b>,52**</b>	0,01	0,11	,20*	-0,03	,36**	,36**
	Orijentacija padine	-,20*	<b>,31**</b>	,28**	0,04	0,16	-0,02	-0,01
	Geološka građa	-0,11	,21*	<b>,35**</b>	0,11	,22*	-0,03	-0,03

Vrsta tla	,26**	0,14	,27**	<b>,40**</b>	0,17	,38**	0,14
Udaljenost (blizina) vodenih tokova	-0,09	,28**	,20*	-0,06	<b>,33**</b>	-0,01	0,08
Udaljenost (blizina) prometnica	,22*	-0,03	-0,02	0,09	-0,02	<b>,50**</b>	,24*
Zemljišni pokrov	,36**	0,07	0,16	,20*	0,09	,29**	<b>,37**</b>
*p<.05, *p<.01							

Dobiveni rezultati pokazuju da su korelacije između procjena utjecaja pojedinih klizišnih čimbenika na životni prostor i procjena utjecaja pojedinih vrsta kriterija na podložnost klizišta značajne čime također potvrđena činjenica da se, prema Soldo (2013), najviše klizišta na području Međimurskih gorica događa pod utjecajem kriterija nagiba padine, udaljenosti (blizine) prometnica i vrste tla, tj. pedološkog pokrova. S obzirom na to da ispitanici navedene kriterije smatraju izrazito važnima glede utjecaja na podložnost klizištima, smatraju ih važnima i u utjecaju na njihov životni prostor što opet potvrđuje svijest o nepredvidivosti pojave klizišta i prostornoj ranjivosti. Na primjeru kriterija nagiba padina, kao kriterija s najvećim koeficijentom, može se vidjeti da ispitanici smatraju da utjecaj kriterija nagiba padine najviše utječe na podložnost klizištima, ali i da najviše utječe na životni prostor ispitanika.



## 6. ZAKLJUČAK

Neočekivane promjene u okolišu, kao posljedica prirodnih procesa koji mogu dovesti do katastrofa poput klizišta, česta su pojava na području Međimurskih gorica, a nerijetko uzrokuju veliku štetu životnog prostora i opadanje kvalitete života stanovnika. Zbog negativnog utjecaja na prostor, ljudske živote i imovinu stanovnika, klizišta postaju sve češćom tematikom multidisciplinarnih istraživanja na različitim prostornim razinama. Ubrzanim razvojem geoprostornih tehnologija, pojavljuju se brojni metodološki pristupi istraživanja klizišnih aktivnosti. U ovom je diplomskom radu korišten metodološki pristup analize podložnosti klizištima temeljen na provođenju višekriterijskih GIS analiza koje omogućuju integraciju različitih podataka unutar GIS sučelja, uz mogućnost subjektivnog ponderiranja kriterija i fleksibilnosti u procesu donošenja odluka. Rezultati istraživanja pokazuju da 31,2% površine Međimurskih gorica spada u kategoriju izrazite i jake podložnosti klizištima, dok kategoriju umjerene podložnosti čini 28,4% površine.

S obzirom na to da je ovo prvo sustavno istraživanje podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica, rezultati ovog diplomskog rada mogu poslužiti kao baza preliminarnih informacija za nova istraživanja podložnosti klizištima, ali i kao temelj za unaprjeđenje sustava prostornog planiranja i donošenja odluka u vidu smanjenja rizika od katastrofa na različitim prostornim razinama Republike Hrvatske. Rezultati ovog istraživanja mogu se primijeniti u unaprjeđenju postojećih multidisciplinarnih procesa sistematizacije klizišnih aktivnosti u procesu izrade karata hazarda i rizika. GIS-MCDA model podložnosti klizištima može se primijeniti i u procesu planiranja korištenja zemljišta na području Međimurskih gorica te kao poticaj jedinicama lokalne samouprave u reviziji prostornih planova i urbanističkih planova uređenja.

Utvrđena su područja izrazite i jake podložnosti klizištima koja prikazuju zone u kojima je potrebno definirati posebne uvjete za gradnju u odnosu na klizišta. S obzirom na to da je broj građevinskih aktivnosti na padinskim područjima uzrokovan turističkom atraktivnošću područja istraživanja u snažnom porastu, izrađeni višekriterijski GIS model može koristiti i nadležnim službama u procesu donošenja odluka o izdavanju građevinskih i uporabnih dozvola. Kvaliteta generiranog GIS-MCDA modela podložnosti klizištima ovisi o kvantiteti i kvaliteti ulaznih podataka, no usprkos kombinaciji podataka iz različitih izvora, rezultati procesa validacije modela korištenjem ROC krivulje pokazuju vrlo visoku kvalitetu generiranog GIS-MCDA modela, s točnošću od 91,3%, čime je potvrđena i prva hipoteza (H1).

Iako je korištenjem ovog metodološkog pristupa generiran model vrlo visoke kvalitete, on čini samo preliminarnu bazu za daljnja istraživanja koja će rezultirati modelima hazarda i rizika bolje prostorne rezolucije u krupnijem mjerilu.

U ovom je diplomskom radu, uz izradu GIS-MCDA modela podložnosti klizištima, provedeno i ispitivanje javnog mnijenja na području 22 naselja unutar Međimurskih gorica u kojima postoji već sanirano ili trenutno aktivno klizište. Rezultati pokazuju negativan utjecaj klizišta u većini naselja, visoku razinu svijesti o riziku od klizišta te značajnu korelaciju utjecaja na podložnost klizištima s negativnim utjecajem na kvalitetu života, čime su potvrđene i preostale hipoteze (H2, H3 i H4). Usprkos visokoj razini svijesti o riziku od klizišta, rezultati pokazuju izrazito nezadovoljstvo stanovnika stanjem u prostoru i radom nadležnih službi i stručnjaka u procesu upravljanja klizištima i regulacije izvođenja građevinskih aktivnosti. Također, rezultati pokazuju vrlo nizak stupanj informiranosti u vezi klizišta na području svih naselja. Negativni rezultati odraz su općeg nezadovoljstva mještana naselja Međimurskih gorica, a mogu poslužiti kao poticaj za osvještavanje mještana o problematici klizišta jedinicama lokalnih samouprava, lokalnim službama nadležnim u procesu prevencije i sanacije klizišta, udrugama civilne zaštite i nevladinim organizacijama na području Međimurja. Organizacija periodičkih javnih rasprava i tribina na temu klizišta omogućila bi širi doseg percepcije javnog mnijenja o stanju u prostoru te direktan kontakt mještana i nadležnih službi glede strože regulacije mogućnosti gradnje. Također, povećao bi se interes i opći stupanj informiranosti mještana o problemu klizišta i pozitivno utjecalo na opću osvještenost stanovništva naselja Međimurskih gorica o vlastitoj odgovornosti glede izvođenja građevinskih radova i tehničkog održavanja životnog prostora. Navedene akcije, uz pravilno upravljanje i stručne geotehničke zahvate, povećale bi otpornost te smanjile rizik od narušavanja stabilnosti padina, a njihovo preventivno i edukativno djelovanje direktno bi utjecalo na povećanje kvalitete života, a mještanima bi, usprkos pojavi klizišta, omogućilo miran i siguran život.

