Stereoskopska analiza klizišta i relativne opasnosti od klizanja na južnim obroncima Medvednice

Podolszki, László

Doctoral thesis / Disertacija

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:016713

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

László Podolszki

STEREOSKOPSKA ANALIZA KLIZIŠTA I RELATIVNE OPASNOSTI OD KLIZANJA NA JUŽNIM OBRONCIMA MEDVEDNICE

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2014.

University of Zagreb

FACULTY OF MINING, GEOLOGY
AND PETROLEUM ENGINEERING

László Podolszki

STEREOSCOPIC ANALYSIS OF LANDSLIDES AND LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY ON THE SOUTHERN SLOPES OF THE MEDVEDNICA MT.

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2014.

Sveučilište u Zagrebu

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

László Podolszki

STEREOSKOPSKA ANALIZA KLIZIŠTA I RELATIVNE OPASNOSTI OD KLIZANJA NA JUŽNIM OBRONCIMA MEDVEDNICE

DOKTORSKI RAD

Mentorica:
Izv. prof. dr. sc. Snježana Mihalić Arbanas

Zagreb, 2014.

University of Zagreb

FACULTY OF MINING, GEOLOGY
AND PETROLEUM ENGINEERING

László Podolszki

STEREOSCOPIC ANALYSIS OF LANDSLIDES AND LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY ON THE SOUTHERN SLOPES OF THE MEDVEDNICA MT.

DOCTORAL THESIS

Supervisor:
Assoc. Prof. Dr. Sc. Snježana Mihalić Arbanas

Zagreb, 2014.

Mentorica:

Dr. sc. Snježana Mihalić Arbanas
Izvanredna profesorica pri Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu.

Iskrena zahvala svima koji su mi na bilo koji način pomogli tijekom izrade doktorskog rada. Znate tko ste, a znam i ja. Hvala još jednom.

Svi korišteni podaci su upotrebljavani isključivo u znanstvene svrhe za potrebe izrade doktorskog rada. Veliko hvala svima.

Za Margaritu, Mihaelu i Miu... ☺

Kad uzmemo u ruke bilo koji svezak, dopustite da upitamo:

„Sadrži li ikakvo dokazivanje koje se odnosi na količinu i broj? Ne.“

„Sadrži li ikakvo dokazivanje koje se odnosi na stvarnost i egzistenciju? Ne.“

Izručimo ga vatri, jer ne može sadržavati ništa doli sofistiku i obmanu.

David Hume

(1711.-1776.)

SAŽETAK

U radu je istraženo područje južnih obronaka Medvednice približne površine 100 km^2 u kojem brojna klizišta predstavljaju prijetnju lokalnom stanovništvu i imovini. Dosadašnji inventari klizišta u ovom području su rađeni prema različitim kriterijima i za postojeće podatke nije rađena pouzdana analiza o brojnosti, rasporedu i veličini klizišta, ali i njihovoj aktivnosti. Zbog toga je ovdje korištena stereoskopska analiza stereomodela pomoću koje je prema istom kriteriju izvršena identifikacija klizišta i izrađen inventar klizišta za dvije generacije snimaka, iz 1964. i 1998. godine. Na taj način je ukupno identificirano preko 2.000 klizišta, a sve identificirane značajke klizišta upisane su u izrađenu bazu podataka. Provedena je i verifikacija rezultata istraživanja usporedbom s postojećim inventarima, izvještajima o klizištima, ali i terenskom provjerom. Identificirana klizišta su pomoću analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) klasificirana s obzirom na pouzdanost identifikacije i prema mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta. AHP metoda je strukturirana tehnika pomoću koje su ovdje određeni težinski faktori i razrađen je sustav bodovanja, tj. bodovnih vrijednosti za svaku razmatranu alternativu pojedinog parametra. U radu se provela kalibracija takvog sustava bodovanja i izmjenili kriteriji poznati iz literature, kako bi bodovanje bilo prilagođeno istraživanom području. Rezultati istraživanja potvrđuju ranije podake o velikoj gustoći klizišta i njihovoj aktivnosti na istraživanom području, ali je njihova prosječna površina manja nego prosječne površine klizišta u postojećim inventarima. Također, iz rezultata istraživanja je vidljiv vrlo velik utjecaj erozijskog djelovanja vodotokova i antropogen utjecaj na stvaranje i razvoj klizišta. Analizom stereomodela iz obe generacije snimaka izrađena je karta relativne opasnosti od klizišta iz koje su vidljiva najugroženija područja. Značaj rada je i u mogućnosti primjene utvrđenih metoda i kriterija koji će omogućiti bržu i jeftiniju, ali pouzdanu izradu inventara klizišta i na područjima sličnih uvjeta.

Ključne riječi: klizište, inventar klizišta, stereoskopska analiza stereomodela, analitički hijerarhijski proces, Medvednica

ABSTRACT

The term landslide comprises almost all varieties of mass movements on slopes. Landslide inventory contains data about landslides on certain area. Landslide inventory map shows the locations of the landslides and can contain other additional data and they are usually used in determination of landslide mitigation measures, civil engineering and urban planning. Spatial distribution of landslides and their activity is subject of change during time and that is a key reason for development of landslide inventory maps from different periods. Data in landslide inventory is one of the most basic and most needed in further analysis involving landslide susceptibility, landslide hazard and landslide risk. The area of the research covers approximately 100 km^2 on the southern slopes of Mt. Medvednica. In that area there is a long history of landslides and there are multiple landslides which endanger properties and represent danger to local community. Existing landslide inventories of this area were developed by the usage of different criteria and for this existing landslide data a reliable analysis about their number, spatial setting, area and activity was never conducted. Because of this reasons stereoscopic analysis of landslides was conducted on two stereomodels from different periods (1964 and 1998). By the usage of the same criteria landslide identification on stereomodels were carried out and a landslide inventory was developed for each stereomodel. More than 2.000 landslides were identified and all identified landslide features and landslides were organized into a developed database. Also, most widespread and worldwide most commonly used method in landslide inventory development is stereoscopic analysis of stereomodel(s). Verification of the results was carried out by comparison with existing landslide data and by landslide field mapping. Identified landslides were classified by the usage of the analytic hierarchy process (AHP) according to the reliability of the landslides identification and according to the assessment of the possibilities of the further landslide development. Analytic hierarchy process (AHP) is a structural technique for data organization and analysis used for obtaining complex decisions. AHP can be also used practically in landslide mapping and assessment of characteristic landslide features. By AHP weight factors of landslide features were assessed and a scoring system was developed according to the weight factors (which was based on the visibility of the landslide features). Assessment of reliability

of the identified landslides was based on the assessment of the visible landslide features on photography, which included: features in landslide body (accumulation and depletion) and visibility of the landslide border on the terrain surface. Also, the type of the land cover was taken into account. Assessment of possibilities of further landslide development was based on the assessment of the site topography, which included: slope inclination and assessment of the features at the landslide toe part. Also, type of the land cover was taken into account but a different criteria was used then for assessment of reliability for the identified landslides. Model calibration was carried out according to the features of the area of the research and landslide features in that area. Different scoring system was developed and used then existing ones in literature. Research results conforms the existing landslide data (landslide density and activity), but landslides identified by stereoscopic analysis in the area of research tends to have smaller areas than landslide areas in existing inventories (in accordance with literature). Also, the research results indicate the influence and the importance of the erosion processes and anthropogenic activities on the landslide activation and reactivation in the area of research. According to the reliability of the landslides identification and according to the assessment of the possibilities of the further landslide development an assessment of relative landslide danger was also carried out and a relative landslide danger map was developed from which the most endangered zones can be distinguished. The importance of the research is in the applicability of the used methods and developed criteria in the quicker, cheaper but accurate landslide inventory development everywhere where landslides exists in same or similar geomorphological conditions in Croatia or worldwide. Since there is no uniform landslide inventory for the whole territory of Croatia, the inventories presented here, the used methodology and the developed criteria also can be used as guidelines for the usage of remote sensing in landslide inventory development on national level.

Keywords: landslide, landslide inventory, stereoscopic analysis, analytic hierarchy process, Medvednica

SADRŽAJ

1 UVOD 1

1.1 Svrha i područje istraživanja 2

1.2 Ciljevi i hipoteze rada 6

1.3 Teorijske osnove 7

1.3.1 Karte inventara klizišta 10

1.3.2 Metode izrade inventara klizišta 13

1.3.3 Identifikacija klizišta na stereomodelu 15

2 PRIRODNE ZNAČAJKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA 18

2.1 Prirodne značajke područja južnih obronaka Medvednice u Zagrebu 19

2.2 Zone inženjerskogeoloških uvjeta na južnim obroncima Medvednice 28

3 PREGLED POSTOJEĆIH KARATA KLIZIŠTA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA 35

3.1 Povijesni inventar klizišta iz 1967. godine 36

3.2 Povijesni inventar klizišta iz 1979. godine 41

3.3 Povijesni inventar klizišta iz 2007. godine 47

3.4 Usporedba povijesnih inventara klizišta iz 1967., 1979. i 2007. godine 53

4 METODE KARTIRANJA KLIZIŠTA I PROCJENE RELATIVNE OPASNOSTI 59

4.1 Identifikacija klizišta stereoskopskom analizom stereomodela 60

4.1.1 Kriteriji identifikacije klizišta na stereomodelu 67

4.1.2 Općenito o analitičkom hijerarhijskom procesu i njegovoj primjeni kod istraživanja klizišta 73

4.1.3 Kriteriji procjene pouzdanosti identificiranih klizišta primjenom AHP metode 80

4.1.4 Kriteriji procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta primjenom AHP metode 101

4.2 Procjena relativne opasnosti klizanja 120

4.2.1 Općenito o procjeni relativne opasnosti od klizišta u Podsljemenskoj zoni 124
4.2.2 Kriteriji procjene relativne opasnosti od klizišta primjenom AHP metode 129
5 REZULTATI ANALIZE STEREOMODELA I PRIMJENE AHP METODE 135
5.1 Karte inventara klizišta prema stereomodelima 136
5.1.1 Karta inventara klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine 140
5.1.2 Karta inventara klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine 152
5.2 Karta relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelima 166
5.2.1 Karta relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine 167
5.2.2 Karta relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine 172
5.3 Verifikacija pouzdanosti identifikacije klizišta 177
5.3.1 Usporedba inventara klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine s povijesnim podacima iz 1979. godine 180
5.3.2 Usporedba inventara klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine s povijesnim podacima iz 1979. godine 191
5.3.3 Usporedba inventara klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine 202
5.4 Verifikacija procijenjene relativne opasnosti od klizišta 216
5.4.1 Usporedba procijenjene relativne opasnosti prema stereomodelu iz 1964. godine s povijesnim podacima iz 1979. godine 217
5.4.2 Usporedba procijenjene relativne opasnosti prema stereomodelu iz 1998. godine s povijesnim podacima iz 1979. godine 220
5.4.3 Usporedba procijenjene relativne opasnosti prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine 223
5.5 Terenska provjera klizišta interpretiranih prema stereomodelima 226
5.5.1 Usporedba granica klizišta identificiranih rekognoscirajućim kartiranjem i interpretacijom stereomodela 228
5.5.2 Usporedba procijenjene relativne opasnosti od klizišta primjenom AHP metode na terenu i interpretacijom stereomodela 240
6 RASPRAVA 265
6.1 Analiza primjenjenih metoda i rezultata istraživanja 266

6.2 Upute za izradu inventara klizišta primjenom stereoskopske analize stereomodela i AHP metode 276

6.3 Sintezna karta relativne opasnosti od klizišta..... 286

6.4 Smjernice za izradu karte podložnosti na klizanje na južnim obroncima Medvednice..... 289

7 ZAKLJUČAK..... 292

8 LITERATURA..... 299

ŽIVOTOPIS 319

POPIS SLIKA

Slika 1 Pet glavnih tipova pokreta na padini (*UNESCO WP/WLI, 1993*) 8
Slika 2 Klasifikacija fotografija i digitalnih slika (*Paine i Kiser, 2012*) 14
Slika 3 Pogled iz zraka na grad Zagreb smješten na južnim obroncima Medvednice i u ravničarskom području oko rijeke Save (*Google earth, 2014*) 19
Slika 4 Generalizirana geološka karta područja istraživanja s prikazom područja obuhvata stereomodela iz 1964. i 1998. godine 20
Slika 5 Geološka karta južnih padina Medvednice izvornog mjerila 1:25.000 s profilima (*Miklin i dr., 2007*) 21
Slika 6 Hidrogeološka karta južnih padina Medvednice u izvornom mjerilu 1:25.000 (*Miklin i dr., 2007*) 23
Slika 7 Isječak s Neotektonske karte Jugoslavije u mjerilu 1:500.000 (*Ćirić, 1967*) . 23
Slika 8 Isječci Karte potresnih područja Republike Hrvatske za poredbena vršna ubrzanja temeljnog tla tipa A (*Herak, 2011a; 2011b*) 24
Slika 9 Isječak s Inženjerskogeološke karte Jugoslavije u mjerilu 1:500.000 (*Čubrilović i dr., 1967*) 25
Slika 10 Inženjerskogeološka karta južnih obronaka Medvednice u izvornom mjerilu 1:5.000 (*Miklin i dr., 2007)* 26
Slika 11 Karta seizmičkog mikrozoniranja zapadnog dijela Podsljemenske urbanizirane zone u Zagrebu prema standardima Eurokoda-8 izvornog mjerila 1:10.000 (*Herak i dr., 2013*) 27
Slika 12 Zone inženjerskogeoloških uvjeta prema *Jurak i dr. (2008*) 28
Slika 13 Obuhvat studije iz 1967. godine (*Šikić, 1967*) prikazano u usporedbi sa zonama inženjerskogeoloških uvjeta prema *Jurak i dr. (2008)* 38
Slika 14 Isječci karata iz studije Inženjerska geologija Zagreb sjever i jug iz 1967. godine (*Šikić, 1967*) za područje u Šestinama 39
Slika 15 Obuhvat studije iz 1979. godine (*Polak i dr., 1967*) prikazano u usporedbi sa zonama inženjerskogeoloških uvjeta prema *Jurak i dr. (2008*) 42
Slika 16 Isječci s karata iz studije Litološka obrada i kategorizacija terena prema stabilnosti tla obronaka Medvednice na području grada Zagreba iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*) za područje Završja 44

Slika 17 Obuhvat studije iz 2007. godine (*Miklin i dr., 2007*) prikazano u usporedbi sa zonama inženjerskogeoloških uvjeta prema *Jurak i dr. (2008*) 48
Slika 18 Isječci s karata iz studije Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone iz 2007. godine (*Miklin i dr., 2007*) za područje Črnomereca 50
Slika 19 Obrazac klizišta broj 381 iz studije iz 2007. godine (*Miklin i dr., 2007*)..... 52
Slika 20 Raspodjela površina klizišta na području južnih obronaka Medvednice prema povijesnim inventarima 57
Slika 21 Prikaz karakterističnog detalja zida na Mirogoju korišten za izračun mjerila stereoparova aerosnimki 63
Slika 22 Obuhvati stereoparova aerosnimki korištenih za identifikaciju klizišta..... 64
Slika 23 Karakterističan prikaz detalja područja istraživanja 65
Slika 24 Stereogram klizišta (broj 640207) na lokaciji Veliki potok..... 70
Slika 25 Stereogram klizišta (broj 980440) u Mandićevoj ulici 70
Slika 26 Matrice usporedbe parova, težinski faktori i bodovi za klizišta identificirana stereoskopskom analizom stereomodela na području Japana (*Miyagi i dr., 2004*)... 78
Slika 27 Izraženost dijelova klizišta s obzirom na starost klizišta i tip pokrova zemljišta (modificirano prema *Turner i Schuster, 1996*)..... 81
Slika 28 Matrica usporedbe parova, težinski faktori i bodovi korišteni kod procjene pouzdanosti identificiranih klizišta na stereomodelu za područje istraživanja..... 83
Slika 29 Kriteriji i bodovne vrijednosti vizualne procjene pouzdanosti identificiranih klizišta na stereoparovima aerosnimki za područje istraživanja određeni AHP metodom..... 84
Slika 30 Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1964. godine s primjerima alternativa za podkriterij izraženost značajki klizišta u tijelu klizišta..... 90
Slika 31 Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1964. godine s primjerima alternativa za podkriterij izraženost granice klizišta..... 91
Slika 32 Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1964. godine s primjerima alternativa za podkriterij tip pokrova 92
Slika 33 Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1998. godine s primjerima alternativa za podkriterij izraženost značajki klizišta u tijelu klizišta..... 93
Slika 34 Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1998. godine s primjerima alternativa za podkriterij izraženost granice klizišta..... 94

Slika 35 Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1998. godine s primjerima alternativa za podkriterij tip pokrova 95
Slika 36 Shematski prikaz mogućih kombinacija alternativa (a1-a3, b1-b3, c1-c3) kod određivanja pouzdanosti identificiranih klizišta 96
Slika 37 Matrica usporedbe parova, težinski faktori i bodovi korišteni kod procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta na stereomodelu na području istraživanja..... 104
Slika 38 Kriteriji i bodovne vrijednosti vizualne procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta na stereoparovima aerosnimki za područje istraživanja određeni AHP metodom..... 105
Slika 39 Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1964. godine s primjerima alternativa za podkriterij nagib padine 109
Slika 40 Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1964. godine s primjerima alternativa za podkriterij značajke u nožici klizišta..... 110
Slika 41 Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1964. godine s primjerima alternativa za podkriterij tip pokrova 111
Slika 42 Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1998. godine s primjerima alternativa za podkriterij nagib padine 112
Slika 43 Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1998. godine s primjerima alternativa za podkriterij značajke u nožici klizišta..... 113
Slika 44 Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1998. godine s primjerima alternativa za podkriterij tip pokrova 114
Slika 45 Shematski prikaz mogućih kombinacija alternativa (a1-a3, b1-b4, c1-c4) kod određivanja mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta 115
Slika 46 Ilustracija nepovoljnog utjecaja građevina smještenih iznad klizišta na reaktiviranje klizišta 126
Slika 47 Ilustracija nepovoljnog utjecaja prometnica smještenih iznad klizišta na reaktiviranje klizišta 127
Slika 48 Ilustracija nepovoljnog utjecaja vodotoka smještenog ispod nožice klizišta s obzirom na reaktiviranje klizišta..... 128
Slika 49 Ilustracija više generacija klizišta na blagoj padini u Vaupotićevoj ulici.... 128
Slika 50 Matrica usporedbe parova, težinski faktori i bodovi korišteni kod procjene relativne opasnosti od klizišta za stereomodele iz 1964. i 1998. godine..... 130
Slika 51 Kriteriji i bodovi procjene relativne opasnosti od klizišta za stereomodele iz 1964. i 1998. godine određeni AHP metodom 131

Slika 52 Prikaz organizacije podataka u bazi podataka inventara klizišta iz 1964. i 1998. godine 138
Slika 53 Karta inventara klizišta dobivena analizom steremodela iz 1964. godine s obzirom na pouzdanost identifikacije 141
Slika 54 Karta inventara klizišta dobivena analizom steremodela iz 1964. godine s obzirom na mogućnost daljnjeg razvoja 142
Slika 55 Raspodjela površina klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine 143
Slika 56 Grafički prikaz raspona dimenzija klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1964. godine 147
Slika 57 Prikaz raspodjele površina identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine u pet klasa..... 149
Slika 58 Karta inventara klizišta dobivena analizom steremodela iz 1998. godine s obzirom na pouzdanost identifikacije 153
Slika 59 Karta inventara klizišta dobivena analizom steremodela iz 1998. godine s obzirom na mogućnost daljnjeg razvoja 154
Slika 60 Raspodjela površina klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine 155
Slika 61 Grafički prikaz raspona dimenzija klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1998. godine 160
Slika 62 Prikaz raspodjele površina identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine u pet klasa..... 163
Slika 63 Karta procijenjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine..... 168
Slika 64 Karta procijenjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine..... 173
Slika 65 Usporedba raspodjela površina 963 klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine, 1.229 klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine i 812 klizišta iz povijesnog inventara iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*) 179
Slika 66 Područje preklopa površina stereomodela iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine..... 180
Slika 67 Usporedba površina 251 klizišta sadržanog u inventarima prema stereomodelu iz 1964. godine i inventara iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*)..... 182
Slika 68 Usporedba raspodjele površina 333 klizišta identificirana na temelju stereomodela iz 1964. godine i geomorfološkim kartiranjem 1979. godine (*Polak i dr., 1979*) 189

Slika 69 Područje preklopa površina stereomodela iz 1998. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine..... 191
Slika 70 Usporedba površina 299 klizišta sadržanog u inventarima prema stereomodelu iz 1998. godine i inventara iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*)..... 193
Slika 71 Usporedba raspodjele površina 334 klizišta identificirana na temelju stereomodela iz 1998. godine i geomorfološkim kartiranjem 1979. godine (*Polak i dr., 1979*) 200
Slika 72 Područje preklopa površina stereomodela iz 1964. godine i stereomodela iz 1998. godine..... 202
Slika 73 Usporedba površina klizišta sadržanog u inventarima prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine 205
Slika 74 Usporedba raspodjele površina 325 klizišta identificirana prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine 212
Slika 75 Usporedba granica klizišta identificiranih metodama daljinskih istraživanja i granica klizišta identificiranih rekognoscirajućim kartiranjem na terenu 2012. i 2013. godine..... 229
Slika 76 Klizište broj 980835 prema stereomodela iz 1998. godine, na padini istočno od ulice Česmički u Remetama 230
Slika 77 Nožični dio padine na Pantovčaku i erozija vodotokom..... 231
Slika 78 Aktivno klizište broj 640722 i 980657 na donjem dijelu padine uz potok Jelenovac 233
Slika 79 Dio zapadne padine uz potok Jelenovac, u području klizišta broj 980656 233
Slika 80 Područje uz Veliki potok..... 235
Slika 81 Nožica umirenog klizišta identificiranog na stereomodelu iz 1964. (broj 640629) i 1998. godine (broj 980577)..... 235
Slika 82 Glavna pukotina i udubljenje ispunjeno vodom u gornjem dijelu pokrenute mase na velikom starom klizištu na Grmoščici 237
Slika 83 Nožični dio velikog starog klizišta na Grmošćici s „pijanom“ šumom..... 237
Slika 84 Tragovi puzanja na klizištu broj 980121 u Kvaternikovoj ulici..... 238
Slika 85 Napušteno gradilište u Kvaternikovoj ulici koje je prouzročilo reaktiviranje klizišta broj 640209..... 239
Slika 86 Stereogram klizišta broj 640217 u Kvaternikovoj ulici (kod k.br. 49) 242
Slika 87 Stereogram klizišta broj 980123 u Kvaternikovoj ulici (kod k.br. 49) 242
Slika 88 Rektivirano klizište na padini zapadno od Kvaternikove ulice 243

Slika 89 Stereogram klizišta broj 640207 na padini južno od ulice Graberje..... 246
Slika 90 Stereogram klizišta broj 980120 na padini južno od ulice Graberje..... 246
Slika 91 Staro umireno klizište na padini južno od ulice Graberje..... 247
Slika 92 Stereogram klizišta broj 640722 na padini zapadno od potoka Jelenovac 250
Slika 93 Stereogram klizišta broj 980657 na padini zapadno od potoka Jelenovac 250
Slika 94 Klizište Jelenovac s vidljivim elementima klizišta 251
Slika 95 Stereogram područja konkavne padine zapadno od ulice Lukšić..... 253
Slika 96 Stereogram klizišta broj 980634 na padini zapadno od ulice Lukšić 254
Slika 97 Novi objekt na konkavnoj padini u Lukšićima 255
Slika 98 Stereogram klizišta broj 640036, 640037, 640038, 640039 i 640040 u istočnom boku bivšeg iskopa lapora na Kostanjeku 257
Slika 99 Stereogram klizišta broj 980038 u istočnom boku bivšeg iskopa lapora na Kostanjeku..... 257
Slika 100 Istočni bok bivšeg iskopa lapora na Kostanjeku..... 258
Slika 101 Stereogram klizišta broj 640978 na padini sjeverno od ulice Gospočak. 261
Slika 102 Stereogram klizišta broj 981091 na padini sjeverno od ulice Gospočak. 261
Slika 103 Retrogresivno klizište na padini sjeverno od ulice Gospočak..... 262
Slika 104 Generalizirani i pojednostavljeni prikaz smjera pružanja glavnih morfoloških elemenata na području istraživanja (podloga *Google Earth, 2014*)..... 272
Slika 105 Raspodjela površina 535 klizišta prema povijesnom inventaru iz 1967. godine (*Šikić, 1967*), 812 klizišta prema povijesnom inventaru iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*) i 707 klizišta prema povijesnom inventaru iz 2007. godine (*Miklin i dr., 2007*), te 963 klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i 1.229 klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine..... 274
Slika 106 Područje istraživanja u odnosu na postojeće administrativne podjele i prikaz izdvojenih pojednostavljenih geoloških jedinica 279
Slika 107 Područje istraživanja i klizišta prema inventarima iz 1967., 1979. i 2007. godine..... 281
Slika 108 Sintezna karta procijenjene relativne opasnosti klizanja prema stereomodelima iz 1964. godine i 1998. godine 287
Slika 109 Podložnost na klizanje za Republiku Hrvatsku (*Gunther i dr., 2013a*).... 290

POPIS TABLICA

Tablica 1 Definicije pet glavnih tipova pokreta na padini (*UNESCO WP/WLI, 1993*). 8
Tablica 2 Klasifikacija klizišta prema stanju aktivnosti (*UNESCO WP/WLI, 1993*)..... 8
Tablica 3 Obrazac za pojedinačno klizište broj 155 (*Šikić, 1967*) 39
Tablica 4 Usporedba inventara klizišta iz studija iz 1967. (*Šikić, 1967*), 1979. (*Polak i dr., 1979*) i 2007. (*Miklin i dr., 2007*) 54
Tablica 5 Raspon mjerila avionskih fotografija (*Paine i Kiser, 2012*) 62
Tablica 6 Pregled preporučenih mjerila s obzirom na mogućnost vizualnog prepoznavanja klizišta, njihovih značajki i aktivnosti (*van Westen, 2007*) 62
Tablica 7 Pregled površina i udjela na području istraživanja s obzirom na izdvojene administrativne i geološke jedinice 66
Tablica 8 AHP kriteriji procjene rizika klizanja za pojedinačna klizišta na području Japana (*Miyagi i dr., 2004*) 77
Tablica 9 AHP kriteriji procjene pouzdanosti klizišta identificiranih stereoskopskom analizom na području istraživanja u Podsljemenskoj zoni 83
Tablica 10 Moguće kombinacije alternativa kod određivanja pouzdanosti identificiranih klizišta 97
Tablica 11 AHP kriteriji procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta identificiranih stereoskopskom analizom na području istraživanja u Podsljemenskoj zoni 104
Tablica 12 Moguće kombinacije alternativa kod određivanja mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta 116
Tablica 13 Terminologija prema *Varnes (1984)* i *Fell (1994)*, usporedba prema *Mihalić (1996)* 121
Tablica 14 AHP kriteriji procjene relativne opasnosti od klizišta na području istraživanja u Podsljemenskoj zoni za stereomodele iz 1964. i 1998. godine..... 130
Tablica 15 Moguće kombinacije alternativa kod određivanja relativne opasnosti od klizišta identificiranih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine 132
Tablica 16 Pregled obuhvata stereomodela iz 1964. godine s obzirom na izdvojene geološke jedinice i klizišta zastupljena u pojedinim geološkim jedinicama 145
Tablica 17 Raspon dimenzija identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine..... 146

Tablica 18 Zastupljenost dimenzija 963 klizišta u klasama površina klizišta identificiranih na temelju stereomodela iz 1964. godine 146
Tablica 19 Pregled identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine prema procjeni pouzdanosti identifikacije i prema procjeni mogućnosti daljnjeg razvoja... 149
Tablica 20 Zastupljenost identificiranih klizišta iz 1964. godine s obzirom na inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene 150
Tablica 21 Zastupljenost klizišta određene površine s obzirom na inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene, na temelju inventara klizišta iz 1964. godine 150
Tablica 22 Zastupljenost identificiranih klizišta iz 1964. godine s obzirom na površine, pouzdanost identifikacije klizišta, mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, te inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene 151
Tablica 23 Pregled obuhvata stereomodela iz 1998. godine s obzirom na izdvojene geološke jedinice i klizišta zastupljena u pojedinim geološkim jedinicama 157
Tablica 24 Raspon dimenzija identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine 159
Tablica 25 Zastupljenost dimenzija 1.229 klizišta u klasama površina klizišta identificiranih na temelju stereomodela iz 1998. godine 159
Tablica 26 Pregled identificiranih klizišta prema procjeni pouzdanosti i prema procjeni mogućnosti daljnjeg razvoja prema stereomodelu iz 1998. godine 162
Tablica 27 Zastupljenost identificiranih klizišta iz 1998. godine s obzirom na inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene 163
Tablica 28 Zastupljenost klizišta određene površine s obzirom na inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene, na temelju inventara klizišta iz 1998. godine 164
Tablica 29 Zastupljenost identificiranih klizišta iz 1998. godine s obzirom na površine, pouzdanost identifikacije klizišta, mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, te inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene 165
Tablica 30 Broj i udjel klizišta na terenima izgrađenim od inženjerskih tala s mekim stijenama prikazan prema relativnoj opasnosti od klizišta identificiran na stereomodelu iz 1964. godine za 928 klizišta 169
Tablica 31 Broj i udjel klizišta na terenima izgrađenim od stijena prikazan prema relativnoj opasnosti od klizišta identificiran na stereomodelu iz 1964. godine za 35 klizišta 169
Tablica 32 Zastupljenost relativne opasnosti od klizišta prema procjeni 963 identificirana klizišta za stereomodel iz 1964. godine 170

Tablica 33 Zastupljenost klizišta različite relativne opasnosti prema stereomodelu iz 1964. godine s obzirom na površinu klizišta u inženjerskim tlima s mekim stijenama i stijene 171
Tablica 34 Broj i udjel klizišta na terenima izgrađenim od inženjerskih tala prikazan prema relativnoj opasnosti od klizišta identificiran na stereomodelu iz 1998. godine za 911 klizišta 174
Tablica 35 Broj i udjel klizišta na terenima izgrađenim od stijena prikazan prema relativnoj opasnosti od klizišta identificiran na stereomodelu iz 1998. godine za 318 klizišta 174
Tablica 36 Zastupljenost relativne opasnosti od klizišta prema procjeni 1.229 identificirana klizišta za stereomodel iz 1998. godine 175
Tablica 37 Zastupljenost klizišta različite relativne opasnosti prema stereomodelu iz 1964. godine s obzirom na površinu klizišta u inženjerskim tlima s mekim stijenama i stijenama 176
Tablica 38 Osnovne karakteristike uspoređivanih inventara klizišta 178
Tablica 39 Usporedba klizišta zastupljenih na području preklopa karata inventara klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine, iskazano u broju klizišta 182
Tablica 40 Usporedba klizišta zastupljenih na području preklopa karata inventara klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine, iskazano u površini klizišta 182
Tablica 41 Površina preklopa pojedinih klizišta iz inventara prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine, iskazana kao udio površine preklopa u odnosu na površinu klizišta iz 1964. godine 184
Tablica 42 Usporedba 333 klizišta s obzirom na procijenjenu pouzdanost identifikacije klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i klasifikaciju klizišta s obzirom na stanje aktivnosti iz inventara klizišta iz 1979. godine 186
Tablica 43 Usporedba 333 klizišta s obzirom na procijenjenu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i klasifikaciju klizišta s obzirom na stanje aktivnosti iz inventara klizišta iz 1979. godine 186
Tablica 44 Usporedba klizišta zastupljenih na području preklopa karata inventara klizišta prema povijesnom inventaru iz 1979. i prema stereomodelu iz 1998. godine, iskazano u broju klizišta 193

Tablica 45 Usporedba klizišta zastupljenih na na području preklopa karata inventara klizišta prema povijesnom inventaru iz 1979. i prema stereomodelu 1998. godine, iskazano u površini klizišta 193
Tablica 46 Površina preklopa pojedinih klizišta iz povijesnog inventara iz 1979. godine i prema stereomodelu iz 1998. godine, iskazana kao udio površine preklopa u odnosu na površinu klizišta prema inventaru iz 1979. godine..... 195
Tablica 47 Usporedba 334 klizišta s obzirom na procijenjenu pouzdanost identifikacije klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine i klasifikaciju klizišta s obzirom na stanje aktivnosti iz inventara klizišta iz 1979. godine 197
Tablica 48 Usporedba 334 klizišta s obzirom na procijenjenu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine i klasifikaciju klizišta s obzirom na stanje aktivnosti iz 1979. godine..... 197
Tablica 49 Usporedba klizišta zastupljenih na području preklopa karata inventara klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine, iskazano u broju klizišta... 204
Tablica 50 Usporedba klizišta zastupljenih na području preklopa karata inventara klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine iskazano u površini klizišta 204
Tablica 51 Površina preklopa pojedinih klizišta iz inventara prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine, iskazana kao udio površine preklopa u odnosu na površinu klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine 208
Tablica 52 Usporedba 325 klizišta sadržanih u inventarima prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine s obzirom na procijenjenu pouzdanost identifikacije klizišta.. 209
Tablica 53 Usporedba 325 klizišta sadržanih u inventarima prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine s obzirom na procijenjenu mogućnost daljnjeg razvoja 210
Tablica 54 Usporedba 333 klizišta sadržana u inventarima prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnom inventaru iz 1979. godine s obzirom na procijenjenu relativnu opasnost klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i klasifikaciju klizišta s obzirom na stanje aktivnosti iz povijesnog inventara iz 1979. godine..... 218
Tablica 55 Usporedba 334 klizišta sadržana u inventarima prema stereomodelu iz 1998. godine i povijesnom inventaru iz 1979. godine s obzirom na procijenjenu relativnu opasnost klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine i klasifikaciju klizišta s obzirom na stanje aktivnosti iz inventara klizišta iz 1979. godine 221
Tablica 56 Usporedba 325 klizišta u preklopu za inventare prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine s obzirom na procijenjenu relativnu opasnost 223
Tablica 57 Podaci za klizište broj 640217 i 980123 prikupljeni na terenu 243

Tablica 58 Usporedba procjene pouzdanosti identifikacije klizišta, procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine, te terenske procjene za klizište na padini zapadno od Kvaternikove ulice 244
Tablica 59 Podaci za klizište broj 640207 i 980120 prikupljeni na terenu 247
Tablica 60 Usporedba procjene pouzdanosti identifikacije klizišta, procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine, te terenske procjene za klizište na padini južno od ulice Graberje 248
Tablica 61 Podaci za klizište broj 640722 i 980657 prikupljeni na terenu 251
Tablica 62 Usporedba procjene pouzdanosti identifikacije klizišta, procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine, te terenske procjene za klizište na padini zapadno od potoka Jelenovac 252
Tablica 63 Podaci za klizište broj 980634 prikupljeni na terenu 254
Tablica 64 Usporedba procjene pouzdanosti identifikacije klizišta, procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine, te terenske procjene za moguće puzanje na padini zapadno od ulice Lukšić 255
Tablica 65 Podaci za klizište broj 640039 i 980038 prikupljeni na terenu 258
Tablica 66 Usporedba procjene pouzdanosti identifikacije klizišta, procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine, te terenske za klizište u istočnom boku bivšeg iskopa lapora na Kostanjeku 259
Tablica 67 Podaci za klizište broj 640978 i 981091 prikupljeni na terenu 262
Tablica 68 Usporedba procjene pouzdanosti identifikacije klizišta, procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine, te terenske procjene za klizište na padini sjeverno od ulice Gospočak 263
Tablica 69 Površine najučestalijih klizišta prema učestalosti gustoće površina i vjerojatnosti gustoće površina za povijesne inventare i inventare prema stereomodelima 274
Tablica 70 Preporučeni tipovi, razine zoniranja i mjerila karata za zoniranje pokreta na padinama (*Fell i dr., 2008*) 276

Tablica 71 Mjerila karte zoniranja klizanja i njihova primjena (*Fell i dr., 2008*)..... 277
Tablica 72 Usporedba inventara izrađenih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine s obzirom na korištene kriterije 283

POPIS PRILOGA

Prilog 1

Sintezna karta procijenjene relativne opasnosti od klizišta temeljena na inventarima klizišta izrađenih stereoskopskom analizom stereomodela iz 1964. i 1998. godine i klasifikacijom klizišta AHP metodom za područje istraživanja na južnim obroncima Medvednice u mjerilu 1:10.000

1 UVOD

Volim pričati priče

koje imaju

početak, sredinu i kraj.

Eric Kripke

(1974.-)

1.1 Svrha i područje istraživanja

Klizišta na južnim obroncima Medvednice nastaju uslijed prirodnih uzroka, ali i kao posljedica ljudskih aktivnosti uklanjanja šumskog pokrova, poljoprivrednih djelatnosti i građenja. Građevinski zahvati koji uzrokuju klizanja tla u brdovitim predjelima Grada Zagreba su zasijecanja podnožja padina, nasipavanja u gornjim dijelovima padina i izvedba neodgovarajućih potpornih zidova. Osim toga, jedan od najčešćih uzorka klizanja povezan s građenjem je nekontrolirano otjecanje površinskih voda s asfaltiranih ili betonskih površina. U Gradu Zagrebu također je nastao mali broj klizišta koja su prouzročena rudarskim aktivnostima, među kojima se ističe najveće klizište u Hrvatskoj, klizište Kostanjek (*Ortolan, 1996*). Geotehnička istraživanja za potrebe projektiranja sanacije klizišta u Gradu Zagrebu financira gradski ured u čijoj nadležnosti je održavanje komunalne infrastrukture. Točan broj detaljno istraženih i saniranih klizišta u brdovitom području južnih obronaka Medvednice, a koji se nalaze unutar administrativne granice Grada Zagreba nije poznat. Od 2007. godine do danas Grad Zagreb raspolaže kartom inventara klizišta u mjerilu 1:5.000 (*Miklin i dr., 2007*) na kojoj je registrirano 707 klizišta, od kojih je 30 evidentirano kao istraživano ili sanirano. S obzirom da prva sustavna evidentiranja klizišta u Zagrebu datiraju od 60-tih godina 20. stoljeća, proizlazi da Grad Zagreb ima tradiciju izrade inventara klizišta već 60 godina. Usprkos tome, do danas nije uspostavljen inventar klizišta koji bi obuhvaćao povijesna klizišta, kao i danas aktivna klizišta.