## 7. LITERATURA

- 1) Abay, Asmelash & Barbieri, Giulio & Woldearegay, Kifle. (2019). GIS-based Landslide Susceptibility Evaluation Using Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach: The Case of Tarmaber District, Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science*.
- 2) Abdeldjalil, Goumrassa & Guendouz, Mostefa & Guettouche, Mohamed Said. (2021). GIS-Based Multi-Criteria Decision Analysis Approach (GIS-MCDA) for investigating mass movements' hazard susceptibility along the first section of the Algerian North-South Highway. *Arabian Journal of Geosciences*. 14. 1.
- 3) Ahmed, Bayes. (2015). Landslide Susceptibility Mapping Using Multi-Criteria Evaluation Techniques in Chittagong Metropolitan Area, Bangladesh. *Landslides*. 12.
- 4) Ali, Sajid & Biermanns, Peter & Haider, Rashid & Reicherter, Klaus. (2018). Landslide susceptibility mapping by using GIS along the China–Pakistan economic corridor (Karakoram Highway), Pakistan. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*. 1-28.
- 5) Althouse, Andrew. (2016). Statistical graphics in action: Making better sense of the ROC curve. *International Journal of Cardiology*. 215.
- 6) Ayalew, Lulseged & Yamagishi, Hiromitsu. (2005). The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. *Geomorphology*. 65. 15-31.
- 7) Bahrami, Yousef & Hassani, Hossein & Maghsoudi, Abbas. (2021). Landslide susceptibility mapping using AHP and fuzzy methods in the Gilan province, Iran. *GeoJournal*. 86.
- 8) Basu, T., & Pal, S. (2018). Identification of landslide susceptibility zones in Gish River basin, West Bengal, India. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, 12, 14 - 28.
- 9) Beguería, Santiago. (2006). Validation and Evaluation of Predictive Models in Hazard Assessment and Risk Management. *Natural Hazards*. 37. 315-329.
- 10) Bera, Amit & Mukhopadhyay, Prof. Bhabani & Das, Debasish. (2019). Landslide Hazard Zonation Mapping using multiple criteria analysis with the help of GIS techniques: a case study from Eastern Himalayas, Namchi, South Sikkim. *Natural Hazards*.

- 11) Bognar, A. (1996) Tipovi klizišta u Republici Hrvatskoj i Republici Bosni i Hercegovini - geomorfološki i geokološki aspekti. *Acta geographica Croatica*, 31, 27-39.
- 12) Bostjančić, I., Avanić, R., Frangen, T. & Pavić, M. (2022). Spatial distribution and geometric characteristics of landslides with special reference to geological units in the area of Slavonski Brod, Croatia. *Geologia Croatica*, 75 (1), 3-16
- 13) Burrough, P. & McDonnell, Rachael. (1998). Principle of Geographic Information Systems.
- 14) Celtek, S. (2021). The Effect of Aspect on Landslide and Its Relationship with Other Parameters', in Y. Zhang, Q. Cheng (eds.), *Landslides*, IntechOpen, London.
- 15) Champati ray, Prashant & Dimri, Suvarna & Lakhera, R. & Sati, Santosh. (2007). Fuzzy-based method for landslide hazard assessment in active seismic zone of Himalaya. *Landslides*.
- 16) Chen, W., Peng, J., Hong, H., Shahabi, H., Pradhan, B., Liu, J., Zhu, A. X., Pei, X., & Duan, Z. (2018). Landslide susceptibility modelling using GIS-based machine learning techniques for Chongren County, Jiangxi Province, China. *The Science of the total environment*, 626, 1121–1135.
- 17) Conforti, Massimo & Pascale, Stefania & Robustelli, Gaetano & Sdao, Francesco. (2013). Evaluation of prediction capability of the artificial neural networks for mapping landslide susceptibility in the Turbolo River catchment (northern Calabria, Italy), *Catena*
- 18) Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). *Landslides Investigation and Mitigation*. Chapter 3-Landslide Type and Processes. *Transportations Research Board*, No. 247, 36-75.
- 19) Dai, F., Lee, C., Li, J. et al. (2001) Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau Island, Hong Kong. *Environmental Geology* 40, 381–391
- 20) Dehnavi, A., Aghdam, I. N., Pradhan, B., Varzandeh, M. H. M. (2015). A new hybrid model using step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA) technique and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) for regional landslide hazard assessment in Iran. *Catena*, 135, 122-148"
- 21) Dikau, R. (1989). The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology, u: *Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems*, (ur. Raper, J.), Taylor and Francis, Chichester, 51-77."
- 22) Duan, J., Grant, G. E. (2000). Shallow landslide delineation for steep forest watersheds based on topographic attributes and probability analysis, u: *Terrain Analysis: Principles*

- and Application (ur. Wilson, J. P., Gallant, J. C.), John Wiley & Sons Press: New York, New York, 311-330"
- 23) Eastman, J. R. (1999): Multi-criteria evaluation and GIS, *Geographical information systems*, 1(1), 493-502.
  - 24) El Jazouli, Aafaf & Barakat, Ahmed & Khellouk, Rida. (2019). GIS-multicriteria evaluation using AHP for landslide susceptibility mapping in Oum Er Rbia high basin (Morocco). *Geoenvironmental Disasters*. 6.
  - 25) Faivre, Sanja & Radeljak Kaufmann, Petra & Grbac Zikovic, Renata. (2013). Formation and Usage of Landslide Digital Databases: Examples from Various Countries and Croatia - Availability of Landslide Data in the Rijeka Area. *Hrvatski Geografski Glasnik*. 75. 43-69.
  - 26) Feizizadeh, Bakhtiar & Blaschke, Thomas. (2012). Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: A multi-criteria evaluation approach using GIS. *Journal of Environmental Planning and Management*. 2012.
  - 27) Fell, Robin & Corominas, Jordi & Bonnard, C. & Cascini, Leonardo & Leroi, Eric & Savage, William. (2008). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology*. 102.
  - 28) Frangen, T., Pavić, M., Gulam, V. & Kurečić, T. (2022). Use of a LiDAR-derived landslide inventory map in assessing Influencing factors for landslide susceptibility of geological units in the Petrinja area (Croatia). *Geologia Croatica*, 75 (1)
  - 29) Gemitzi, Alexandra & Falalakis, George & Eskioglou, P. & Petalas, Christos. (2011). Evaluating landslide susceptibility using environmental factors, fuzzy membership functions and GIS. *Global Nest J.*. 12. 1-13.
  - 30) Guillard-Gonçalves, Clémence & Zêzere, José. (2012). Landslide Susceptibility Assessment and Validation in the Framework of Municipal Planning in Portugal: The Case of Loures Municipality. *Environmental management*. 50. 721-35.
  - 31) Gutiérrez, F.; Soldati, M.; Audemard, F.; Balteanu, D. (2010). Recent advances in landslide investigation: Issues and perspectives. *Geomorphology*, 124, 95-101
  - 32) Guzzetti, Fausto & Mondini, Alessandro & Cardinali, Mauro & Fiorucci, Federica & Santangelo, Michele & Chang, Kang-tsung. (2012). Landslide inventory maps: new tools for an old problem. *Earth Sci Rev* 112(1-2):42-66. *Earth-Science Reviews*. 112. 42-66.