Karte inventara klizišta i baze podataka o klizištima su osnovni ulazni podaci za prostorne i vremenske analize opasnosti i ugroženosti od klizanja. S obzirom na to da na području Grada Zagreba postoji opasnost od klizišta na približno 45% površine Grada (*Mihalić i dr., 2012*), što približno iznosi 280 km^2 (južni obronci Medvednice, gorje Medvednice i brdovito područje Vukomeričkih gorica), za Grad Zagreb bi trebalo izraditi tri osnovna tipa prognostičkih karata, kao što je navedeno u radu *Mihalić (1998)*: karte podložnosti na klizanje, karte hazarda klizanja i karte rizika klizanja.

U Gradu Zagrebu izrađivani su inventari klizišta u sklopu inženjerskogeoloških studija iz 1967. (*Šikić, 1967*), 1979. (*Polak i dr., 1979*) i 2007. godine (*Miklin i dr.,*

2007). U svim navedenim studijama, klizišta su pretežito identificirana geomorfološkim kartiranjem na terenu na topografskim podlogama krupnog mjerila (1:5.000 ili 1:10.000). Identifikacija klizišta pomoću metoda daljinskih istraživanja do danas nije primjenjivana za izradu karte inventara klizišta na području Grada Zagreba. U ovim studijama također se navodi da su za izradu povijesnih inventara klizišta korišteni i podaci iz postojeće dokumentacije, pod čim se prvenstveno podrazumijevaju geotehnički elaborati o detaljnim istraživanjima klizišta. Međutim, danas su dostupne jedino povijesne karte inventara klizišta, ali nije uspostavljena jedinstvena, ažurirana arhiva dokumentacije o klizištima, koja bi sadržavala podatke o istraživanim i saniranim klizištima. Podaci o klizištima na području Grada Zagreba sadržani su u dva tipa izvora podataka, koji su pohranjeni u arhivama kod različitih investitora i izvođača (*Pletikosić, 2011*): (i) inženjerskogeološka i geotehnička izvješća izrađena za istraživanje pojedinih lokacija na kojima je predviđeno građenje ili na lokacijama pojedinih klizišta u vlasništvu su različitih investitora, među kojima najvećim brojem raspolaže Gradski ured za prostorno uređenje, izgradnju Grada, graditeljstvo, komunalne poslove i promet; i (ii) inženjerskogeološke studije većih područja unutar obuhvata administrativne granice Grada Zagreba sačuvane su u Hrvatskom geološkom institutu, koji je ujedno bio i njihov izvođač, dok je studija iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*) dostupna stručnoj javnosti.

Iako su pojave klizišta na širem području Grada Zagreba opisivane u člancima domaćih autora unatrag 80 godina (*Fijember, 1951; Cesarec i Polak, 1986; Mihalić i dr., 2011*), još i danas su vrlo rijetki znanstveni radovi na tu temu, među kojima su i rijetki klasifikacijski radovi na poslijediplomskim studijima (*Ortolan, 1996; Mihalić, 1996*). U disertaciji *Ortolan (1996)* daje inženjerskogeološki model klizišta Kostanjek, a u magistarskom radu *Mihalić (1996)* daje pregled metoda zoniranja hazarda i rizika klizanja. Tijekom posljednjih 50 godina Grad Zagreb je financirao nekoliko istraživačkih studija u okviru kojih su izrađene karte klizišta (*Šikić, 1967; Polak i dr., 1979; Šikić, 1988; Miklin i dr., 2007*). Usprkos tome, kvaliteta podataka o klizištima na području Grada Zagreba do danas nije dostatna za učinkovito upravljanje opasnostima od klizanja, što je opisano u radovima *Jurak i dr. (2008)* i *Ortolan i dr. (2008)*. Za poboljšanje izrade kvalitetnijih i primjenjivih karata klizišta (karte inventara klizišta i karte zoniranja potencijalne opasnosti od klizanja) nužno je razviti metodu

interpretacije klizišta i ocjene opasnosti od klizanja primjenom tehnika daljinskih istraživanja.

Svrha istraživanja ove disertacije je razvoj metode za identifikaciju klizišta i procjenu relativne opasnosti od klizišta primjenom stereoskopske analize stereomodela i analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP, *eng. Analytic Hierarchy Process*) prilagođene specifičnim inženjerskogeološkim uvjetima na južnim obroncima Medvednice, a u funkciji procjene relativne opasnosti od klizanja. U tu svrhu bilo je potrebno provesti analizu kriterija AHP metode i razviti nove kriterije na temelju specifičnih geoloških, geomorfoloških i hidroloških uvjeta, te značajki klizišta i pokrova zemljišta na istraživanom području. Primjena ovog istraživanja je u razvoju smjernica za procjenu podložnosti na klizanje na istraživanom području, ali i na područjima sa sličnim inženjerskogeološkim uvjetima u Republici Hrvatskoj i u svijetu.

U skladu sa svrhom istraživanja, postavljene su dvije hipoteze. Testiranje ovih hipoteza provedeno je izradom karata inventara klizišta na osnovi interpretacije stereomodela dvije generacije različitog mjerila. Na temelju stereomodela iz 1964. godine (mjerila 1:8.000) i stereomodela iz 1998. godine (mjerila 1:20.000) identificirano je 2.192 klizišta, za koja je također ocjenjivana izraženosti značajki klizišta na stereomodelima i pokrov zemljišta. Pomoću AHP metode provedena je kvalitativna procjena pouzdanosti identificiranih klizišta, procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjena relativne opasnosti svakog pojedinog klizišta. Verifikacija rezultata istraživanja napravljena je usporedbom dobivenih rezultata s postojećim podacima iz povijesnog inventara klizišta iz 1979. godine i terenskom provjerom.

Identifikacija klizišta primjenom stereoskopske analize, provedena je na području istraživanja veličine 99,79 km^2, smještenom na jugozapadnim obroncima Medvednice, unutar administrativne granice Grada Zagreba. Obuhvat istraživanja je određen prema sljedeća dva kriterija: (i) prirodnim karakteristikama područja unutar administrativne granice Grada Zagreba i (ii) pokrivenosti povijesnim stereoparovima avionskih fotografija odgovarajućeg mjerila koji su pogodni za identifikaciju klizišta. Područje istraživanja poznato je u gradu Zagrebu pod nazivom Podsljemenska zona, iako za nju ne postoje jasno definirane granice. Prirodna sjeverna granica područja istraživanja približno odgovara geološkoj granici između predneogenskih i neogenskih naslaga, iako je ovim istraživanjem također obuhvaćen i manji dio

područja izgrađen od predneogenskih naslaga ukupne površine 19,75 km^2. Zapadna i južna granica područja istraživanja je definirana ulicama Aleja Bologne, Ilica, Vlaška ulica i Maksimirska cesta. Istočna granica područja istraživanja nalazi se u slivu potoka Bliznec, odnosno potoka Štefanovec (pritok potoka Bliznec). Ova granica seže do naselja Markuševec u gradskoj četvrti Podsljeme.

1.2 Ciljevi i hipoteze rada

Glavni ciljevi istraživanja su sažeti u šest točaka, a definirani su na sljedeći način:

1. Izraditi inventar klizišta za dio područja na južnim obroncima Medvednice u Zagrebu primjenom stereoskopske analize stereomodela iz dva povijesna razdoblja (1964. i 1998. godine).
2. Razviti kriterije za ocjenu identificiranih značajki klizišta i uvjeta u kojima se pojavljuju primjenom AHP metode.
3. Procijeniti pouzdanost identificiranih klizišta i mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, te njihovu relativnu opasnost primjenom AHP metode.
4. Verificirati metodu testiranjem pouzdanosti identificiranih klizišta i pouzdanosti procijenjene relativne opasnosti od klizišta usporedbom s podacima o klizištima koja su evidentirana i dokumentirana tj. s postojećim podacima i terenskom provjerom.
5. Izraditi upute za izradu inventara klizišta primjenom stereoskopske analize stereomodela i AHP metode u istim ili sličnim uvjetima i okolišima.
6. Izraditi smjernice za izradu karte podložnosti na klizanje za područje Podsljemenske zone.

S obzirom na postavljene glavne ciljeve postavljene su dvije glavne radne hipoteze definirane na sljedeći način:

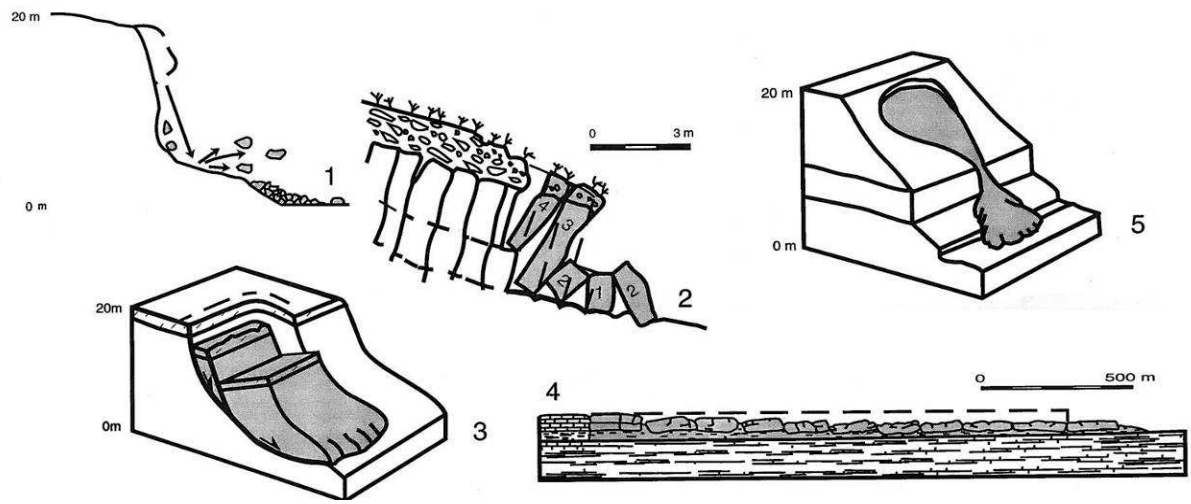
1. Klizišta na južnim obroncima Medvednice u Gradu Zagrebu je moguće vizualno identificirati na stereoparovima aerosnimki iz više povijesnih razdoblja.
2. AHP metodom je moguće ocijeniti interpretirane značajke klizišta na istraživanom području kako bi se dobila: (i) pouzdanost identifikacije pojedinih klizišta; (ii) mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, (iii) relativna opasnost identificiranih klizišta s obzirom na klizanje, te (iv) izradio inventar klizišta s podacima o relativnoj potencijalnoj opasnosti svakog pojedinog klizišta sadržanog u inventaru i karta inventara klizišta.

1.3 Teorijske osnove

Oblikovanje reljefa traje i danas, a potpomognuto je brojnim procesima koje izučava inženjerska geologija (npr. klizišta, erozija, bujični tokovi, itd.). Prema definiciji Međunarodnog društva za inženjersku geologiju (IAEG, *eng. International Association for Engineering Geology*) inženjerska geologija je znanost koja se bavi istraživanjem i rješavanjem inženjerskih problema i problema zaštite životne sredine koji mogu nastati kao rezultat interakcije geološke sredine i inženjerskih radova, a također se bavi i predviđanjem nastanka tih problema kao i razvojem mjera za prevenciju ili sanaciju geoloških hazarda (*IAEG, 1964*).

U okviru inženjerskogeoloških istraživanja, a vezano za istraživanje klizišta, provode se dvije vrste istraživanja: detaljna istraživanja pojedinih klizišta za potrebe sanacije klizišta; i regionalna istraživanja u okviru kojih se izrađuju karte postojećih klizišta ili karte klizišta prognoznog karaktera (karte podložnosti na klizanje, karte hazarda i rizika klizanja, *Mihalić, 1996*).

Pod pokretima na padini (*eng. slope movements*) podrazumijevaju se različiti procesi transporta materijala i masa stijena i tala niz padine, koji predstavljaju značajne procese u geomorfološkom oblikovanju reljefa (*Bell, 2003; Sidle i Ochiai, 2006; Fookes 2007; Parker i dr., 2011, Gulam 2012*). Pokreti na padini obuhvaćaju niz procesa koje je moguće grupirati s obzirom na mehanizam pokreta u pet skupina (prema *UNESCO WP/WLI, 1993*), a prikazano je na slici 1 i u tablici 1: klizanje, odronjavanje, prevrtanje, tečenje i bočno razmicanje. Ovim pokretima nastaju pojave (*eng. phenomenon*) koje nazivamo klizištima (*eng. landslides*). Proizlazi da se pojam klizišta koristi za oblike reljefa ili pojave koji nastaju različitim procesima, pri čemu je kod nekih mehanizam klizanja prisutan samo djelomično ili uopće nije prisutan (*Varnes, 1984*). Najčešće se koriste sljedeće klasifikacije klizišta: *Varnes (1978, 1984); UNESCO WP/WLI (1993); Cornforth (2005); Bobrowsky i Highland (2008); Vallejo i Ferrer (2011); USGS (2013); BGS (2013).* U tablici 2 prikazana je klasifikacija klizišta prema stanju aktivnosti klizišta, prema klasifikaciji koju je razvio *UNESCO WP/WLI (1993)*.



Slika 1 Pet glavnih tipova pokreta na padini (*UNESCO WP/WLI, 1993*)

Tablica 1 Definicije pet glavnih tipova pokreta na padini (*UNESCO WP/WLI, 1993*)

Odronjavanje *(eng. fall)*	Odvajanje materijala sa strmih kosina po površini na kojoj uglavnom nema smicanja, već dolazi do slobodnog pada, prevrtanja ili kotrljanja materijala odvojenog s kosine.
Prevrtanje *(eng.topple)*	Rotacija materijala prema naprijed, iz padine, oko točke ili osi koja se nalazi ispod gravitacijskog centra pokrenutog materijala.
Klizanje *(eng. slide)*	Kretanje materijala niz padinu uglavnom po površini sloma (klizna ploha) ili relativno tanke zone u kojoj je izraženo posmično naprezanje.
Širenje *(eng. spread)*	Bočno razmicanje materijala u kombinaciji s usijedanjem materijala boljih karakteristika u mekši materijal podloge. Površina sloma nije površina intenzivnog posmika. Širenja mogu nastati uslijed likvefakcije ili tečenja (i prodora) mekšeg materijala.
Tečenje *(eng. flow)*	Prostorno kontinuirani pokret materijala u kojem su površine naprezanja kratkotrajne, blizu jedna drugoj i obično se ne sačuvaju. Distribucija brzina u pokrenutom materijalu nalikuje distribuciji brzina u viskoznom fluidu.

Tablica 2 Klasifikacija klizišta prema stanju aktivnosti (*UNESCO WP/WLI, 1993*)

Stanje	Opis
Aktivno *(eng. active)*	Klizište u pokretu.
Trenutno neaktivno *(eng. suspended)*	Klizište koje je bilo aktivno u posljednjih 12 mjeseci, ali trenutno nije aktivno (nema pomaka).
Reaktivirano *(eng. reactivated)*	Nekad aktivno klizište, koje je postalo neaktivno, i ponovno se aktiviralo.
Neaktivno *(eng. inactive)*	Klizište koje nije aktivno u posljednjih 12 mjeseci. Neaktivna klizišta se dijele na: privremeno umirena, trajno umirena, stabilizirana i reliktna (fosilna).
Privremeno umireno *(eng. dormant)*	Neaktivno klizište koje se može reaktivirati zbog istih ili drugih uzroka koji su aktivirali prethodnu aktivnost.
Trajno umireno *(eng. abandoned)*	Neaktivno klizište na koje uzrok klizanja nema daljnjeg utjecaja i ne može izazvati daljnje nestabilnosti.
Stabilizirano (sanirano) *(eng. stabilized)*	Neaktivno klizište kod kojeg su daljnje nestabilnosti spriječene mjerama sanacije.
Reliktno (fosilno) *(eng. relict)*	Neaktivno klizište koje je bilo aktivno u klimatskim i geomorfološkim uvjetima koji više nisu prisutni.

Pojam klizište (*eng. landslide*) će se u daljem tekstu koristiti kao klizište u užem smislu, pod čime se podrazumijeva pokret niz padinu po kliznoj plohi, kao što je to definirano za proces klizanja prema *UNESCO WP/WLI* klasifikaciji (*1993*). Prema

Fookes i dr. (2007) glavni prirodni pokretači ili inicijatori aktiviranja ili reaktiviranja klizišta su: obilne oborine, otapanje snijega, potresi i vulkanska aktivnost. Uz njih, vrlo česti inicijatori klizanja su i ljudski zahvati. Rezultat regionalnih istraživanja klizišta su karte klizišta, a razlikuju se četiri osnovna tipa karata: karte inventara klizišta (*eng. landslide inventory map*), karte podložnosti klizanju (eng. *landslide susceptibility map*), karte hazarda klizanja (*eng. landslide hazard map*) i karte rizika klizanja (*eng. landslide risk map*).

1.3.1 Karte inventara klizišta

Karte inventara klizišta (*eng. landslide inventory map*) danas se izrađuju u GIS-u (geografskom informacijskom sustavu). U njemu se klizište grafički prikazuje kao geometrijski objekt, definirano najčešće granicom klizišta na površini terena. Za svako klizište se pohranjuju i opisni podaci kao što su tip i geometrija klizišta, datum (re)aktiviranja klizišta, aktivnost klizišta i ostali podaci o uzrocima klizanja, provedenim istraživanjima i sanaciji klizišta (*Brabb i Pampeyan, 1972; Radbruch i dr., 1982; Brabb i dr., 1989; Antonini i dr., 1993, Duman i dr., 2005; Guzzetti i dr., 2008*). Svjetski primjeri karata inventara klizišta obrađeni su u brojnim znanstvenim radovima (*Cruden i Fell, 1997; Chacon i dr., 2006; Guzzetti, 2006; Guzzetti i dr., 2012*). Ulazne podatke za izradu karte inventara klizišta predstavljaju postojeći podaci o klizištima i podaci o klizištima prikupljeni kartiranjem na terenu ili metodama daljinskih istraživanja (*Guzzetti, 2006*). Karte inventara klizišta se izrađuju na različite načine zavisno od svrhe izrade, veličine obuhvata i prirodnih značajki područja, mjerila kartiranja, dostupnosti povijesnih podataka o klizištima i stručnosti osoba koje provode kartiranje (*van Westen i dr., 2006; Abella, 2008; Guzzetti i dr., 2012*). Unatoč jasnoj važnosti karata inventara klizišta (*Brabb, 1991; Guzzetti, 2006*) i činjenici da se one izrađuju već desetljećima, jedinstveni kriterij izrade i procjene njihove kvalitete nije uspostavljen (*Turcotte i dr., 2002*; *van Westen i dr., 2006, 2008; Galli i dr., 2008; Guzzetti, 2006; Guzzetti i dr., 2000, 2006a, 2006b, 2012; Triglia i dr., 2010*), te su one i začuđujuće rijetke osim za pojedine dijelove razvijenih zemalja.