- 33) Guzzetti, Fausto & Paola, Reichenbach & Cardinali, Mauro & Galli, Mirco & Ardizzone, Francesca. (2005). Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale. *Geomorphology*. 72. 272-299.
- 34) Hengl, T. (2006): Finding the right pixel size, *Computer and Geosciences* 32 (9), 1283-1298.
- 35) Hengl, T., Gruber, S., Shrestha, D. P. (2003). Digital terrain analysis in ILWIS: lecture notes and user guide, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, Netherlands.
- 36) Hofierka, J., Cebeauer, T., Šúri, M. (2007). Optimisation of Interpolation Parameters Using a Cross-validation, in: Digital Terrain Modelling (ur. Peckham, R. J.; Jordan, G.), Development and Applications in a Policy Support Environment, Series: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer, 67-82.
- 37) Kavzoglu, Taskin & Sahin, Emrehan & Colkesen, Ismail. (2013). Landslide susceptibility mapping using GIS-based multi-criteria decision analysis, support vector machines, and logistic regression. *Landslides*. 11.
- 38) Khadka, Anu & Dhakal, Subodh & Budha, Padam. (2018). Landslide Susceptibility Mapping in GIS. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 7. 465-471.
- 39) Knotters, M & Heuvelink, GBM (2010). A disposition of interpolation techniques. WOt-werkdocument, no. 190, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen.
- 40) Kolios, Athanasios & Mytilinou, Varvara & Lozano-Minguez, Estivaliz & Salonitis, Konstantinos. (2016). A Comparative Study of Multiple-Criteria Decision-Making Methods under Stochastic Inputs. *Energies*. 9. 566.
- 41) Komac, Marko. (2006). A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. *Geomorphology*. 74. 17-28.
- 42) Kouli, Maria & Loupasakis, Constantinos & Soupios, Pantelis & Rozos, Dimitrios & Vallianatos, Filippou. (2014). Landslide Susceptibility Mapping by comparing the WLC and WofE Multi-Criteria Methods in the West Crete Island, Greece. *Environmental Earth Sciences*. 72.
- 43) Kumi-Boateng, Bernard & Peprah, Michael Stanley & Larbi, Edwin. (2020). Landslide susceptibility hazard prone areas identification using Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) and GIS techniques: A case study of Tarkwa and its environs. *Journal of Geomatics*. 14. 155-170.

- 44) Loparić, I., i Pahernik, M. (2011). GIS analiza ugroženosti padina klizištima u području Grada Lepoglave, *Acta Geographica Croatica*, 38.(1.), str. 35-58.
- 45) Lozić, S. (1996). Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, 31.(1.), str. 41-49.
- 46) Magaš, D. (2013) *Geografija Hrvatske*. Zadar, Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Zadar ; Meridijani, Samobor.
- 47) Malczewski, Jacek & Rinner, Claus. (2015). *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*.
- 48) Maqsoom, A., Aslam, B., Khalil, U. et al. (2021) Landslide susceptibility mapping along the China Pakistan Economic Corridor (CPEC) route using multi-criteria decision-making method. *Model. Earth Syst. Environ.*
- 49) Mas, Jean & Filho, Britaldo & Pontius, Robert & Farfán, Michelle & Rodrigues, Hermann. (2013). A Suite of Tools for ROC Analysis of Spatial Models. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2. 869-887.
- 50) Masoud, A. and Koike, K. (2006) Tectonic Architecture through Landsat-7 ETM+/SRTM DEM-Derived Lineaments and Relationship to the Hydrogeologic Setting in Siwa Region, NW Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 45, 467477.
- 51) Mihalić, S. (1998). 'Recommendations for Landslide Hazard and Risk Mapping in Croatia', *Geologia Croatica*, 51(2), str. 195-204.
- 52) Miller, C. L., & LaFlamme, R. A. (1958). *The digital terrain model - theory & application*. [Cambridge, Mass.], M.I.T. Photogrammetry Laboratory.
- 53) Moore, I.D., Grayson, R. B., Ladson, A. R. (1991). Digital Terrain Modelling: A review of Hydrological, Geomorphological and Biological applications, *Hydrological Processes*, 5, 3-30.
- 54) Moradi, M. & Bazyar, M.H. & Mohammadi, Zargham. (2012). GIS-based landslide susceptibility mapping by AHP method, a case study, Dena City, Iran. *J Basic Appl Sci Res*. 2. 6715-6723.
- 55) Nefeslioglu, H. & Duman, Tamer & Durmaz, Serap. (2008). Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea Region of Turkey). *Geomorphology*. 94. 401-418.
- 56) Nonveiller, E. (1987) The Vajont reservoir slope failure. *Engineering Geology* 24, 493–512"



- 57) Nourani, V., Pradhan, B., Ghaffari, H. et al. (2014). Landslide susceptibility mapping at Zonouz Plain, Iran using genetic programming and comparison with frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network models. *Nat Hazards* 71, 523–547
- 58) O’Leary, D.W., Friedman, J.D., and Phn, H.A., (1976). Lineament, Linear, Lination: Some proposed new standard for old terms. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, Vol. 87 pp. 1463-1469.
- 59) Omarzadeh, Davoud & Eslaminezhad, Seyed Ahmad & Eftekhari, Mobin & Akbari, Mohammad. (2021). Landslide susceptibility assessment using an integrated approach of the analytic network process and fuzzy logic, a case of Urmia Lake Basin. *Geographia Cassoviensis*. 15. 86-100.
- 60) Pahernik, M. (2007). 'Digitalna analiza padina otoka Raba', *Geoadria*, 12(1), str. 3-22.
- 61) Park S, Choi C, Kim B, Kim J (2013) Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, analytic hierarchy process, logistic regression, and artificial neural network methods at the Inje area, Korea. *Environ Earth Sci* 68:1443–1464
- 62) Pham, B.T., Tien Bui, D., Indra, P. and Dholakia, M.B. (2015) Landslide Susceptibility Assessment at a Part of Uttarakhand Himalaya, India Using GIS-Based Statistical Approach of Frequency Ratio Method. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 4, 338-344.
- 63) Počekal, Nikola & Loborec, Jelena & Meaški, Hrvoje. (2016). Izrada karte rizika od pojave klizišta primjenom GIS tehnologije – primjer općine Bednja, Hrvatska (The landslide risk map preparation using GIS technology – an example of the Bednja municipality, Croatia). *Inženjerstvo okoliša*. 3. 7-19.
- 64) Pourghasemi, Hamid & Pradhan, Biswajeet & Gokceoglu, Candan & Moezzi, K.. (2020). Landslide susceptibility mapping using a spatial multi criteria evaluation model at Haraz watershed, Iran.
- 65) R. Weibel and M. Heller (1991), “Digital Terrain Modeling,” In: *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, London: Longman, pp. 269-297.
- 66) Radoš, D., Lozić, S. i Šiljeg, A. (2012). Morfometrijske značajke šireg područja Duvanjskog polja, Bosna i Hercegovina. *Geoadria*, 17 (2), 177-207.
- 67) Rahman M. A. et al. (2017) ‘Within Canopy Temperature Differences and Cooling Ability of Tilia Cordata Trees Grown in Urban Conditions’, *Building and Environment*, 114: 118–28.