Karte inventara klizišta imaju praktičnu primjenu za ublažavanje posljedica klizanja (*Cardinali i dr., 2002, 2006; Balteanu i dr., 2010*), a najviše se koriste u sustavu prostornog uređenja i gradnje (*Bennet i Doyle, 1997; Parker 2002*). Prostorna distribucija i aktivnost klizišta se mijenjaju tijekom vremena zbog čega je uobičajena izrada inventara klizišta iz različitih vremenskih razdoblja, kako bi se dobio uvid u povijesni razvoja klizišta, odnosno stanje, stil i distribuciju aktivnosti klizišta. Konvencionalne metode izrade inventara klizišta obuhvaćaju geomorfološko terensko kartiranje klizišta i vizualnu intepretaciju stereomodela (*Guzzetti i dr., 2012*). Unatoč razvoju tehnologije, za izradu karte inventara klizišta i danas se najčešće koristi interpretacija stereoparova aerosnimki, te ona predstavlja standard i mjeru s kojom se uspoređuje uspješnost novijih tehnologija (*Guzzetti i dr., 2012*). Prednost

korištenja starijih generacija avionskih fotografija je omogućivanje izrade karte inventara klizišta za različita razdoblja (*eng. multi-temporal inventory*), te se na taj način dobivaju inače nedostupni povijesni podaci o klizištima (*Guzzetti, 2006; Paine i Kiser, 2012*).

Karta klizišta i podaci o klizištima sadržani u inventaru klizišta jedni su od osnovnih ulaznih podataka i za izradu karata zoniranja prema potencijalnoj opasnosti od klizanja (karte podložnosti na klizanje i karte hazarda klizanja). Karte klizišta se koriste u kombinaciji s drugim tematskim kartama koje prikazuju uzroke klizanja, kako bi se odredio relativan utjecaj faktora klizanja, na temelju čega se definiraju težinski faktori uzroka klizanja, te konačno model za procjenu podložnosti na klizanje i hazarda klizanja (*Wieczorek, 1984*; *Carrara i dr., 1995; Glade i dr., 2007*). Za procjenu relativnog utjecaja faktora klizanja, kao i za modeliranje podložnosti i hazarda klizanja koriste se brojne metode u GIS-u koje su *van Westen i dr. (2002)* svrstali u tri glavne skupine: heurističke, statističke i determinističke.

Analitički hijerarhijski proces je strukturirana tehnika za organizaciju i analizu podataka u svrhu donošenja kompleksnih odluka. To je zapravo višeparametarska, višekriterijska metoda koja pomaže u odlučivanju (*Saaty i Vargas, 1991; Saaty, 2008*). Prema toj se metodi, na temelju prosudbe eksperta, kroz usporedbu parova kriterija daje se jednom članu para određena veća važnost. Iako je takva prosudba veće važnosti subjektivna, korištenje AHP metode se pokazalo učinkovitom i opravdanom u nizu problema i u različitim poljima (*Miyagi i dr., 2004; Yoshimatsu i Abe, 2005; Marques i Zuquette, 2006; Saaty, 2008*). AHP metodu je moguće praktično primijeniti i kod kartiranja klizišta i procjene značajki klizišta (*Miyagi i dr., 2004; Yoshimatsu i Abe, 2005*). U ovom radu AHP metoda je korištena za ocjenjivanje značajki klizišta koje su vidljive na stereomodelima kako bi se procjenila pouzdanost identifikacije klizišta, procjenila mogućnost daljnjeg razvoja klizišta i procjenila relativna opasnost od klizišta.

Važni podaci o klizištima su dimenzije klizišta. S obzirom na dimenzije, klizišta se razlikuju prema volumenu, površini, duljini, širini i dubini do klizne plohe. Dimenzije klizišta definirane su u Višejezičnom rječniku za klizišta (*UNESCO WP/WLI, 1993*). Raspodjela površina klizišta u određenom inventaru je važna i kao informacija za procjenu hazarda klizanja (*Guzzetti, 2006*) ili na primjer za procjenu volumena

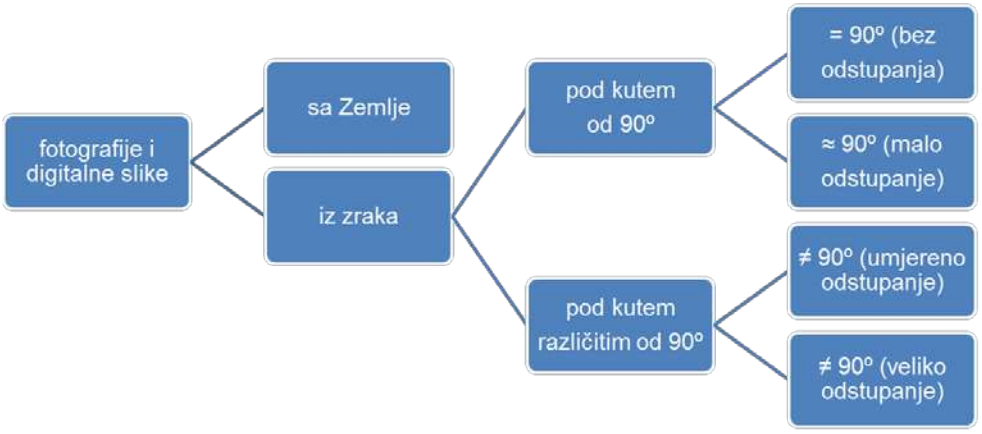
materijala koji može biti erodiran ili istaložen iz područja zahvaćenog klizanjem (*Hovius, i dr., 1997, 2000; Martin i dr., 2002; Guthrie i Evans 2004a; Lave i Burbank, 2004*). Zbog tih razloga je važno što točnije kvantificirati raspodjele površina klizišta određenog inventara. Točnim i pouzdanim metodama smatraju se metode korištene u radovima *Fuji (1969), Ohmori i Hirano (1988), Sasaki i dr. (1991), Sugai i dr., (1994), Ohmori i Sugai (1995), Pelletier i dr. (1997), Malamud i Tircotte (1999), Stark i Hovius (2001), Guzzetti i dr. (2002, 2004), Guthrie i Evans (2004b), Bradinoni i Church (2004), Malamud i dr. (2004a), Guzzetti (2006)*. *Guzzetti (2006)* preporučuje prikaz raspodjele površina klizišta određenog inventara pomoću logaritamskog prikaza površina svih klizišta u inventaru. *Guzzetti (2006)* u analizama inventara klizišta također koristi prikaze učestalosti površina klizišta u logaritamskim razredima veličine površina. U ovom radu analizirane su površine klizišta na istraživanom području iz tri postojeća inventara klizišta i iz dva inventara izrađena na osnovi stereomodela iz 1964. i 1998. godine.

1.3.2 Metode izrade inventara klizišta

Kartiranje klizišta na terenu je dio standardnog geomorfološkog kartiranja (*Hansen, 1984a, 1984b; Brundsen, 1985, Dikau i dr., 1996; Guzzetti i dr., 1996*). Proces kartiranja klizišta na terenu je često otežan zbog nemogućnosti identifikacije značajki klizišta, što je naročito izraženo kod starijih klizišta. Prema *Guzzetti (2012)* razlozi za to su višestruki: (i) zbog veličine klizišta često nije moguće u cijelosti vidjeti klizište; (ii) prohodnost terena često nije omogućena na način da je moguće vidjeti sve značajke klizišta (čelo, bokovi, nožica) s istom detaljnošću; i (iii) često su stara klizišta obrasla šumom, a njihova prvobitna morfologija je uništena mlađim klizištima, erozijom ili antropogenom djelatnošću.

Konvencionalne metode izrade karte inventara klizišta uključuju vizualnu interpretaciju stereoparova aerosnimaka (*Rib i Lang, 1978; Brundsen, 1993; Turner i Schuster, 1996, Cardinali i dr., 2001*) i geomorfološko terensko kartiranje (*Hansen, 1984a, 1984b; Brundsen, 1985, Dikau i dr., 1996; Guzzetti i dr., 1996*). Unatoč razvoju tehnologije i dalje najčešća metoda izrada karte inventara klizišta je interpretacija stereomodela, te ona predstavlja standard i mjeru s kojom se uspoređuje uspješnost primjene novih tehnologija (*Guzzetti i dr., 2012*). Prednost korištenja starijih generacija avionskih fotografija je moguća izrada karte inventara klizišta za različita razdoblja (*eng. multi-temporal inventory*), te se na taj način dobivaju inače nedostupni podaci o povijesnim klizištima (*Guzzetti i dr., 2004, 2005; Guzzetti, 2006;* Paine i Kiser, 2012).

Interpretacija stereoparova aerosnimaka je jedna od tehnika metoda daljinskih istraživanja. Fotogrametrija i daljinska istraživanja spadaju u područja umjetnosti, znanosti i tehnologije, a koriste se u svrhu pridobivanja pouzdanih informacija, o Zemlji i okolišu, te drugim fizičkim objektima i procesima iz snimaka (bez kontakta) i drugih senzorskih sistema, koja se koriste za mjerenja, analize i prezentacije (*ISPRS, 2012*). Prema načinu zapisa podataka postoje dva osnovna tipa kamere: kamera s filmom (podaci se zapisuju na film) i digitalna kamera (podaci se spremaju u digitalnom obliku) i zavisno od toga možemo razlikovati fotografije i digitalne slike. Jedna od mogućih podjela je prikazana na slici 2.



Slika 2 Klasifikacija fotografija i digitalnih slika (*Paine i Kiser, 2012*)

Nove tehnike identifikacije klizišta *Guzzetti i dr. (2012)* su pojednostavljeno grupirali u tri veće skupine: (i) analiza morfologije površine terena korištenjem digitalnih modela reljefa tzv. DEM-ova (*eng. digital elevation model*) visoke rezolucije; (ii) interpretacija i analiza satelitskih snimaka svih vrsta; i (iii) korištenje novih alata kod kartiranja klizišta. DEM-ovi visoke rezolucije se mogu dobiti pomoću LiDAR-a (*eng. Light Detection And Ranging*). Princip rada LiDAR-a je da laserski senzor, koji je na letjelici, mjeri udaljenost između instrumenta i površine terena. Zavisno od gustoće mjernih točaka mogu se dobiti DEM-ovi različitih rezolucija. Vizualna analiza i interpretacija površine terena, dobivena LiDAR-om dala je dobre rezultate što je prikazano u radovima *Ardizzone i dr. (2007) i Haneberg i dr. (2009)*. Klizišta mijenjaju optičke karakteristike površine terena, a satelitski senzori mogu izmjeriti te varijacije u spektralnom rasponu. Satelitske snimke se mogu koristiti u identifikaciji i kartiranju klizišta, ali to je i dalje to vrlo zahtjevan proces (*Guzzetti i dr., 2012*). Metodološki se interpretacija satelitskih snimaka može podjeliti u tri veće skupine na temelju korištenja vrste satelitskih snimaka: optički snimci, multispektralni snimci ili SAR snimci (*eng. Synthetic Aperture Radar*). Novi alati koji se se javljaju s razvojem tehnologije, a koriste se kod kartiranja klizišta su: terenska računala, GPS (*eng. global positioning system*), digitalne kamere s ugrađenim GPS-om, lasersko mjerenje udaljenosti i laserski dalekozori s GPS-om. Ovi alati omogućavaju obradu podataka na terenu, a njihova primjena pomaže u postizanju boljih rezultata na terenu.

1.3.3 Identifikacija klizišta na stereomodelu

Stereoskopija je tehnika kojom se korištenjem binokularnog vida postiže iluzija dubine, odnosno treće dimenzije i trodimenzionalnog ili 3D prikaza (*Paine i Kiser, 2012*). Tako dvije zračne fotografije istog područja snimljene s različitih pozicija kombinirane daju jedan 3D model. Stereoskopski par zračnih fotografija (stereopar aerosnimki) se sastoji od dvije snimke, koje se preklapaju barem 50%. Stereoskopski trodimenzionalni pogled je moguć samo na dijelu fotografija koje se preklapaju. Stereogram predstavlja izrezano, pravilno orijentirano i postavljeno područje preklopa stereoskopskog para. Stereoskop je binokularni instrument koji se koristi za postizanje stereoskopske slike. Korištenjem stereoskopa iz stereograma je moguće dobiti 3D model (stereomodel). Stereoskopi se mogu podijeliti na četiri tipa:

- stereoskop s lećama – najjednostavniji i najjeftiniji, male veličine, praktičan i za terensku upotrebu,
- stereoskop s ogledalima – sadrži bočna ogledala pod kutem od 45º, te je veći od stereoskopa s lećama, ima igraničenu mogućnost upotrebe na terenu,
- skenirajući stereoskop – omogućava skeniranje stereoskopske snimke u svim smjerovima bez pomicanja instrumenta ili fotografija i
- zumirajući stereoskop – koristi se za vrlo visko kvalitene fotografije snimljene u visokoj rezoluciji.

Većina stereoskopa uvećava sliku, te je treća dimenzija (dubina tj. visina) na slici preuveličana. Iznos preuvličanja se može izračunati prema formuli 1 (*Miller, 1960; LaPrade, 1972; Wolf, 1983*):

$$VE = (AB/H)\,(AVD/EB) \qquad \text{formula 1}$$

Gdje je:

- VE – vertikalno preuveličavanje (*eng. vertical exaggeration*),
- AB – zračna baza (*eng. airbase*) tj. udaljenost na zemlji između promatranih točaka, a dobije se iz odnosa preklopa, formata fotografije i mjerila fotografije: (1 - % preklopa) x (format fotografije u smjeru leta u centimetrima) x (recipročno mjerilo fotografije),
- H – visina leta (*eng. flying height*),

- EB – udaljenost između očiju (*eng. eyebase*),
- AVD – prividna stereoskopska udaljenost (*eng. apparent sterescopic viewing distance*) za koju se može uzeti standardna vrijednost od 0,15.

U većini slučajeva, vertikalno preuličavanje pomaže u inerpretaciji, sve dok je interpretator svjestan te činjenice. Geolozi smatraju vertikalno preuveličavanje važnom ispomoći pri interpretaciji blago položenih slojeva i blagog reljefa. Zbog preklopa stereoparova aerosnimki nepotrebno je kartirati svaki detalj na svakoj fotografiji već je potrebno utvrditi tzv. granice efektivnog područja i kartirati efektivno područje. Dobro utvrđene granice efektivnog područja osiguravaju da je cijelo područje kartirano bez dupliciranja. Uspješnost u interpretaciji stereomodela je povezana s iskustvom u interpretaciji. Stručnjak u interpretaciji mora imati dobro znanje o znanostima povezanim s Zemljom (geologiji, geomorfologiji, hidrologiji, pedologiji, šumarstvu, i sl.), jer interpretator je u prvom redu geolog, inženjer, šumar ili sličan profil stručnjaka koji je naučio vještinu fotointerpretacije kao ispomoć u svojoj disciplini. Stereomodel sadrži mnogo tragova koje interpretator mora vidjeti i ukomponirati zajedno sa znanjem kojeg posjeduje, te na temelju toga donijeti zaključke. Sedam osnovnih principa interpratacije stereomodela su (prema *Paine i Kiser, 2012*):

- apsolutna i relativna veličina – stvarna veličina objekta i procjena veličine u odnosu na neku poznatu veličinu,
- oblik – puno objekta se može prepoznati prema karakterističnom obliku (npr. infrastrukturni objekti kao što su ceste, pruge, aerodromi, itd.),
- sjena – može biti iznimno korisna u interpretaciji, jer može odražavati oblik i veličinu objekta, ali isto tako u nekim slučajevima može biti i smetnja, odnosno prekriti neki detalj,
- nijansa ili boja – može upućivati na sadržaj vlage i vegetaciju,
- tekstura – može varirati od glatkog do hrapavog (npr. kako drvored stari, postoje veće razlike u visini i gustoći koji se odražavaju i na ukupni dojam teksture drvoreda),
- uzorak – prostorni raspored objekata koji može biti prirodni ili umjetni, te se oni vrlo često mogu i jasno razlikovati (prirodni uzorci najčešće nisu uniformni kao umjetni) i

- lokacija, asocijacija i konvergencija dokaza – ponekad se indvidualne značajke objekta ne mogu jasno odrediti same po sebi, ali kada se uzmu u obzir i drugi objekti, identifikacija postaje jasna.

Kod stereoskopske analize stereomodela u svrhu identifikacije klizišta moraju se uzeti u obzir ograničenja metode (npr., vertikalno preuveličavanje, mjerilo stereomodela, itd.) i poštovati osnovni principi interpretacije stereomodela. Identifikacija klizišta na stereomodelu se provodi prema vidljivim značajkama klizišta na površini terena, uz korištenje konvergencije dokaza. Treba napomenuti i to da će postignuti rezultati će biti bolji ukoliko je interpretator iskusniji, a mjerilo fotografije detaljnije. Klizišta je ponekad moguće uočiti i na topografskim kartama, međutim kod identifikacije klizišta na temelju topografskih karata treba voditi računa o ograničenju korištenih podloga. Također, i kod terenskog kartiranja klizišta mogu postojati brojni otežavajući faktori za precizno utvrđivanje granica klizišta. Nijedna metoda identifikacije klizišta nije savršena, ali za izradu inventara klizišta u svjetskim razmjerima se najviše koristi interpretacija stereomodela, uz terensku provjeru na manjem dijelu istraživanog područja.

2 PRIRODNE ZNAČAJKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

Možete koristiti sve kvantitativne podatke na raspolaganju,

ali ne smijete im vjerovati,

već iskoristite svoju vlastititu inteligenciju i prosudbu.

Alvin Toffler

(1928.-)

2.1 Prirodne značajke područja južnih obronaka Medvednice u Zagrebu

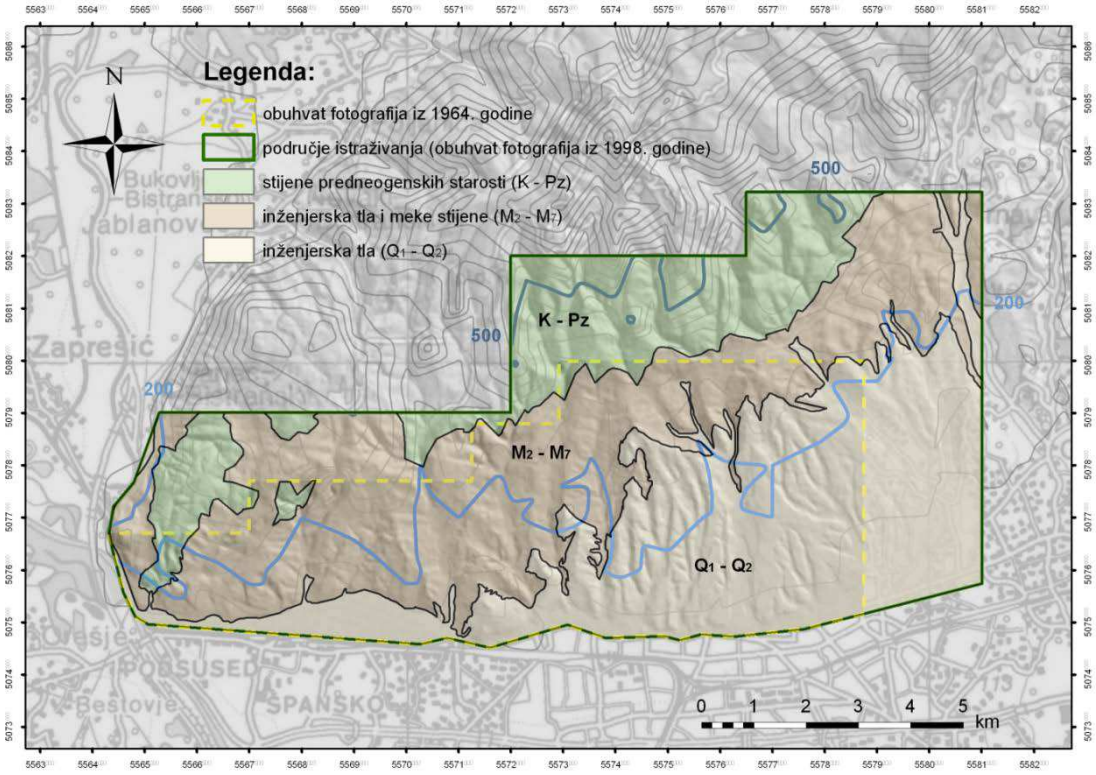
Područje istraživanja se nalazi unutar administrativne granice Grada Zagreba, županije smještene u kontinentalnoj središnjoj Hrvatskoj. Na području Grada Zagreba, ukupne površine 640 km^2, živi 792.875 stanovnika (*DZS, 2011*), što je približno 18,5% od ukupnog broja stanovnika Republike Hrvatske. Osim toga, broj stanovnika Grada Zagreba u stalnom je porastu u poslednjih 150 godina (*DZS, 2011*). Status Grada Zagreba reguliran je Zakonom o Gradu Zagrebu (*NN, 2001; SGGZ, 2001*). Uže gradsko područje pripada naselju grad Zagreb (veličine 220 km^2), a osim njega na području Grada nalazi se i 70 drugih naselja (*DZS, 2011*). Urbanizirano područje grada Zagreba smješteno je na južnim obroncima Medvednice i u ravničarskom područje oko rijeke Save, kao što je prikazano na slici 3. U centru grada, na Zrinjevcu nadmorska visina je 122 m.n.m., a na Sljemenu (najvišem vrhu Medvednice) nadmorska visina iznosi 1.033 m.n.m. Klima u Gradu Zagrebu je umjerena kontinentalna.

Slika 3 Pogled iz zraka na grad Zagreb smješten na južnim obroncima Medvednice i u ravničarskom području oko rijeke Save (*Google earth, 2014*)

Južni obronci Medvednice u gradu Zagrebu prostiru se od Podsuseda na zapadu do Sesveta na istoku, od šumovitih padina Medvednice na sjeveru do ravničarskog područje oko rijeke Save na jugu. Na južnim obroncima Medvednice na

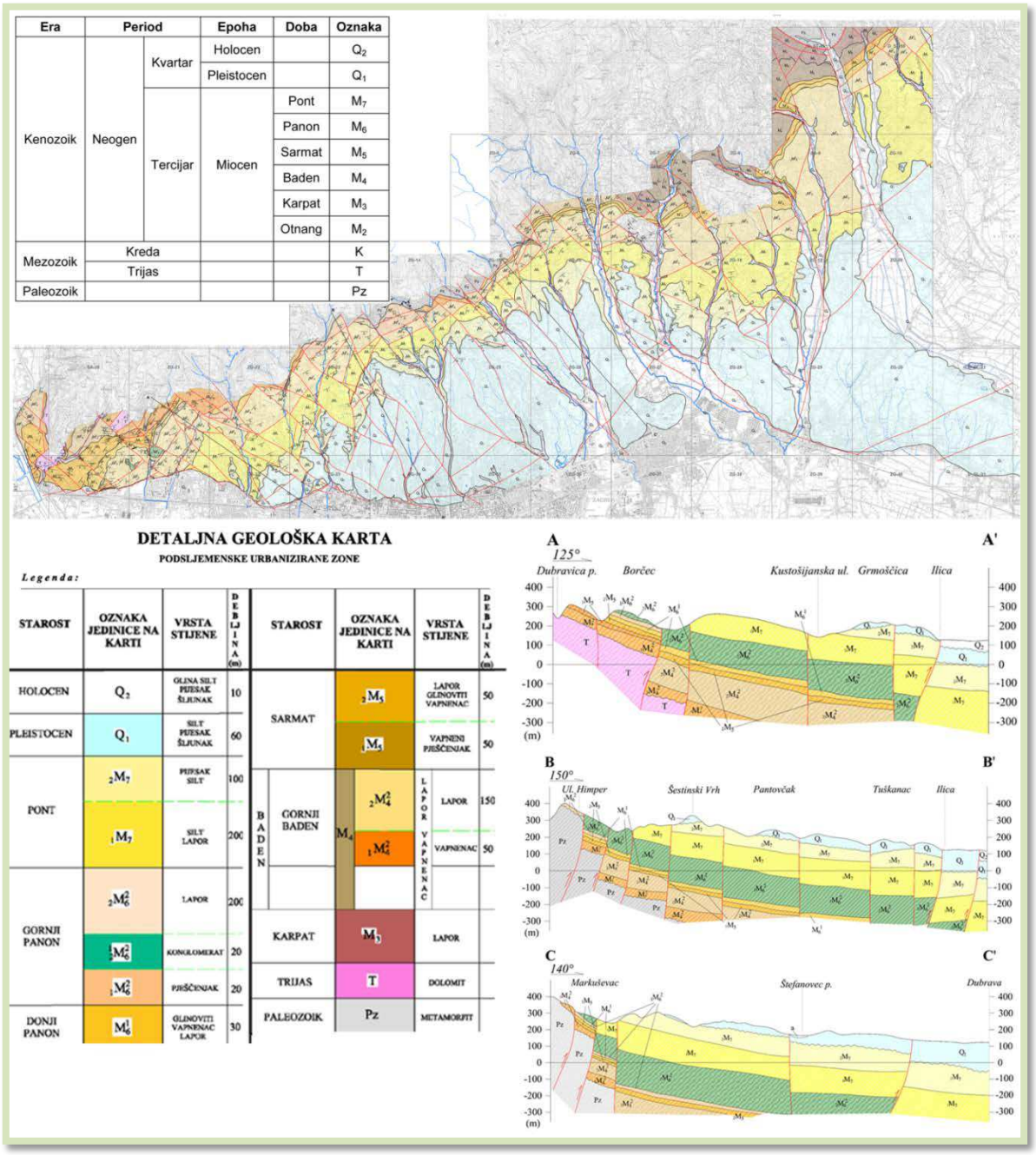
području istraživanja smještene su sljedeće gradske četvrti: Podsused – Vrapče (površine 36,05 km^2 s osam naselja), Črnomerec (površine 24,33 km^2 s devet naselja), Gornji grad – Medveščak (površine 10,13 km^2 s tri naselja), Maksimir (površine 14,35 km^2 s jednim naseljm), Podsljeme (površine 59,45 km^2 s četiri naselja) i Gornja Dubrava (površine 40,28 km^2 s 14 naselja). Južni obronci Medvednice u gradu Zagrebu nazivaju se još i Podsljemenska zona. Ovo područje prvobitno je korišteno za poljoprivredne djelatnosti, a s razvojem grada postalo je atraktivno za naseljavanje. Urbanizacija brdovitog područja započela je prije približno 50-ak godina, zbog čega se sve više šumska zemljišta i oranice pretvaraju u građevinska područja (*Parker, 2002*).

Područje istraživanja se nalazi u zapadnom dijelu južnih obronaka Medvednice u Gradu Zagrebu, a prikazano je na slici 4. Na području istraživanja (ukupne površine 99,79 km^2) 42,95 km^2 je na nadmorskim visinama 0-200 m.n.m., 54,08 km^2 je na nadmorskim visinama 200-500 m.n.m., a 2,76 km^2 je na nadmorskim visinama većim od 500 m.n.m. Oko 75% područja istraživanja nalazi se unutar naselja grada Zagreba, a približno 40% istraživanog područja je u Parku prirode Medvednica.



Slika 4 Generalizirana geološka karta područja istraživanja s prikazom područja obuhvata stereomodela iz 1964. i 1998. godine

Najstarije naslage brdovitog područja južnih obronaka Medvednice pripadaju paleozoiku, a najmlađe kvartaru, te su detaljno opisane u brojnim radovima od kojih su ovdje izdvojeni *Šimunić i Hećimović (1980), Šikić (1995)* i *Miklin i dr. (2007)*. U studiji *Šimunić i Hećimović (1980)* opisani su tektonski odnosi sjeverozapadne Hrvatske. U knjizi „Geološki vodič Medvednice„ *(Šikić, 1995)* su dani karakteristični geološki stupovi za područje Medvednice, a za potrebe studije iz 2007. godine *(Miklin i dr., 2007)* je napravljena i geološka karta u mjerilu 1:25.000 s karakterističnim geološkim profilima južnih obronaka Medvednice, prikaz je dan na slici 5.

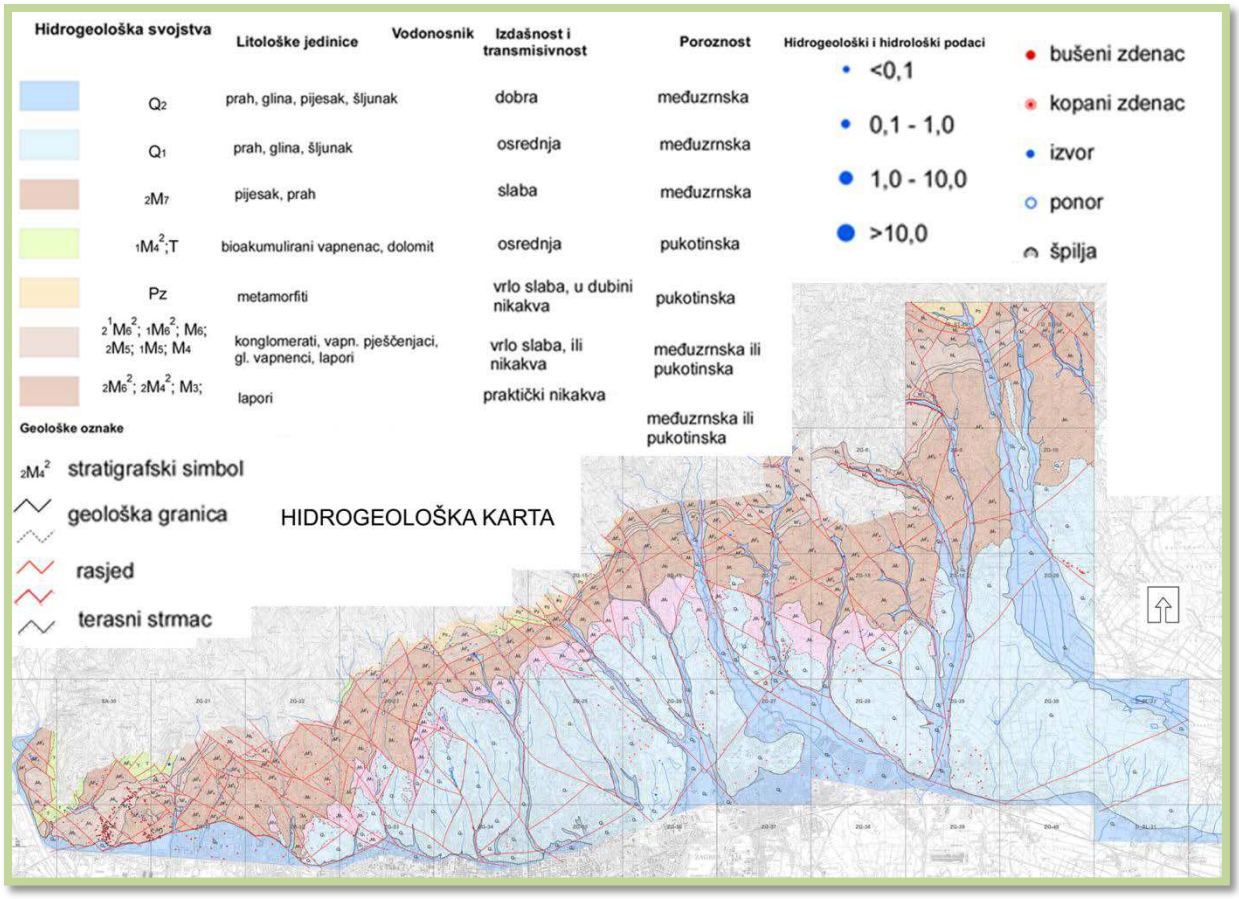


Slika 5 Geološka karta južnih padina Medvednice izvornog mjerila 1:25.000 s profilima (*Miklin i dr., 2007*)

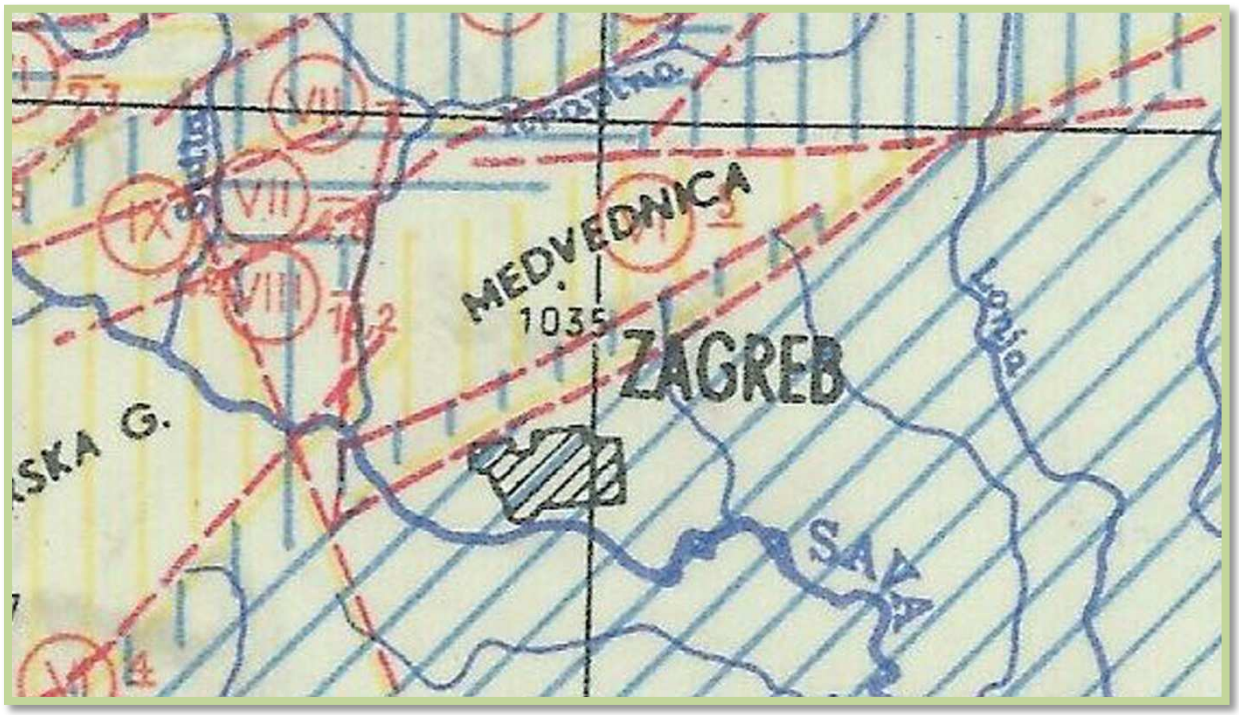
Iz geološke karte je vidljivo da se na najvećem dijelu površine južnih obronaka Medvednice nalaze naslage kvartarne starosti (holocen do plesistocen, Q_2-Q_1) i miocenske starosti (otnang do pont, M_7-M_2). Na geološkim profilima je vidljivo da se debljina pleistocenskih naslaga smanjuje idući od juga prema sjeveru. Debljina miocenskih naslaga je konstantna, ali se one nalaze na sve većim dubinama idući od juga prema sjeveru. U krajnjem sjeverozapadnom dijelu područja na površini se nalaze predneogenske naslage, što je posljedica tektonskih pokreta. U ovim dijelovima područja geološka građa je složenija, kao što je prikazano na profilima na slici 5.

Na slici 6 prikazana je hidrogeološka karta južnih obronaka Medvednice u izvornom mjerilu 1:25.000, preuzeta iz studije *Miklin i dr. (2007).* Iz hidrogeološke karte je vidljivo da se na najvećem dijelu površine južnih obronaka Medvednice nalaze naslage kvartarne starosti (holocen do plesistocen, Q_2-Q_1) u kojima se vodnosnici odlikuju dobrom do osrednjom izdašnošću i transmisivnošću, te međuzrnskom poroznošću. U naslagama miocenske starosti (otnang do pont, M_7-M_2) vodnosnici se odlikuju slabom do nikakvom izdašnošću i transmisivnošću, te međuzrnskom ili pukotinskom poroznošću, dok se u naslagama predneogenske starosti (kreda do paleozoik, K-Pz) vodnosnici odlikuju osrednjom do nikakvom izdašnošću i transmisivnošću, te pukotinskom poroznošću.

Na slici 7 prikazana je povijesna interpretacija neotektonskih aktivnosti područja planine Medvednice s koje je vidljivo da se brdovito područje južnih obronaka Medvednice nalazi unutar neotektonski aktivnog područja, i to s rasjedima generalnog pružanja jugozapad-sjeveroistok. Neotektonska aktivnost planine Medvednice interpetirana je u brojnim radovima (*Ćirić, 1967; Šikić, 1995; Prelogović i dr., 1995, 1998; Decker i Peresson, 1996; Herak i dr., 1996; Herak, 2006; Herak, 2011a, 2011b; Herak i dr., 2013*). Strukturne značajke Medvednice su opisane u *Tomljenović (2002)*, a seizmička aktivnost u *Herak i dr. (2009)*.

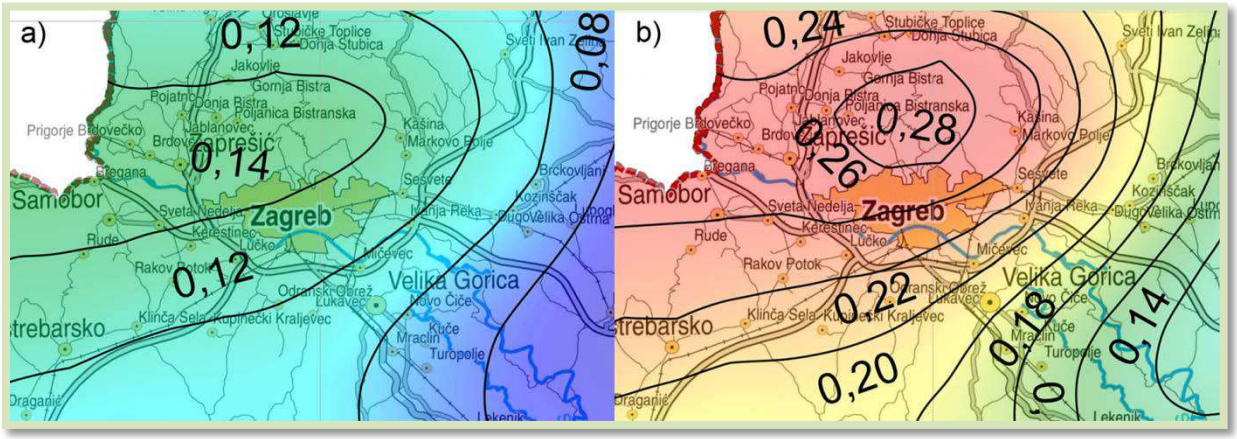


Slika 6 Hidrogeološka karta južnih padina Medvednice u izvornom mjerilu 1:25.000 (*Miklin i dr., 2007*)



Slika 7 Isječak s Neotektonske karte Jugoslavije u mjerilu 1:500.000 (*Ćirić, 1967*): područja izdizanja su prikazana žutom šrafurom, a područja spuštanja plavom šrafurom, prikazani su i zabilježeni potresi prema jakosti rimskim brojem unutar kruga

Posljedica neotektonskih aktivnosti može biti i seizmička aktivnost. Područje Medvednice pripada zoni pojačane seizmičke aktivnosti koja je posljedica intenzivnih tektonskih pokreta (*Prelogović i dr., 1998*). Seizmičnost na području Medvednice iznosi 8 do 9 stupnjeva po MSC skali (za povratno razdoblje od 500 godina). Na području grada Zagreba intenziteti potresa su u intervalu od 7,0-7,50 (jugozapadni dio grada) do 8,5-9,00 MCS ljestvice (sjeveroistočni dio grada), za povratni period od 500 godina. Na slici 8 prikazana su potresna područja za poredbena vršna ubrzanja temeljnog tla tipa A za šire područje Grada Zagreba, iz čega proizlazi da se procijenjeno vršno ubrazanje temeljnog tla povećava idući od ravničarskog dijela Grada Zagreba prema planini Medvednici, pri čemu u području južnih obronaka Medvednice iznosi 0,14 g za povratno razdoblje od 95 godina i 0,27 g za povratno razdoblje od 475 godina, u jedinicama gravitacijskog ubrzanja.