- 68) Ramli, M. & Yusof, Norhakim & Yusoff, M. & Juahir, Hafizan & Shafri, Helmi. (2010). Lineament mapping and its application in landslide hazard assessment: A review. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 69. 215-233.
- 69) Roccati, Anna & Paliaga, Guido & Luino, Fabio & Faccini, Francesco & Turconi, Laura. (2021). GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping for Land Use Planning and Risk Assessment. *Land*. 10. 162.
- 70) Saaty, T.L. (2008) Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1, 83.
- 71) Saaty, T.L. and Vargas, L.G. (2012) Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. Springer Science & Business Media, New York.
- 72) Saha, Ashis & Gupta, Ravi & Sarkar, Irene & Arora, Manoj & Csaplovics, Elmar. (2005). An approach for GIS-based statistical landslide susceptibility zonation—with a case study in the Himalayas. *Landslides*. 2. 61-69.
- 73) Shadman Roodposhti, Majid & Aryal, Jagannath & Shahabi, Himan & Safarrad, Taher. (2016). Fuzzy Shannon entropy: a hybrid GIS-based landslide susceptibility mapping. *Sciprints*.
- 74) Sharifi Teshnizi, Ebrahim & Golian, Mohsen & Sadeghi, Shahriar & Rastegarnia, Ahmad. (2021). Application of analytical hierarchy process (AHP) in landslide susceptibility mapping for Qazvin province, N Iran.
- 75) Sharma, L. & Patel, Nilanchal & Ghose, Mrinal. (2010). Assessing landslide vulnerability from soil characteristics—a GIS-based analysis. *Arabian Journal of Geosciences*.
- 76) Skilodimou, Hariklia & Bathrellos, George & Chousianitis, Konstantinos & Youssef, Dr. Ahmed & Pradhan, Biswajeet. (2019). Multi-hazard assessment modeling via multi-criteria analysis and GIS: a case study. *Environmental Earth Sciences*. 78.
- 77) Smith, S. L, Holland, D. A, Longley, P. A. (2003). Interpreting Interpolation: The Pattern of Interpolation Errors in Digital Surface Models Derived from Laser Scanning Data, CASA Working Paper 66, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, London"
- 78) Soldo, B. (2013). Rekognosciranje i osnovno dokumentiranje klizišta nastalih u rujnu 2014. *Geotehničko mišljenje*
- 79) Sonker, Irjesh & Tripathi, Jayant & Singh, Anil Kumar. (2021). Landslide susceptibility zonation using geospatial technique and analytical hierarchy process in Sikkim Himalaya. *Quaternary Science Advances*. 4.

- 80) Stanley, Thomas & Kirschbaum, Dalia. (2017). A heuristic approach to global landslide susceptibility mapping. *Natural Hazards*
- 81) Šiljeg, A. (2013) 'DIGITALNI MODEL RELJEFA U ANALIZI GEOMORFOMETRIJSKIH PARAMETARA – PRIMJER PP VRANSKO JEZERO', doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zagreb.
- 82) Šiljeg, A.; Barada, M., Marić, I. (2018). Digitalno modeliranje reljefa, sveučilišni priručnik, Sveučilište u Zadru, Alfa d.d., Zagreb
- 83) Varnes, D.J. (1984) *Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice*, Natural Hazards. UNESCO, Paris.
- 84) Vojteková, Jana & Vojtek, Matej. (2020). Assessment of landslide susceptibility at a local spatial scale applying the multi-criteria analysis and GIS: a case study from Slovakia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. 11. 131-148.
- 85) Webster, R. and Oliver, M.A. (2007) *Geostatistics for Environmental Scientists*. John Wiley & Sons, Chichester.
- 86) Wilson, J. P., Gallant, J. C. (2000): *Digital terrain analysis, u: Terrain analysis: principles and applications* (ur. Wilson, J. P, Gallant, J. C.), John Wiley and Sons: New York, New York, 1-27."
- 87) Yalcin, Ali. (2011). Yalcin, A., "A geotechnical study on the landslides in the Trabzon Province, NE, Turkey", *Applied Clay Science*, 52, 11-19, (2011).. *Applied Clay Science*. 52. 11-19.
- 88) Yan, Y., Cui, Y., Tian, X. et al. (2020). Seismic signal recognition and interpretation of the 2019 "7.23" Shuicheng landslide by seismogram stations. *Landslides*.
- 89) Yesilnacar, E. and Topal, T. (2005) *Landslide Susceptibility Mapping: A Comparison of Logistic Regression and Neural Networks Methods in a Medium Scale Study, Hendek Region (Turkey)*. *Engineering Geology*, 79, 251-266.
- 90) Zevenbergen, L. W., Thorne, C. R., (1987): *Quantitative analysis of land surface topography*, *Earth Surface Processes and Landforms* 12, 47-56.
- 91) Zêzere, J. L., Pereira, S., Melo, R., Oliveira, S. C., & Garcia, R. (2017). Mapping landslide susceptibility using data-driven methods. *The Science of the total environment*, 589, 250–267.

## 8. IZVORI

1. Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, (2021). Vektorski podatci o visinama prikupljeni fotogrametrijskom izmjerom i restitucijskom obradom; Registar prostornih jedinica (<https://dgu.gov.hr/>)
2. Državni zavod za statistiku, Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2021. (<https://dzs.gov.hr/>).
3. Osnovna geološka karta Republike Hrvatske i Republike Slovenije u mjerilu 1:100 000 (1997). List Čakovec L33-57. – Inštitut za geologiju, geotehniku in geofiziko, Ljubljana; Institut za geološka istraživanja, Zagreb (<https://www.hgi-cgs.hr/>)

### URL1

<https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=39822> (13.12.2021.)