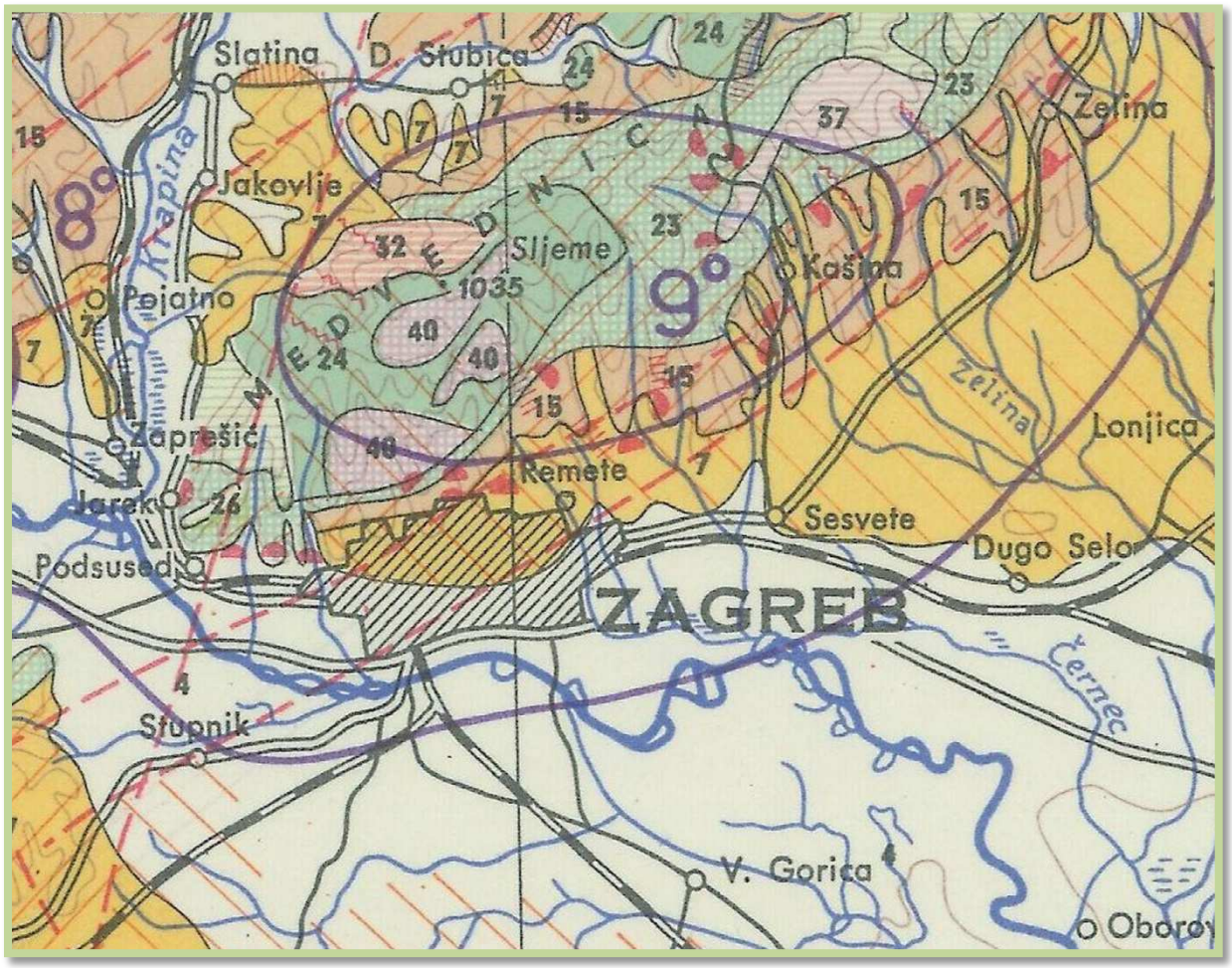
Slika 8 Isječci Karte potresnih područja Republike Hrvatske za poredbena vršna ubrzanja temeljnog tla tipa A (*Herak, 2011a; 2011b*): a) s vjerojatnosti premašaja 10% u 10 godina, za povratno razdoblje 95 godina u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g; b) s vjerojatnosti premašaja 10% u 50 godina, za povratno razdoblje 475 godina u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g

Vrste stijena i tala na području južnih obronaka Medvednice pojednostavljeno su prikazane također na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:500.000 (*Čubrilović i dr., 1967*) na slici 9. Najzastupljeniji litološki kompleksi su originalno opisani na sljedeći način (*Čubrilović, 1969*):

- 7 – Pijesci, šljunci i gline, slabo do srednje zbijeni i ponegdje cementirani, dobro izražene slojevitosti, kompleks jezerskih sedimenata mlađeg neogena, s velikim promjenama poroznosti i vodopropusnosti, podložan eroziji i klizanju, kut prirodnog nagiba padina je različit.

- 15 – Pješčenjaci, laporovite gline, lapori i pijesci, kompleks jezerskih, uslojenih sedimenata mlađeg neogena, s velikim promjenama poroznosti i vodopropusnosti, podložan eroziji i klizanju.

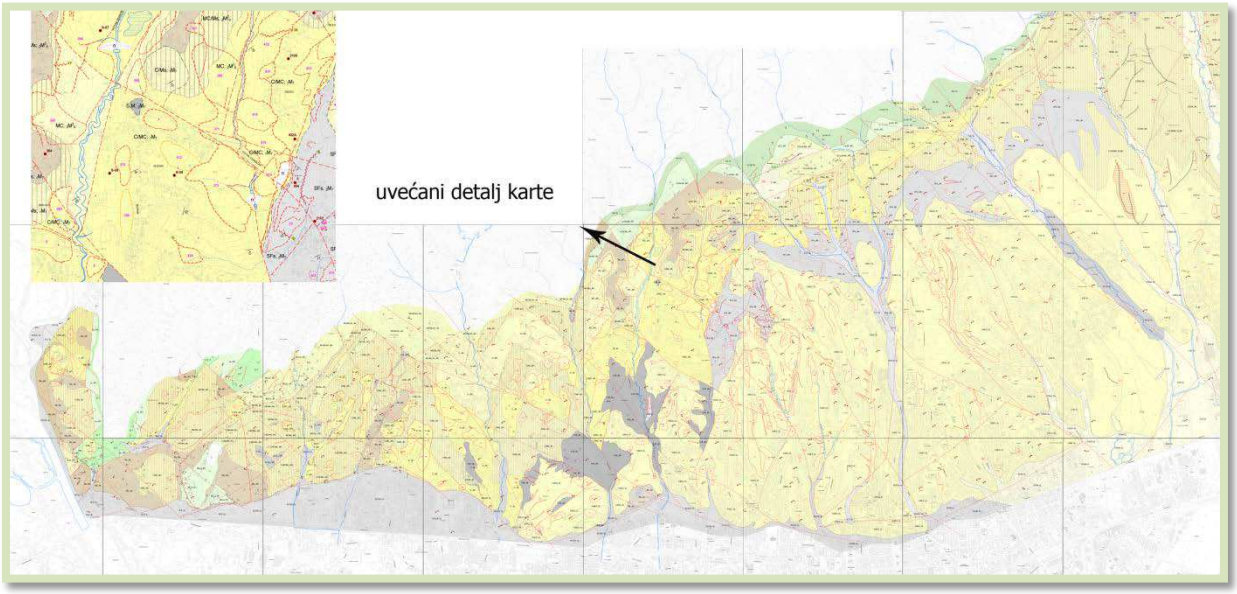
Za ova dva dominantna litološka kompleksa, također je u okviru iste karte navedena procjena podložnosti klizanju. Kompleks pijesaka, šljunaka i glina (oznaka 7) *Čubrilović (1969)* opisuje kao: "Pretežno stabilni u prirodnim uvjetima, a mogu postati pretežno nestabilni pri djelatnosti čovjeka.“ Isti autor litološki kompleks slojevitih sedimenata mlađeg neogena (oznaka 15) opisuje kao „Pretežno nestabilni u prirodnim uvjetima, a pri djelatnosti čovjeka najvećim dijelom nestabilni.“



Slika 9 Isječak s Inženjerskogeološke karte Jugoslavije u mjerilu 1:500.000 (*Čubrilović i dr., 1967*). Crvenim oznakama prikazana su aktivna klizišta. Ljubičastim linijama prikazane su zone prema stupnjevima seizmičnosti prema MCS skali (7-9º).

S obzirom na litološke komplekse, istraživano područje obuhvaća terene izgrađene od sljedećih tipova stijena/tla, kao što je prikazano na slici 4: (i) inženjerska tla kvartarne starosti (38,43 km^2); (ii) inženjerska tla i meke stijene miocenske starosti

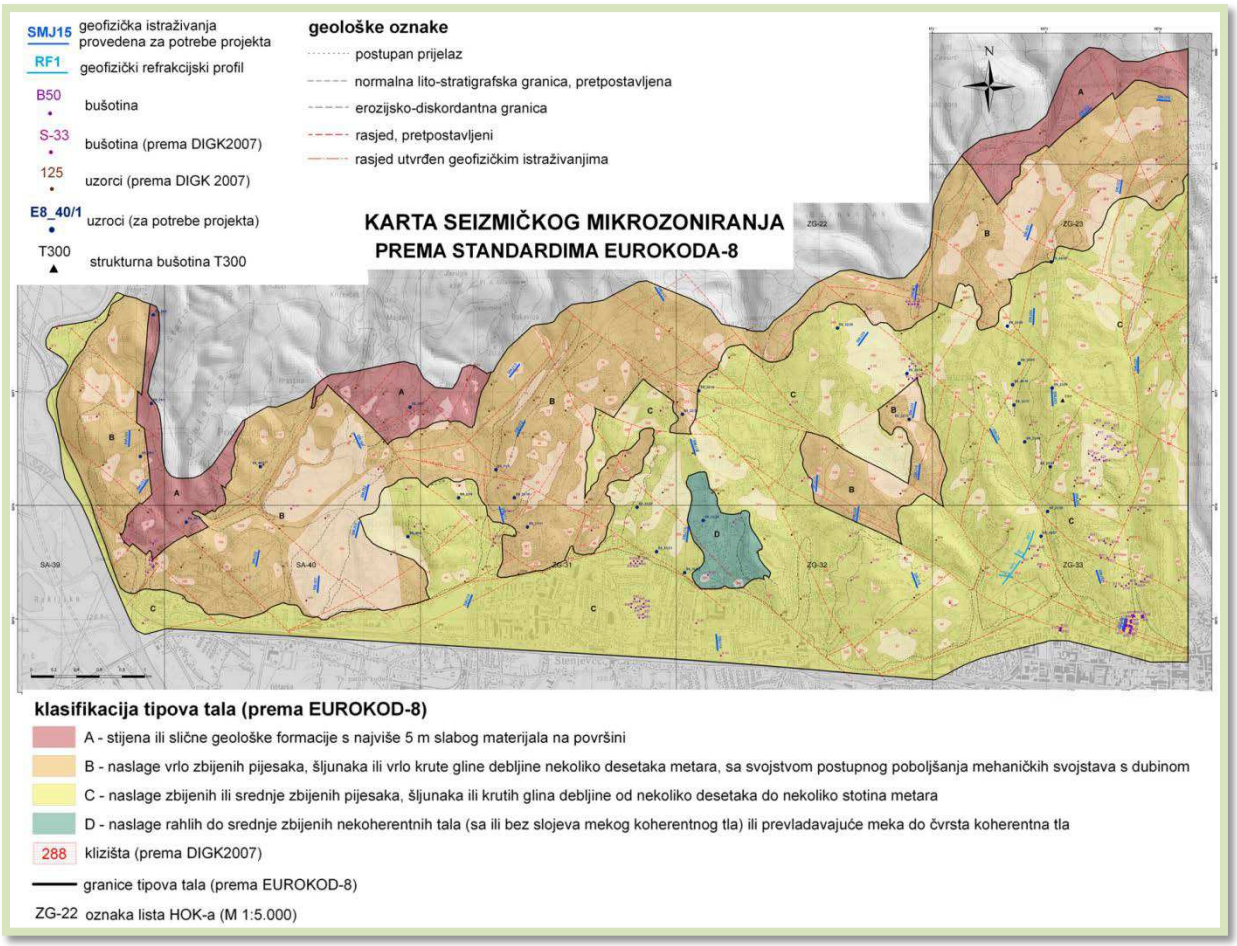
(41,61 km^2); i (iii) stijene predneogenske starosti (19,75 km^2). Na slici 10 prikazana je inženjerskogeološka karta južnih obronaka Medvednice u izvornom mjerilu 1:5.000 (*Miklin i dr., 2007)*, na kojoj su prikazani: (i) litološki kompleksi inženjerskog tla kvartarne starosti (obojani nijansama svijetlo sive i nijansama svijetlo žute boje); kompleksi inženjerskog tla i mekih stijena miocenske starosti (obojani nijansama tamno sive i nijansama tamno žute boje); i kompleksi stijena predneogenske starosti (obojani nijansama zelene boje); (ii) granice klizišta prema pouzdanosti odredbe (punom linijom su označena pouzdano određena klizišta, a crtkanom linijom nepouzdano određena klizišta) i prema aktivnosti (crvenom bojom su označena aktivna klizišta, narančastom umirena klizišta, a zelenom stabilizirana klizišta); (iii) mjesta uzorkovanja inženjerskog tla i stijena; i (iv) stratigrafski i strukturno-geološki simboli (geološke granice, rasjedi i položaj slojevitosti).



Slika 10 Inženjerskogeološka karta južnih obronaka Medvednice u izvornom mjerilu 1:5.000 (*Miklin i dr., 2007).* Na uvećanom isječku karte vide se naslage inženjerskog tla kvartarne starosti (obojane nijansama svijetlo sive i nijansama svijetlo žute boje), naslage inženjerskog tla i mekih stijena miocenske starosti (obojane nijansama tamno sive i nijansama tamno žute boje) i naslage stijena predneogenskih starosti (obojane nijansama zelene boje).

Na slici 11 prikazana je karta seizmičkog mikrozoniranja zapadnog dijela Podsljemenske urbanizirane zone u Zagrebu izvornog mjerila 1:10.000 prema standardima Eurokoda-8 na južnim obroncima Medvednice (*Herak i dr., 2013*). Na karti su izdvojene zone A, B, C i D prema tipovima tla. Iz karte je vidljivo da je na području južnih obronaka Medvednice najrasprostranjenije tlo kategorije C u koju spadaju naslage zbijenih ili srednje zbijenih pijesaka, šljunaka ili krutih glina. Prema

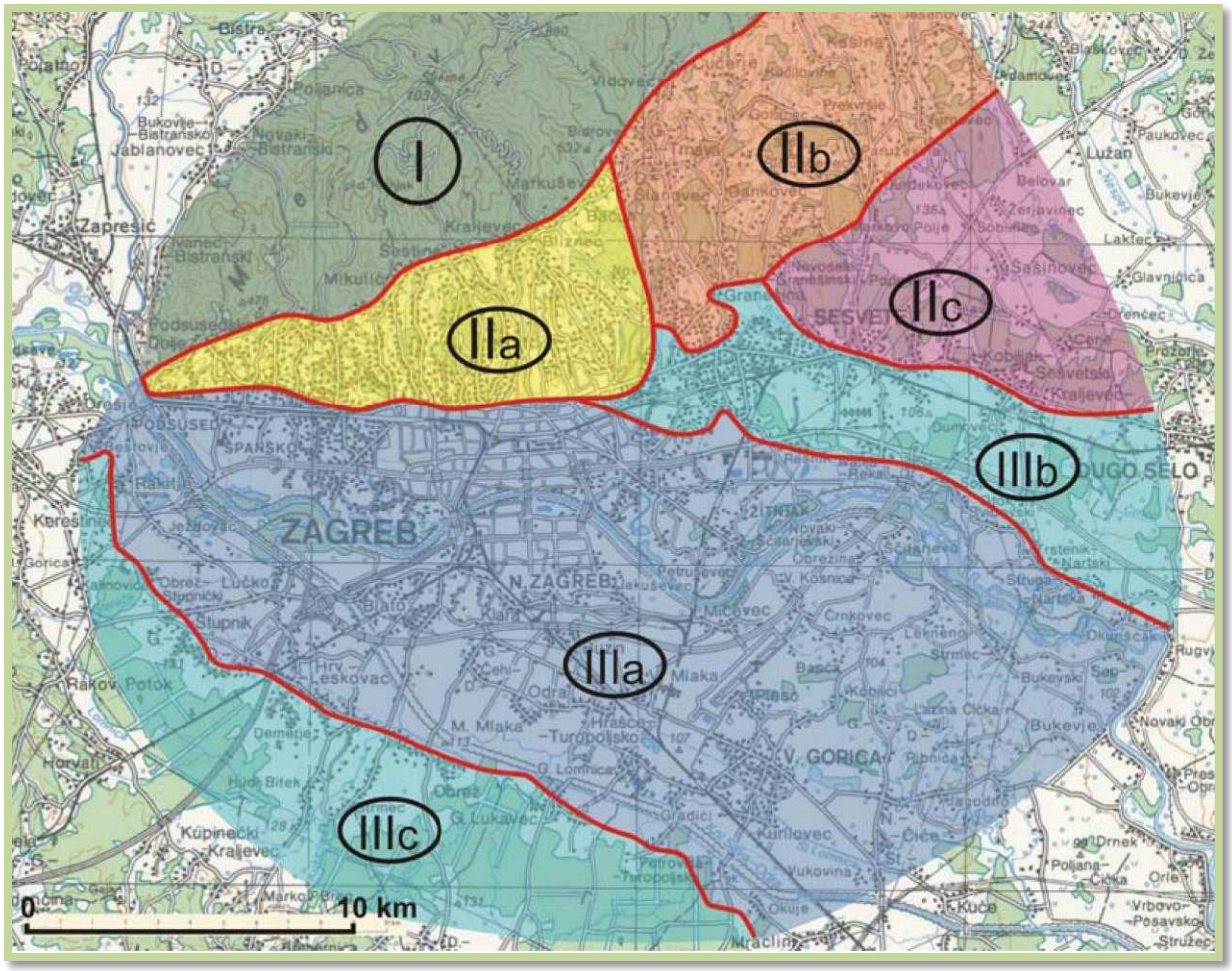
zastupljenosti zatim slijedi kategorija tla B u koju spadaju naslage vrlo zbijenih pijesaka, šljunaka ili vrlo krute gline, zatim kategorija tla A u koju spadaju stijene ili slične geološke formacije, dok je najmanje zastupljena kategorija tla D u koju spadaju naslage rahlih do srednje zbijenih nekoherentnih tala ili prevladavajuće meka do čvrsta koherentna tla.