### URL2

<https://www.projectsmart.co.uk/smart-goals/smart-goals.php> (13.12.2021.)

### URL3

<https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=68663> (15.12.2021.)

### URL4

<https://www.openstreetmap.org/> (15.12.2021.)

### URL5

<https://www.geofabrik.de/> (15.12.2021.)

### URL6

[https://serc.carleton.edu/research\\_education/geopad/georeferencing.html](https://serc.carleton.edu/research_education/geopad/georeferencing.html)(11.12.2021.)

### URL7

<https://earthexplorer.usgs.gov/> (11.02.2022.)

### URL8

<https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/844139cb-93f7-4385-a173-f08539f3884f/egzogeni-procesi-i-reljefni-oblici.html> (10.4.2022.)

### URL9

<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/understanding-curvature-rasters/> (19.12.2021.)

## 9. POPIS GRAFIČKIH PRILOGA

Slika 1. Geografski položaj Međimurskih gorica.....	4
Slika 2. Naselja na području Međimurskih gorica .....	6
Slika 3. Inventarna karta klizišta na području Međimurskih gorica.....	7
Slika 4. Primjer utjecaja klizišta na A) Građevinske objekte, B) Prometnice.....	14
Slika 5. Karakteristična područja ugrožena procesima klizenja i urušno-kliznim pokretima..	15
Slika 6. "Pijana šuma" .....	16
Slika 7. Primjer klizišta u naselju Vučetinec na području Međimurskih gorica .....	17
Slika 8. Primjer klizišta u naselju Sveti Urban na području Međimurskih gorica .....	18
Slika 9. Faze digitalnog modeliranja reljefa.....	19
Slika 10. Temeljni korisničko definirani parametri u procesu DMR.....	19
Slika 11. Dijagram toka (eng. flow chart) izrade višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima .....	28
Slika 12. Planarna zakrivljenost padina .....	34
Slika 13. Shematski prikaz indikatora korištenih u anketnom upitniku.....	43
Slika 14. Odabrani kriteriji GIS-MCDA podložnosti klizištima (A).....	51
Slika 15. Odabrani kriteriji GIS-MCDA podložnosti klizištima (B) .....	52
Slika 16. Odabrani kriteriji GIS-MCDA podložnosti klizištima (C) .....	53
Slika 17. Ocjene pogodnosti pojedinih klasa odabranih kriterija GIS-MCDA (A) .....	54
Slika 18. Ocjene pogodnosti pojedinih klasa odabranih kriterija GIS-MCDA (B) .....	55
Slika 19. Višekriterijski GIS model podložnosti klizištima (Scenarij 1) .....	57
Slika 20. Višekriterijski GIS model podložnosti klizištima (Scenarij 2) .....	57
Slika 21. ROC krivulja GIS-MCDA modela podložnosti klizištima na temelju 38 referentnih klizišta za Scenarij 1 .....	58
Slika 22. ROC krivulja GIS-MCDA modela podložnosti klizištima na temelju 38 referentnih klizišta za Scenarij 2.....	58
Slika 23. Odabrani GIS-MCDA model podložnosti klizištima.....	60
Slika 24. Spol ispitanika.....	76
Slika 25. Dob ispitanika .....	76
Slika 26. Radni status ispitanika .....	76
Slika 27. Stupanj obrazovanja ispitanika .....	77

## 10. POPIS TABLIČNIH PRIKAZA

Tablica 1. Temeljna ljestvica apsolutnih brojeva .....	23
Tablica 2. Vrijednosti slučajnih indeksa konzistencije .....	24
Tablica 3. Kriteriji korišteni za izradu višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima ...	29
Tablica 4. Zastupljenost klasa nagiba padine s pripadajućim ocjenama podložnosti .....	45
Tablica 5. Zastupljenost klasa ekspozicije padina s pripadajućim ocjenama podložnosti .....	45
Tablica 6. Zastupljenost klasa planarne zakrivljenosti padina s pripadajućim ocjenama podložnosti .....	46
Tablica 7. Zastupljenost klasa geološke građe s pripadajućim ocjenama podložnosti .....	47
Tablica 8. Zastupljenost klasa gustoće lineamenata s pripadajućim ocjenama podložnosti ....	48
Tablica 9. Zastupljenost klasa pedološkog pokrova s pripadajućim ocjenama podložnosti ....	48
Tablica 10. Zastupljenost klasa udaljenosti od vodenih tokova s pripadajućim ocjenama podložnosti .....	49
Tablica 11. Zastupljenost klasa topografskog indeksa vlažnosti (TWI) s pripadajućim ocjenama podložnosti .....	49
Tablica 12. Zastupljenost klasa udaljenosti od prometnica pripadajućim ocjenama podložnosti .....	50
Tablica 13. Zastupljenost klasa korištenja zemljišta s pripadajućim ocjenama podložnosti ...	50
Tablica 14. Matrica usporedbe vrijednosti odabranih kriterija (Scenarij 1) .....	55
Tablica 15. Matrica usporedbe vrijednosti odabranih kriterija (Scenarij 2) .....	56
Tablica 16. Udio klasa podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica.....	61
Tablica 17. Mišljenje ispitanika o utjecaju klizišta na njihov životni prostor i kvalitetu života .....	62
Tablica 18. Mišljenje ispitanika o utjecaju pojedinih kriterija na njihov životni prostor .....	62
Tablica 19. Mišljenje ispitanika o razini ugroze različitih dijelova njihovog životnog prostora .....	63
Tablica 20. Učestalost pojave klizišta i štete uzrokovane klizištima u okolici životnog prostora ispitanika .....	64
Tablica 21. Ocjene podložnosti klizištima za građevinska zemljišta ispitanika .....	64
Tablica 22. Stupanj informiranosti ispitanika o ponašanju u slučaju nastanka klizišta .....	64
Tablica 23. Mišljenje ispitanika o naselju najviše ugroženom klizištima .....	65
Tablica 24. Mišljenje ispitanika o područjima najugroženijim klizištima .....	66

Tablica 25. Mišljenje ispitanika o učestalosti pojave klizišta .....	66
Tablica 26. Ocjene rada nadležnih službi i stručnjaka u procesu upravljanja klizištima.....	66
Tablica 27. Mišljenje ispitanika o odlukama nadležnih tijela o položaju prometnica i održavanju vodenih tokova .....	67
Tablica 28. Mišljenje ispitanika o antropogenim, geološkim i pedološkim kriterijima.....	68
Tablica 29. Mišljenje ispitanika o načinima reguliranja gradnje stambenih i drugih objekata u klizišnim zonama.....	69
Tablica 30. Mišljenje stanovnika o životu u području visokog rizika od klizišta.....	69
Tablica 31. Učestalost informiranja ispitanika o problematici klizišta u njihovoj općini.....	69
Tablica 32. Izvori informacija ispitanika o problematici klizišta na području njihovih općina .....	70
Tablica 33. Aktivnost ispitanika u udrugama civilnog društva na području njihovih općina..	70
Tablica 34. Mišljenje ispitanika o utjecaju prirodno-geografskih i antropogenih čimbenika na pojavu klizišta .....	71
Tablica 35. Mišljenje ispitanika o utjecaju pojedinih kriterija na pojavu klizišta.....	71
Tablica 36. Mišljenje ispitanika o odgovornosti institucija u procesu prevencija nastanka klizišta .....	73
Tablica 37. Mišljenje ispitanika o važnosti provođenja pojedinih mjera u prevencija rizika od klizišta .....	73
Tablica 38. Mišljenje stanovnika o povećanju broja klizišta, materijalne štete od klizišta, razine svijesti o klizišta i ulaganju u prevenciju klizišta u budućnosti .....	74
Tablica 39. Glavni izvor materijalnih prihoda ispitanika.....	77
Tablica 40. Mjesto prebivališta ispitanika.....	77
Tablica 41. Korelacijska matrica procjene ugroze životnog prostora i procjene negativnog utjecaja pojave klizišta na kvalitetu života.....	78
Tablica 42. Korelacijska matrica procjena utjecaja pojedinih kriterija na životni prostor i procjena utjecaja kriterija na podložnost klizištima .....	79



## 11. PRILOZI

Prilog 1 – Anketni upitnik

### ANKETNI UPITNIK

#### *Vrjednovanje višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica ispitivanjem javnog mnijenja*

Poštovani,

ispred Vas se nalazi anketa koja se provodi u svrhu izrade diplomskog rada studenta Dine Horvata na Odjelu za geografiju Sveučilišta u Zadru, na temu „*Vrjednovanje višekriterijskog GIS modela podložnosti klizištima na području Međimurskih gorica ispitivanjem javnog mnijenja*“. Anketa je dobrovoljnog karaktera, u potpunosti je anonimna, a rezultati ispitivanja bit će korišteni isključivo u analizi javnog mnijenja.

Molim Vas da mi svojim odgovorima pomognete u realizaciji diplomskog rada.

Hvala Vam na suradnji!

---

#### PERCEPCIJA STANOVNIŠTVA O STANJU U PROSTORU GLEDE PROBLEMA KLIZIŠTA

Na sljedeća pitanja odgovorite na ljestvici 1-5, pri čemu je 1 – uopće se ne slažem, 2 – ne slažem se, 3 – niti se slažem, niti se ne slažem, 4 – slažem se, 5 – u potpunosti se slažem.

**1. Smatrate li da klizišta ugrožavaju Vaš životni prostor?**

Uopće se ne slažem (1)	Ne slažem se (2)	Niti se slažem, niti se ne slažem (3)	Slažem se (4)	U potpunosti se slažem (5)

**2. Smatrate li da pojava klizišta negativno utječe na kvalitetu Vašeg života?**

Uopće se ne slažem (1)	Ne slažem se (2)	Niti se slažem, niti se ne slažem (3)	Slažem se (4)	U potpunosti se slažem (5)

Na sljedeće pitanje odgovorite na ljestvici 1-5, pri čemu je 1 – bez ugroze, 2 – slaba ugroza, 3 – umjerena ugroza, 4 – jaka ugroza, 5 – izrazito jaka ugroza.

**3. Prema Vašem mišljenju, na ljestvici 1-5, ocijenite utjecaj navedenih kriterija na Vaš životni prostor u vidu ugroženosti klizištima.**

	<b>Bez ugroze (1)</b>	<b>Slaba ugroza (2)</b>	<b>Umjerena ugroza (3)</b>	<b>Jaka ugroza (4)</b>	<b>Izrazito jaka ugroza (5)</b>
1. Nagib padine					
2. Orijentacija padine (osunčanost)					
3. Geološka građa					
4. Vrsta tla					
5. Vlažnost tla					
6. Udaljenost od vodenih tokova (blizina)					
7. Udaljenost od prometnica (blizina)					
8. Zemljišni pokrov (šuma, travnjak, poljoprivredno zemljište i dr.)					

**4. Što je, od Vašeg životnog prostora, prema Vašem mišljenju, najviše ugroženo klizištima?**

- Građevinski objekti
- Poljoprivredne površine
- Prirodni okoliš
- Prometna infrastruktura
- Ostala infrastruktura (telekomunikacije, energetika, komunalije i dr.)

**5. Jeste li se, u okolini Vašeg životnog prostora, susreli s pojavom klizišta?**

- DA     NE

**6. Jeste li se, u okolini Vašeg životnog prostora, susreli sa štetom uzrokovanom pojavom klizišta?**

- DA     NE

*Na sljedeće pitanja odgovorite na ljestvici 1-5, pri čemu je 1 – vrlo slabo podložno, 2 – slabo podložno, 3 – umjereno podložno, 4 – jako podložno, 5 – izrazito podložno.*

**7. Prema Vašem mišljenju, na ljestvici 1-5, ocijenite podložnost Vašeg građevinskog zemljišta klizištima.**

Vrlo slabo podložno (1)	Slabo podložno (2)	Umjereno podložno (3)	Jako podložno (4)	Izrazito podložno (5)

**8. Prema Vašoj procjeni, koliki je stupanj Vaše informiranosti o ponašanju u slučaju nastanka klizišta na području Vašeg naselja?**

- 1  Nizak  
 2  Srednji  
 3  Visok

**9. Koje je od navedenih naselja, prema Vašem mišljenju, najviše ugroženo klizištima?**

- |   |  |
|---|--|
| 1 <input type="checkbox"/> Prekopa            | 12 <input type="checkbox"/> Dragoslavec      |
| 2 <input type="checkbox"/> Banfi              | 13 <input type="checkbox"/> Pleškovec        |
| 3 <input type="checkbox"/> Železna Gora       | 14 <input type="checkbox"/> Vučetinec        |
| 4 <input type="checkbox"/> Grabrovnik         | 15 <input type="checkbox"/> Merhatovec       |
| 5 <input type="checkbox"/> Robadje            | 16 <input type="checkbox"/> Plešivica        |
| 6 <input type="checkbox"/> Sveti Urban        | 17 <input type="checkbox"/> Praporčan        |
| 7 <input type="checkbox"/> Martinuševec       | 18 <input type="checkbox"/> Gornji Zebanec   |
| 8 <input type="checkbox"/> Vugrišinec         | 19 <input type="checkbox"/> Selnica          |
| 9 <input type="checkbox"/> Vukanovec          | 20 <input type="checkbox"/> Donji Koncovčak  |
| 10 <input type="checkbox"/> Gornji Mihaljevec | 21 <input type="checkbox"/> Gornji Koncovčak |
| 11 <input type="checkbox"/> Dragoslavec Breg  | 22 <input type="checkbox"/> Knezovec         |