Slika 11 Karta seizmičkog mikrozoniranja zapadnog dijela Podsljemenske urbanizirane zone u Zagrebu prema standardima Eurokoda-8 izvornog mjerila 1:10.000 (*Herak i dr., 2013*): tipovi tla izdvojeni su u zone A, B, C i D, a svjetlijom nijansom označena su klizišta identificirana na DIGK (*Miklin i dr., 2007*)

2.2 Zone inženjerskogeoloških uvjeta na južnim obroncima Medvednice

S obzirom na inženjerskogeološke i geotehničke uvjete, na području Grada Zagreba razlikuju se četiri veće zone: gorje Medvednice, južni obronci Medvednice, ravničarsko područje uz rijeku Savu i brdovito područje Vukomeričkih gorica. Takvu, ili sličnu podjelu, koristi niz autora (*Šikić, 1988; Šikić i dr., 1989; Jurak i Mihalić, 1995; Miklin, 2003; Miklin i dr., 2007, 2010; 2011; Jurak i dr., 1998; 2008; Mihalić Arbanas i dr., 2012*) zbog toga što se ove zone razlikuju s obzirom na geomorfološke značajke područja i geološku građu, što se odražava na karakteristične oblike reljefa, svojsta materijala i aktivne geomorfološke procese koji predstavljaju opasnost za ljude i materijalna dobra tj. geohazarde (*Bell, 2003*). Na slici 12 prikazane su granice ovih zona, razrađene prema *Jurak i dr. (2008*).



Slika 12 Zone inženjerskogeoloških uvjeta prema *Jurak i dr. (2008*): I-gorska jezgra Medvednice; II-medvedničko prigorje/Podsljemenska urbanizirana zona: a-periklinalno položene mlađe naslage (neogenske i starije kvartarne), b-strukture boranja u mlađim naslagama (neogenskim), c-uzvisina starijeg kvartara i nanosa brdskih potoka; III-prisavska naplavna ravnica: a-savske naplavine, b i c-terasna izdignuća (terase)

Područje Vukomeričkih gorica nije obuhvaćeno podjelom prema *Jurak i dr. (2008)*, a slika 12 prikazuje grad Zagreb i širu okolicu, gdje se razlikuju tri glavne zone (označene rimskim brojevima I, II i III) i podzone untutar zona II i III (označene slovima a, b i c). Procesi klizanja i s njima povezane pojave klizišta prisutni su u zonama I i II. Rezultati analize zastupljenosti geoloških jedinica, nagiba terena i pokrova zemljišta u pojedinim zonama opisani su u radu *Mihalić Arbanas i dr. (2012)*. U daljnjem tekstu daje se pregled inženjerskogeoloških uvjeta na području zona I, IIa, IIb i IIc, jer su one relevantne za područje istraživanja ove disertacije.

Zona I originalno je nazvana „Gorska jezgra Medvednice“. Ova zona dominantno (oko 77%) je izgrađena od predneogenskih stijena temeljnog gorja Medvednice (sedimentnih, metamorfnih i magmatskih stijena od prekambrijske do kredne starosti), a manjim dijelom (oko 23%) od sedimentnih stijena donjeg i srednjeg miocena, starosti otnang (M_2) do sarmat (M_5), uglavnom od vapnenaca i lapora badenske starosti (M_4). U zoni I dominiraju stijenske mase čvrstih stijena različitog porijekla, a mjestimično i stijenske mase mekih stijena lapora. Stijenska masa je pokrivena relativno tankim površinskim naslagama inženjerskog tla koje se sastoje od deluvijalnih, koluvijalnih i eluvijalnih naslaga. S obzirom da je najveći dio ove zone unutar granica Parka prirode Medvednica, dominantni pokrov u zoni I je šuma koja je prisutna na oko 92% površine ove zone. Oko 60% područja ove zone je nagiba u rasponu 12-48°. Aktivni geomorfološki procesi u zoni I su klizišta i linijska erozija prouzročena bujičnim tokovima. Klizišta uglavnom nastaju na granici između površinskih naslaga i svježe stijene ili u zasjecima cesta (npr. na Sljemenskoj cesti prema *Šikić i Borčić, 1973a, 1973b; Šikić, 1981a, Miklin, 2003*). Odronjavanja stijena karakteristična su za prirodne litice ili za umjetne strme pokose u zasjecima cesta ili zasjecima kamenoloma.

Zona IIa originalno je nazvana „Medvedničko prigorje/Podsljemenska urbanizirana zona – periklinarno položene mlađe naslage (neogenske i starije kvartarne“. U sjeverozapadnom dijelu ove zone na površini terena (približne veličine 42% područja zone IIa) se nalaze gornjomiocenske naslage panonske i pontske starosti (M_6-M_7), koje se uglavnom sastoje od uslojenih sitnozrnatih tala i lapora. Debljina gornjomiocenskih naslaga se povećava od sjeverozapada prema jugoistoku, a maksimalna debljina je oko 400 metara. U jugozapadnom dijelu ove zone na površini terena (približne veličine 42% područja zone IIa) nalaze se kvartarne naslage, koje se sastoje od inženjerskih tala. Debljina kvartarnih naslaga se

povećava od sjeverozapada prema jugoistoku, a maksimalna debljina je oko 250 metara. Iz navedenog slijedi da u zoni IIa dominiraju inženjerska tla, a mjestimično se nalaze i stijenske mase mekih stijena lapora. Relativno tanke površinske naslage se sastoje od deluvijalnih, koluvijalnih i eluvijalnih naslaga. S obzirom da je najveći dio ove zone unutar granice naselja grada Zagreba, dominantni pokrov u zoni IIa su tzv. umjetne površine koje su prisutne na oko 74% površine ove zone. Oko 14% površine ove zone je zaravnjeno područje nagiba manjeg od 3°. Oko 74% područja ove zone su padine nagiba u rasponu 6-48°, na kojima postoji potencijalna opasnost od klizanja i linijske erozije prouzročene bujičnim tokovima. Klizišta uglavnom nastaju na granici između površinskih naslaga i svježe stijene lapora, odnosno inženjerskog tla. Također su mnoga poznata klizišta nastala na geološkoj granici između pleistocenskih i gornjo pontskih naslaga. U Zoni IIa je dokumentiran relativno veliki broj klizišta (više stotina), od kojih su tek na malom broju provedene mjere sanacije (*Ortolan i dr., 1999; Miklin i dr., 2007; Ortolan, 2009*)

Zona IIb originalno je nazvana „Medvedničko prigorje/Podsljemenska urbanizirana zona – strukture boranja u mlađim neogenskim naslagama“. Ova zona izgrađena je od gornjomiocenskih naslaga panonske i pontske starosti (M_6-M_7), uglavnom sitnozrnatih tala i stijenskih masa mekih lapora (oko 43% područja), srednjomiocenskih naslaga starosti otnang do sarmat (M_2-M_5), uglavnom vapnenaca i lapora (oko 32% područja) i od kvartarnih naslaga pleistocenske i holocenske starosti (Q_1-Q_2) koje se sastoje od inženjerskih tala. U jugoistočnim dijelovima zone IIb maksimalna debljina gornjomiocenskih inženjerskih tala i mekih lapora je približno 800 metara. U sjeverozapadnim dijelovima zone IIb debljina vapnenaca i lapora je približno 400 metara. U zoni IIb podjednako su zastupljena inženjerska tla i stijenske mase mekih stijena (lapora). Relativno tanke površinske naslage se sastoje od deluvijalnih, koluvijalnih i eluvijalnih naslaga. S obzirom da je samo manji dio ove zone unutar granice naselja grada Zagreba, dominantni pokrov u zoni IIb je poljoprivredno zemljište, prisutno na oko 57% površine ove zone, a samo oko 17% područja su umjetne površine nastale urbanizacijom zone IIb. Oko 13% površine ove zone je zaravnjeno područje nagiba manjeg od 3°. Oko 74% područja ove zone su padine nagiba u rasponu 6-48°, na kojima postoji potencijalna opasnost od klizišta i linijske erozije prouzročene bujičnim tokovima (*Štefanek, 2008*). Klizišta uglavnom nastaju na granici između svježeg lapora i površinskih naslaga, odnosno

inženjerskog tla. Također mnoga su poznata klizišta nastala na geološkoj granici između gornjo pontskih i pleistocenskih naslaga.

Zona IIc originalno je nazvana „Medvedničko prigorje/Podsljemenska urbanizirana zona – uzvisinu starijeg kvartara i nanosa brdskih potoka“. Ova zona izgrađena je od kvartarnih inženjerskih tala (oko 62% područja), a debljina ovih naslaga može iznositi i do 300 metara. Na površini zone IIc nalaze se isključivo inženjerska tla. Relativno tanke površinske naslage se sastoje od deluvijalnih, koluvijalnih i eluvijalnih naslaga. S obzirom da je ova zone gotovo u potpunosti nalazi izvan granice naselja grada Zagreba, dominantni pokrov u zoni IIc je poljoprivredno zemljište (oko 52% površine), a samo oko 15% su tzv. umjetne površine. Oko 77% područja ove zone je nagiba manjeg od 3°, zbog čega je pojava klizišta ograničena na svega 23% površine zone IIc.

Gorsko područje (zona I) i područje brežuljaka i pobrđa Medvednice (zona IIa, IIb i IIc) su karakterizirana klizištima i bujičnim tokovima kao dominantnim geohazardima. U zoni I je Park prirode Medvednica gdje gradnja nije dozvoljena (ili je dozvoljena samo u ograničenoj mjeri). Zbog toga pokrov zemljišta se sastoji pretežito od šume, a klizišta u zoni I pretežito ugrožavaju ceste. Nasuprot tome, u području brežuljaka i pobrđa Medvednice (zona IIa i IIb) klizišta predstavljaju značajnu postojeću ili potencijalnu prijetnju imovini, a mogu ugroziti i živote. Klizišta u području brežuljaka i pobrđa Medvednice su uglavnom plitka do umjereno plitka (dubina klizne plohe je na 4-8 m), te mala do umjereno mala (volumen materijala u pokretu je u rasponu od $25x10^3$-$1x10^5$ m^3). Klizišta su uglavnom uzrokovana antropogenom djelatnošću koja uključuje gradnju na padinama nagiba od 10-30° (*Mihalić i dr., 2011*). Bujični tokovi su mogući samo u zonama IIa, IIb i u sjevero-zapadnom dijelu zone IIIb. Prema povijesnim podacima, učestalost bujičnih tokova u posljednjih četiri stoljeća je svakih 21 godinu (*Žugaj i dr., 2007*). Posljednja pojava se dogodila u srpnju 1989. godine kao posljedica obilnih oborina (kiša).

Sustavno istraživanje inženjerskogeoloških uvjeta na području Grada Zagreba u okviru regionalnih studija započelo je 1963. godine, uglavnom s ciljem seizmičko-geotehničkog zoniranja i zoniranja podložnosti na klizanje, a u svrhu planiranja namjene zemljišta na razini prostornog planiranja. Sve aktivnosti vezane za povijesna

zoniranja geohazarda moguće je grupirati u tri razdoblja: 1963.-1972., 1979.-1988. i 1993.-2012 (*Mihalić Arbanas i dr., 2012*).

Prva studija seizmičkog makrozoniranja šireg područja Grada Zagreba je iz 1965. godine, a provedena je od strane Geofizičkog odsjeka Prirodoslovno matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, te je bila temeljena na seizmološkim podacima prikupljenim iz kataloga potresa za razdoblje od 1879.-1908. godine i mjerenim podacima iz seizmološke postaje Grič u Zagrebu za razdoblje od 1909.-1964. godine.

Na 12 odabranih lokacija 1969. godine izvršeno je mjerenje mikroseizmičkog nemira, a preliminarno seizmičko mikrozoniranje Grada Zagreba je provedeno u razdoblju od 1968.-1972. godine od strane Geofizičkog odsjeka Prirodoslovno matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Odsjeka za geodeziju Grada Zagreba. Rezultirajuća karta mikrozoniranja je izrađena u mjerilu 1:50.000 (za područje Grada od 260 km^2), a za njezinu izradu su korišteni i postojeći podaci koji su uključivali: geotehničke izvještaje (s 5.000 bušotina), geofizička istraživanja, litološke i hidrogeološke karte. Seizmičko mikrozoniranje Medvednice (u mjerilu 1:50.000) provedeno je 1979. godine na temelju interpretacije prigušenja signala intenziteta, akceleracije i brzine.

Geološke tematske karte (litološke, hidrogeološke) Grada Zagreba u krupnom mjerilu (1:10.000) su izrađene u razdoblju od 1963.-1968. godine u sklopu istraživanja provedenih u Institutu za geološka istraživanja Zagreb, kao i u okviru studije iz 1967. godine koja je uključivala i kartu inventara klizišta i kartu podložnosti na klizanje za zone IIa i djelomično za zonu IIb. Tijekom 1970.-ih i 1980.-ih godina je provedeno terensko geomorfološko kartiranje klizišta u sklopu kojeg je izrađena i nova karta inventara klizišta u mjerilu 1:10.000 za područje južnih obronaka Medvednice (od strane Geotehnika–Geoexpert-a 1979. godine) i općina u Gradu Zagrebu i izvan Grada Zagreba (u suradnji s Institutom za geološka istraživanja Zagreb u razdoblju 1981.-1986. godine). Karta inventara klizišta i karta podložnosti klizanju Grada Zagreba iz 1979. godine je bila u službenoj upotrebi do 2001. godine za potrebe prostornog planiranja.

Regionalna studija „Seizmičko mikrozoniranje Grada Zagreba (14 općina)“ iz 1988. godine je uključivala seizmičko-geotehničko zoniranje područja približne

površine od 1.700 km^2. Provedeno je zoniranje s obzirom na geohazarde od strane grupe autora: Geotehnika–Geoexpert, Zagreb; Geološki zavod, Institut za geološka istraživanja Zagreb; Geofizički odsjek, Prirodoslovno matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu; i Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu. Ulazni podaci za rezultirajuću geotehničku kartu u mjerilu 1:10.000 su bili postojeći podaci i karte iz razdoblja 1979.-1986. godine dopunjeni s postojećim podacima iz geotehničkih izvještaja (s 8.500 bušotina). Izrađene su i četiri karte u mjerilu 1:100.000 za dano područje: (i) seizmotektonska karta; (ii) karta očekivanih maksimalnih horizontalnih akceleracija na osnovnoj stijeni; (iii) karta očekivanih maksimalnih intenziteta potresa na srednjem tlu; i (iv) karta kategorija tla i stijena prema lokalnim uvjetima i litološkim značajkama. Na seizmotektonskoj karti su izdvojene zone maksimalnih magnituda potresa u intervalu od M=5 do M=7. Seizmički hazard je bio kvantificiran na temelju korištenja determinističkih (prigušenje signala) i probabilističkih (vršno ubrzanje tla) metoda na osnovnoj stijeni i površini. Pokreti tla na površini su bili procijenjeni na temelju novih mjerenja mikroseizmičkog nemira na 25 lokacija nakon kojih su slijedila geofizička istraživanja na površini i ispod površine (u 75 bušotina). Postojeći podaci iz približno 1.000 geofizičkih izvještaja su bili također korišteni. Određivanje karakterističnih vrijednosti vršnog ubrzanja tla za pojedine tipove tla je bilo temeljeno na odredbi amplifikacijskog spektra.

Gradske vlasti su 1993. godine pokrenule novi program zoniranja s obzirom na geohazarde u svrhu korištenja zemljišta i prostornog planiranja. Koncept potrebnih studija je razvijan 12 godina. Zoniranje područja brežuljaka i pobrđa Medvednice je započelo 2005. godine (na površini od 175 km^2), uključivalo je područje zona IIa, IIb, IIc i IIIb. U razdoblju 2005.-2007. godine je Hrvatski geološki institut izradio litološku kartu i kartu inventara klizišta za područje južnih obronaka Medvednice na temelju postojećih podataka (iz približno 200 geotehničkih izvještaja) i terenskog kartiranja.

Karta potresnih područja Republike Hrvatske za poredbena vršna ubrzanja temeljnog tla tipa A u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g je izrađena za povratne periode od 95 i 475 godina (*Herak, 2011a; 2011b*), dok je razvoj karte seizmičkog mikrozoniranja u postupku. Karta seizmičkog mikrozoniranja će se temeljiti na vrijednostima izvršenih mjerenja mikroseizmičkog nemira. Mjerenjem mikroseizmičkog nemira se mogu dobiti osnovne informacije o građi površinskih slojeva tla. Takva mjerenja daju važne informacije o amplifikacijskom spektru i

rezonantnim periodima osciliranja tla na pojedinoj lokaciji, zbog čega su tijekom posljednjih desetak godina postala standardna. Na području Grada Zagreba u odabranom pilot području (približne površine 30 km^2) u zapadnom dijelu Podsljemenske zone izvršeno je seizmičko mikrozoniranje i za pilot područje je izrađena i karta seizmičkog mikrozoniranja (u mjerilu 1:10.000). Karta se može izravno primijeniti pri planiranju razvoja prostora, te projektiranju i izvedbi građevina u skladu sa standardima Eurokoda-8, osim na izdvojenim područjima identificiranih klizišta (*Herak i dr., 2013*).

3 PREGLED POSTOJEĆIH KARATA KLIZIŠTA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

Pogreške koje nastaju korištenjem neadekvatnih podataka,

su znatno manje,

od onih koje nastaju njihovim nekorištenjem.

Charles Babbage

(1791.-1871.)

3.1 Povijesni inventar klizišta iz 1967. godine

Prva regionalna studija na području Hrvatske, u okviru koje je provedeno zoniranje prema podložnosti klizanju, je „Inženjerskogeološka studija o zoniranju terena Republike Hrvatske prema stupnju stabilnosti“ iz 1963. godine (*Šikić, 1963*), koja je rezultirala prvom kartom podložnosti klizanju. Ovim zoniranjem područje cijele Hrvatske (od kojih kopnena površina iznosi 56.542 km^2) podijeljeno je na tri zone (41,12% stabilno, 36,46% uvjetno stabilno i 22,42% nestabilno). Podložnost terena klizanju procijenjena je na temelju litološkog sastava, a prema podacima preuzetim s listova geoloških karata u mjerilu 1:500.000. Prostorna distribucija klizišta nije uzeta u obzir kod procjene podložnosti klizanju, a na listu karte Zagreb (u mjerilu 1:200.000) su izdvojena i opisana samo četiri klizišta.