**10. Prema Vašem mišljenju, koja su područja unutar Vašeg naselja najugroženija klizištima?**

- Područja uz građevinske objekte  
 Područja uz prometnice  
 Područja poljoprivrednih zemljišta  
 Pošumljena područja  
 Područja uz vodene tokove

*Na sljedeće pitanje odgovorite na ljestvici 1-5, pri čemu je 1 – vrlo rijetko, 2 – rijetko, 3 – povremeno, 4 – često, 5 – vrlo često.*

**11. Koliko se često, prema Vašim saznanjima, događaju klizišta u Vašem naselju?**

Vrlo rijetko (1)	Rijetko (2)	Povremeno (3)	Često (4)	Vrlo često (5)

*Na sljedeće pitanje odgovorite na ljestvici 1-5, pri čemu je 1 – nedovoljan, 2 – dovoljan, 3 – niti dovoljan, niti nedovoljan, 4 – vrlo dobar, 5 – izvrstan.*

**12. Prema Vašoj procjeni, na ljestvici od 1-5 ocijenite rad nadležnih službi i stručnjaka u procesu upravljanja klizištima na području Vašeg naselja u vidu navedenih aktivnosti, pri čemu je 1 - nedovoljan, 2 dovoljan, 3 – niti dovoljan, niti nedovoljan, 4 – vrlo dobar, 5 – izvrstan).**

	1	2	3	4	5
1. Kontrola nepropusnosti sabirnih jama					
2. Održavanje ispravnosti sustava odvodnje					
3. Kontrola i zabrana divljih odlagališta materijala iz iskopa i građevinskog materijala					
4. Provjera nekontroliranih nasipavanja ili zasijecanja terena					
5. Revizija projektne dokumentacije zakona o gradnji					
6. Izrada projekata zaštite stabilnosti građevnih jama					
7. Provedba geotehničkog nadzora i istražnih radova prije izvođenja terenskih radnji					
8. Zabrana gradnje bez odobrenja specijaliziranih ovlaštenih građevinara i redovna kontrola ispravnosti i funkcioniranja građevina					
9. Standardizacija geotehničke dokumentacije (geotehnički katastar)					
10. Informiranje građana, edukacija stanovništva, podizanje svijesti o problematici klizišta					

11. Sistem donošenja odluka					
12. Izrada strategije zaštite od klizišta (elaborat klizišta, monitoring, projektna dokumentacija, karte rizika), usklađivanje sa zahtjevima definiranim PP-om, GUP-om i drugim odlukama					
13. Povećanje obujma ljudskih resursa (stručnjaka, strateških dionika) unutar jedinica lokalne samouprave u procesu donošenja odluka					

*Na sljedeća pitanja odgovorite na ljestvici 1-5, pri čemu je 1 – uopće se ne slažem, 2 – ne slažem se, 3 – niti se slažem, niti se ne slažem, 4 – slažem se, 5 – u potpunosti se slažem.*

**13. Smatrate li da su odluke nadležnih tijela o položaju prometnica u Vašem naselju ispravne?**

Uopće se ne slažem (1)	Ne slažem se (2)	Niti se slažem, niti se ne slažem (3)	Slažem se (4)	U potpunosti se slažem (5)

**14. Smatrate li da su aktivnosti nadležnih službi glede održavanja vodenih tokova u Vašem naselju ispravne?**

Uopće se ne slažem (1)	Ne slažem se (2)	Niti se slažem, niti se ne slažem (3)	Slažem se (4)	U potpunosti se slažem (5)

**15. Prema Vašem mišljenju, jesu li se prometnice u Vašem naselju trebale protezati u drugom pravcu?**

1  DA    2  NE

**16. Znete li na kakvoj se geološkoj podlozi nalazi Vaše građevinsko zemljište?**

1  DA    2  NE

**17. Znete li na kakvoj se vrsti tla nalazi Vaše građevinsko zemljište?**

1  DA    2  NE

18. Nalazi li se u sklopu Vašeg građevinskog zemljišta i zemljište pogodno za poljoprivrednu obradu (oranica, voćnjak, vinograd i dr.)?

1  DA    2  NE

19. Prema Vašem mišljenju, koji je najbolji način za reguliranje gradnje stambenih i drugih objekata u klizišnim zonama?

- 1  Zadržati postojeće regulative.
- 2  Smanjiti ograničenja i gradnju učiniti slobodnijom.
- 3  Povećati ograničenja i postrožiti mogućnost gradnje.
- 4  Ne mogu procijeniti.

## 2. SVIJEST STANOVNIŠTVA O RIZIKU OD KLIZIŠTA

Na sljedeće pitanje odgovorite na ljestvici 1-5, pri čemu je 1 – uopće se ne slažem, 2 – ne slažem se, 3 – niti se slažem, niti se ne slažem, 4 – slažem se, 5 – u potpunosti se slažem.

20. Smatrate li da živite u području visokog rizika od klizišta?

Uopće se ne slažem (1)	Ne slažem se (2)	Niti se slažem, niti se ne slažem (3)	Slažem se (4)	U potpunosti se slažem (5)

21. Koliko se često informirate o problematici klizišta u Vašoj općini?

- 1  Svaki dan
- 2  Nekoliko puta tjedno
- 3  Jednom mjesečno
- 4  Jednom godišnje
- 5  Nikad

22. Informacije o problematici klizišta na području Vaše općine dobivate putem:

- 1  Nadležnih službi na lokalnoj ili nacionalnoj razini
- 2  Medija
- 3  Interneta
- 4  Lokalnih radionica (javnih rasprava, tribina)
- 5  Ostalo: \_\_\_\_\_.

23. Jeste li član/ica neke udruge civilnog društva<sup>4</sup> (mjesni odbor, udruga, zaklada, fundacija) unutar Vaše općine?

<sup>4</sup> organizacijske strukture čiji članovi imaju ciljeve i odgovornosti od općeg interesa te koji djeluju kao posrednici između javnih vlasti i građana

- 1  Član/ica sam civilne udruge.
- 2  Nisam član/ica civilne udruge, ali surađujem ili podržavam rad neke udruge.
- 3  Nisam zainteresiran/a za aktivnosti udruge i civilnog društva.

**24. Prema Vašoj procjeni, veći utjecaj na pojavu klizišta imaju:**

- 1  Prirodno-geografski čimbenici (morfometrijski, hidrološki, geološki, pedološki i dr.)
- 2  Antropogeni čimbenici (ljudska aktivnost)

*Na sljedeće pitanje odgovorite na ljestvici 1-5, pri čemu je 1 – bez utjecaja, 2 – slab utjecaj, 3 umjeren utjecaj, 4 – jak utjecaj, 5 – izrazito jak utjecaj.*

**25. Prema Vašem mišljenju, na ljestvici 1-5 ocijenite utjecaj sljedećih kriterija na pojavu klizišta (1 – bez utjecaja, 2 – slab utjecaj, 3 – umjeren utjecaj, 4 – jak utjecaj, 5 – izrazito jak utjecaj).**

	Bez utjecaja (1)	Slab utjecaj (2)	Umjeren utjecaj (3)	Jak utjecaj (4)	Izrazito jak utjecaj (5)
1. Nagib padine					
2. Orijehtacija padine (osunčanost)					
3. Geološka građa					
4. Vrsta tla					
5. Vlažnost tla					
6. Udaljenost od vodenih tokova					
7. Udaljenost od prometnica					
8. Zemljišni pokrov (šuma, travnjak, poljoprivredno zemljište i dr.)					

**26. Prema Vašem mišljenju, koja je od navedenih institucija najodgovornija u procesu prevencije nastanka klizišta?**

- Nadležni upravni odjel u Vašem mjestu (jedinica lokalne samouprave/općina)
- Zavod za prostorno uređenje Međimurske županije



- Međimurske vode
- Županijska uprava za ceste
- Ostalo (Navedite službu): \_\_\_\_\_

Na sljedeće pitanje odgovorite na ljestvici 1-5, pri čemu je 1 – potpuno nevažno, 2 – nevažno, 3 – niti važno, niti nevažno, 4 – važno, 5 – izrazito važno.

**27. Prema Vašem mišljenju, na ljestvici 1-5 ocijenite važnost samostalnog provođenja sljedeće mjera u prevenciji rizika od klizišta?**

	Potpuno nevažno (1)	Nevažno (2)	Niti važno, niti nevažno (3)	Važno (4)	Izrazito važno (5)
1. Samostalno odvođenje površinskih voda, ispusta i slivnih voda što dalje od padinskih terena					
2. Samostalno uklanjanje oštećenja na vlastitim kanalizacijskim i vodovodnim cijevima					
3. Konzultacije sa stručnjakom (geologom, geotehničarom) prije izvođenja građevinskih radova na padini					
4. Redovito održavanje (čišćenje) drenažnih kanala na vlastitom zemljištu					
5. Samostalno pošumljavanje terena trajnim nasadima u svrhu povećanja stabilnosti padina					
6. Samostalna sadnja i održavanje drveća i grmolikog bilja s dubokim korijenjem (npr. orah)					
7. Samostalna sadnja i održavanje drveća i grmova koji su veći potrošači vode (npr. bagrem)					

Na sljedeća pitanja odgovorite na ljestvici 1-5, pri čemu je 1 – uopće se ne slažem, 2 – ne slažem se, 3 – niti se slažem, niti se ne slažem, 4 – slažem se, 5 – u potpunosti se slažem.

**28. Prema Vašem mišljenju, hoće li se broj klizišta u Vašem naselju povećati u idućih 10 godina?**

Uopće se ne slažem (1)	Ne slažem se (2)	Niti se slažem, niti se ne slažem (3)	Slažem se (4)	U potpunosti se slažem (5)

**29. Prema Vašem mišljenju, hoće li se u budućnosti povećati materijalne štete od klizišta u Vašem naselju?**

Uopće se ne slažem (1)	Ne slažem se (2)	Niti se slažem, niti se ne slažem (3)	Slažem se (4)	U potpunosti se slažem (5)

**30. Prema Vašem mišljenju, hoće li se u budućnosti povećati razina svijesti o klizištima u Vašem naselju?**

Uopće se ne slažem (1)	Ne slažem se (2)	Niti se slažem, niti se ne slažem (3)	Slažem se (4)	U potpunosti se slažem (5)

**31. Prema Vašem mišljenju, hoće li se u budućnosti uložiti veća financijska sredstva za prevenciju klizišta u Vašoj općini?**

Uopće se ne slažem (1)	Ne slažem se (2)	Niti se slažem, niti se ne slažem (3)	Slažem se (4)	U potpunosti se slažem (5)

## OSNOVNI PODACI O ISPITANICIMA

**32. Spol:**

1  M 2  Ž

**33. Dob:**

1  < 18

2  19 - 29

3  30 - 49

4  50 – 69

5  > 69

**34. Vaš radni status:**

1  Zaposlen 2  Nezaposlen 3  Umirovljenik 4  Učenik ili student

**35. Mjesto prebivališta:**

- |   |  |
|---|--|
| 1 <input type="checkbox"/> Prekopa            | 12 <input type="checkbox"/> Dragoslavec      |
| 2 <input type="checkbox"/> Banfi              | 13 <input type="checkbox"/> Pleškovec        |
| 3 <input type="checkbox"/> Železna Gora       | 14 <input type="checkbox"/> Vučetinec        |
| 4 <input type="checkbox"/> Grabrovnik         | 15 <input type="checkbox"/> Merhatovec       |
| 5 <input type="checkbox"/> Robadje            | 16 <input type="checkbox"/> Plešivica        |
| 6 <input type="checkbox"/> Sveti Urban        | 17 <input type="checkbox"/> Praporčan        |
| 7 <input type="checkbox"/> Martinuševec       | 18 <input type="checkbox"/> Gornji Zebanec   |
| 8 <input type="checkbox"/> Vugrišinec         | 19 <input type="checkbox"/> Selnica          |
| 9 <input type="checkbox"/> Vukanovec          | 20 <input type="checkbox"/> Donji Koncovčak  |
| 10 <input type="checkbox"/> Gornji Mihaljevec | 21 <input type="checkbox"/> Gornji Koncovčak |
| 11 <input type="checkbox"/> Dragoslavec Breg  | 22 <input type="checkbox"/> Knezovec         |

**36. Stupanj Vašeg obrazovanja:**

- 1  Bez škole
- 2  Nezavršena osnovna škola
- 3  Osnovna škola
- 4  Srednja škola
- 5  Viša škola
- 6  Fakultet
- 7  Magisterij ili doktorat

**37. Glavni izvor Vaših materijalnih prihoda:**

- |  |   |
|--|---|
| 1 <input type="checkbox"/> Bez materijalnih prihoda                | 6 <input type="checkbox"/> Štednja                      |
| 2 <input type="checkbox"/> Osobna plaća ili plaća supružnika       | 7 <input type="checkbox"/> Mirovina                     |
| 3 <input type="checkbox"/> Honorar                                 | 8 <input type="checkbox"/> Socijalna pomoć, invalidnina |
| 4 <input type="checkbox"/> Prihodi od imovine (najam, zakup i dr.) | 9 <input type="checkbox"/> Drugi izvor: _____           |
| 5 <input type="checkbox"/> Nasljedstvo                             |   |