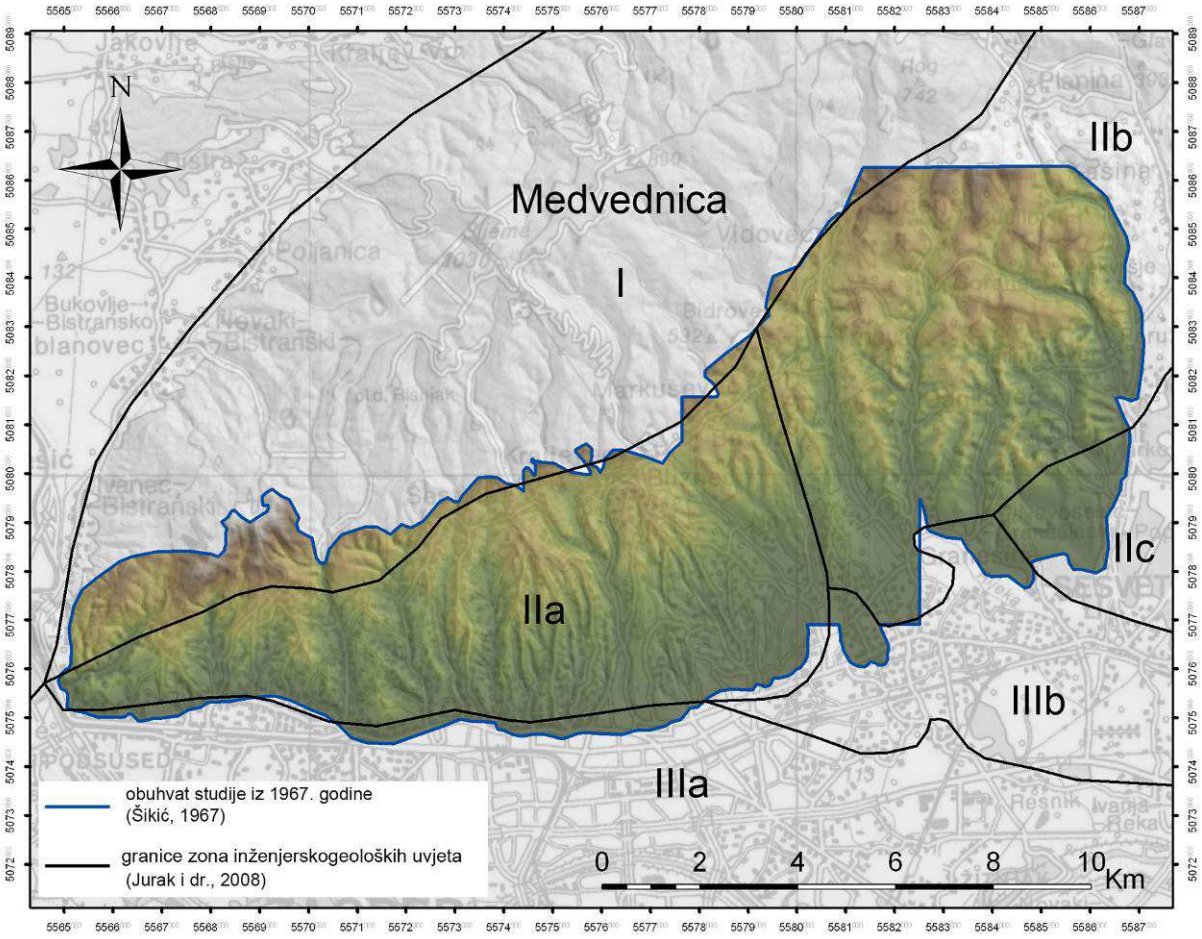
Sustavno prikupljanje podataka o klizištima započelo je u okviru studije pod nazivom „Regionalna inženjerskogeološka istraživanja Zagreba i šire okolice kojom je obuhvaćena površina od preko 15.000 km^2 na području Grada Zagreba i Zagrebačke županije (*Magdalenić, 1966*). Naručitelj studije je bio Geološki zavod u Beogradu, a istraživanja je provodio Instutu za geološka istraživanja u Zagrebu u razdoblju 1963.-1966. godine. Cilj studije je bio dati pregled geoloških, inženjerskogeoloških, hidrogeoloških i morfoloških značajki kojima bi se dobio uvid u prirodne značajke istraživanog područja. Namjena studije je bila izraditi osnovne karte za planiranje detaljnijih istraživanja pojedinih lokacija za potrebe građenja.

Nastavak na ovu studiju bila je studija pod istim nazivom, objavljena 1968. godine u pet knjiga (*Šikić i Urumović, 1968*). U odnosu na prethodnu studiju iz 1966. godine u okviru ove studije provedene su i morfometrijske analize terena u svrhu intepretacije intenziteta erozije, kao i analize seizmičnosti terena i podložnosti klizanju, te su izrađene i sljedeće karte: inženjerskogeološka karta u mjerilu 1:100.000, karta podložnosti klizanju u mjerilu 1:100.00, karta seizmičnosti terena u mjerilu 1:200.000, karta epicentara potresa u mjerilu 1:300.000 i morfometrijska karta u mjerilu 1.500.000. Na karti podložnosti klizanju u mjerilu 1:100.00 izdvojene su četiri zone prema sljedećim kriterijima: vrsti stijena/inženjerskih tala, broju registriranih klizišta, te morfološkim i hidrološkim karakteristikama.

Knjiga 5 studije *Šikić i Urumović (1968)* sadrži popis od 187 klizišta za list Zagreb (u mjerilu 1:100.000). Većina klizišta opisana je sa samo par rečenica, a za vrlo mali broj klizišta je dana i skica. Lokacije klizišta nisu definirane koordinatama, tako da ih danas nije moguće pozicionirati u prostoru. Osim toga, u arhivi Hrvatskog geološkog instituta nisu sačuvane karte iz navedenih pet knjiga studije (sačuvane su karte iz studije iz 1967. godine od *Šikić*), zbog čega je današnja upotrebljivost podataka o klizištima vrlo upitna i ograničena, a sačuvani su samo podaci za hidrogeološke radove (*Šikić i Urumović, 1967; Urumović, 1968*).

Sva navedena istraživanja, provedena u razdoblju od pet godina (od 1963. do 1968. godine), djelomično se preklapaju i nadopunjavaju, a sinteza svih rezultata dotadašnjih istraživanja, s intepretacijom podataka dana je u studiji pod nazivom „Inženjerska geologija Zagreb sjever i jug“ (*Šikić, 1967*), te studije iz 1968. godine autora *Šikić i Urumović (1968*). U sklopu studije iz 1967. godine su izrađene hidrogeološke karte, inženjerskogeološke karte i karte podložnosti na klizanje u mjerilu 1:10.000. Za područje Zagreb sjever izrađeno je: 14 listova hidrogeološke karte, 11 listova inženjerskogeološke karte i 11 listova karte podložnosti klizanju. Na žalost, u arhivi Hrvatskog geološkog instituta sačuvani su samo Izvještaj o hidrogeološkim radovima i Knjiga II – Katastarski listovi klizišta 1-301, te većina listova izrađenih karata. Također, iz ove studije nedostaju arhivski podaci o klizištima koji su sadržani pod rednim brojevima 302-535, pet listova inženjerskogeološke karte i jedan list karte podložnosti klizanju. Podaci iz studije pod nazivom „Inženjerska geologija Zagreb jug“ nisu sačuvani.

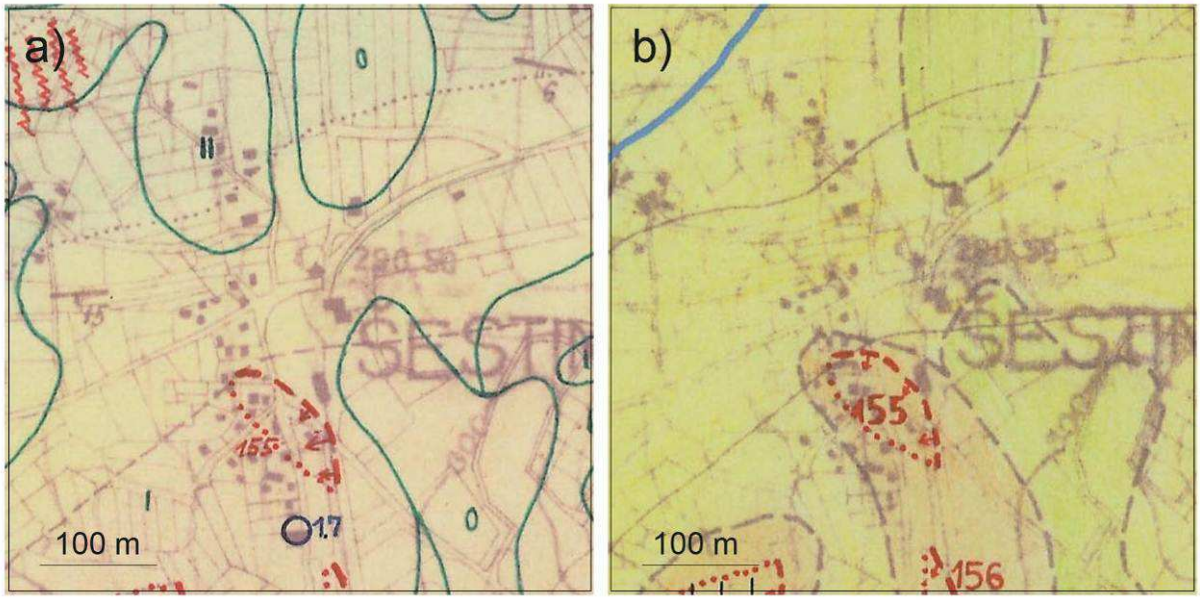
Područje obuhvaćeno inženjerskogeološkim istraživanjima i kartiranjem 1967. godine, veličine oko 125 km^2, prikazano je na 11 listova inženjerskogeološke karte u mjerilu 1:10.000. Na slici 13 prikazan je obuhvat studije iz 1967. godine kojim je obuhvaćeno područje južnih i jugoistočnih obronaka Medvednice, nazvano medvedničko prigorje ili Podsljemenska urbanizirana zona, a podjeljeno je na periklinalno položene mlađe naslage (neogenske i starije kvartarne, zona IIa), i strukture boranja u mlađim naslagama (neogenskim, zona IIb) prema *Jurak i dr. (2008),* što je detaljnije opisano u poglavlju 2.2.



Slika 13 Obuhvat studije iz 1967. godine (*Šikić, 1967*) prikazano u usporedbi sa zonama inženjerskogeoloških uvjeta prema *Jurak i dr. (2008)*: I-gorska jezgra Medvednice; II-medvedničko prigorje/Podsljemenska urbanizirana zona: a-periklinalno položene mlađe naslage (neogenske i starije kvartarne), b-strukture boranja u mlađim naslagama (neogenskim), c-uzvisina starijeg kvartara i nanosa brdskih potoka; III-prisavska naplavna ravnica: a-savske naplavine, b i c-terasna izdignuća (terase)

Inventar klizišta načinjen je kartiranjem klizišta na terenu na topografskim podlogama mjerila 1:10.000. Klizišta su klasificirana kao aktivna, umirena, fosilna klizišta i odroni. Na kartama su mjestimično prikazana pojedinačna klizišta, a pretežito su izdvajane zone opisane na sljedeći način: nestabilne padine s aktivnim klizištima, nestabilne padine s umirenim i fosilnim klizištima, nestabilne padine, odroni. Osim klizišta, na kartama su prikazane i pojave, odnosno područja, intenzivne linijske erozije, tj. pojave jaružanja. Ukupno je evidentirano 535 pojedinačnih pojava i zona klizišta. Na slici 14a prikazana je karta inventara klizišta sa zoniranjem područja prema nagibu terena. Na slici 14b prikazana je karta podložnosti na klizanje u mjerilu 1:10.000 s podjelom područja na tri zone: stabilna područja bez pojave nestabilnosti, uvjetno stabilne padine i uvjetno nestabilne padine s pojavom klizišta. Detaljniji podaci o svim pojedinačnim nestabilnostima i zonama nestabilnosti dani su u

zasebnim obrascima. U tablici 3 navedeni su podaci za klizište broj 155, prikazano i na slici 14.



Slika 14 Isječci karata iz studije Inženjerska geologija Zagreb sjever i jug iz 1967. godine (*Šikić, 1967*) za područje u Šestinama: a) isječak inženjerskogeološke karte izvornog mjerila 1:10.000 s prikazom pojedinačnog klizišta broj 155 i granicama zoniranja prema nagibu padina (zeleno su granice zona); i b) isječak karte zoniranja prema podložnosti na klizanje izvornog mjerila 1:10.000 na kojoj su prikazana i klizišta. Zelenom bojom označene su zone opisane kao stabilna područja, žutom bojom označene su zone opisane kao uvjetno stabilne padine i narančastom bojom označene su zone opisane kao uvjetno nestabilne padine.

Tablica 3 Obrazac za pojedinačno klizište broj 155 iz studije Inženjerska geologija Zagreb sjever i jug (*Šikić, 1967*) s originalnim opisima

Obrazac klizišta broj	155
List karte	Zagreb - Remete
Lokalitet	Šestine
Vrste naslage	Rhomboidea naslage. Prahovito-pjeskovite, na površini prekrivene prahovitim ilovinama.
Opis	Skica klizišta: Nema.
Opis klizanja	Plitko pomicanje tla. Pomiče se samo rastresiti dio naslage.
Nagib padine	25-30°
Morfološke karakteristike klizišta	Blago valovita padina.
Uzrok klizanja	Raskvašivanje ilovina.
Mogućnost sanacije	Sanacija moguća, a dijelom je i provedena.
Veličina klizišta	Nedefinirano.
Zona podložnosti na klizanje	III. kategorija
Napomena	Drveće dijelom nakrivljeno. Na području ima starih klizišta. Danas su umirena. Klizanje je bilo aktivno prije rata i 1956 godine.
Datum popunjavanja obrasca	25.07.1967.
Podatke prikupio	I. Deur

Na inženjerskogeološkoj karti iz studije iz 1967. godine, osim klizišta, erozije i nestabilnosti prikazane su inženjerskogeološke jedinice s obzirom na litološke značajke stijena i tala, a razlikuju se poluvezane stijene i vezane stijene prema modificiranoj klasifikaciji prema *Panjukov (1965)*. Za svaku inženjerskogeološku jedinicu dan je kratki opis morfoloških i fizičko-mehaničkih svojstava izdvojenih jedinica. Na inženjerskogeološkima kartama je prikazana i zonacija područja prema nagibu terena. Izdvojeno je pet zona nagiba padine: zona 0 (nagib padine 0º-5º), zona I (nagib padine 5º-10º), zona II (nagib padine 10º-20º), zona III (nagib padine 20º-30º) i zona IV (nagib padine >30º). Za područje obuhvaćeno inženjerskogeološkim kartiranjem 1967. godine su izrađene i karte podložnosti na klizanje. Podložnost terena klizanju procijenjena je heurističkim metodama, na osnovi nagiba terena i relativne gustoće registriranih klizišta i zona nestabilnosti. Metoda zoniranja bila je subjektivna pri čemu su korišteni sljedeći kriteriji:

- stabilna područja bez pojave nestabilnosti, nagib padina manji od 10º (zeleno obojane zone na karti),
- uvjetno stabilne padine, padine nagiba 10-20º (žuto obojane zone na karti),
- uvjetno nestabilne padine s pojavom klizišta, nagib padina veći od 20º (narančasto obojane zone na karti) i
- nestabilne padine s pojavom aktivnih klizišta (također narančasto obojane zone na karti).

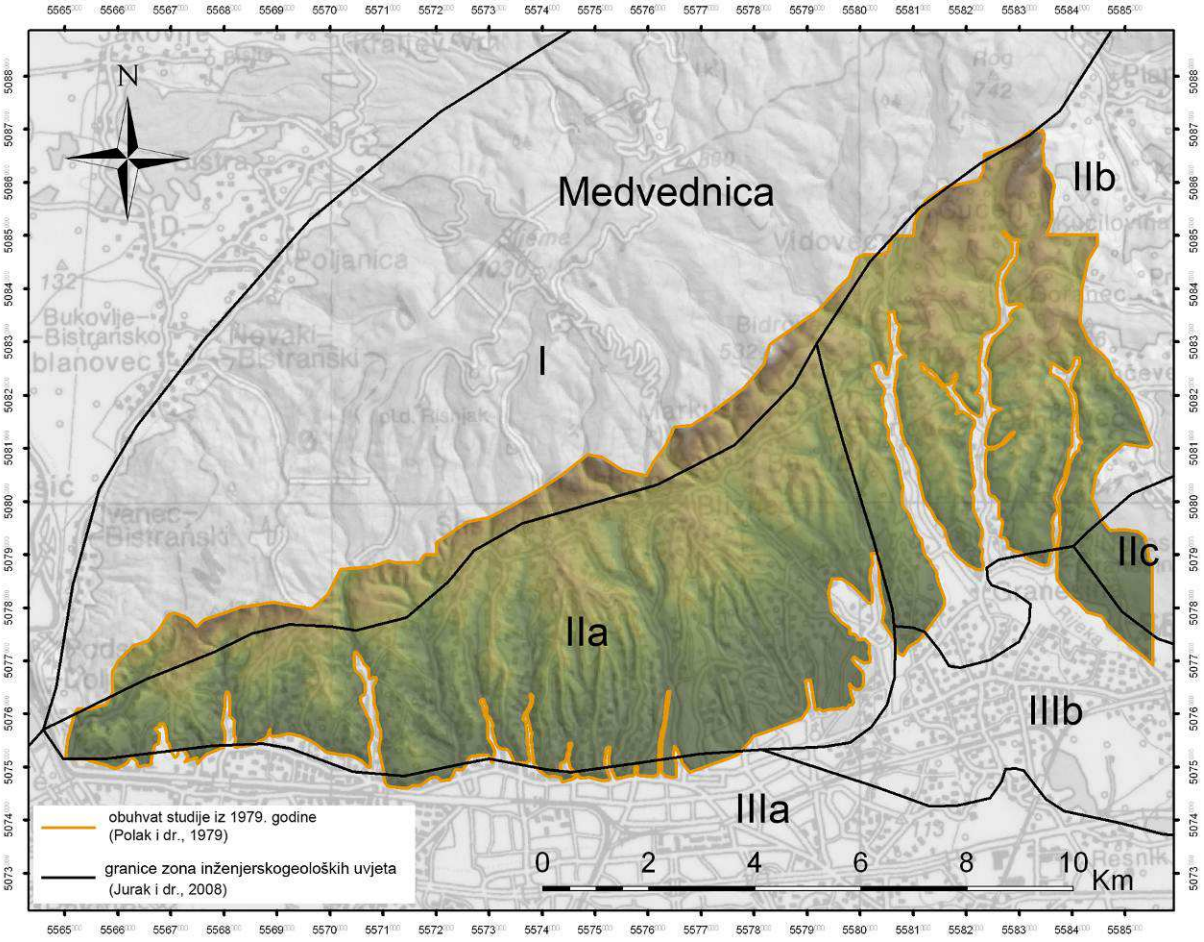
U izradi studije sudjelovao je tim stručnjaka koji su klizišta kartirali na terenu tijekom više godina u razdoblju od 1963. do 1967. godine. Usprkos tome, na više lokacija nisu određene granice pojedinačnih klizišta, nego veće zone, interpretirane kao nestabilne.

3.2 Povijesni inventar klizišta iz 1979. godine

Za potrebe grada Zagreba tvrtka Geotehnika-Geoexpert je izradila studiju pod nazivom „Litološka obrada i kategorizacija terena prema stabilnosti tla obronaka Medvednice na području grada Zagreba“ koja je objavljena 1979. godine (*Polak i dr., 1979*). U okviru ove studije izrađene su dvije karte klizišta u mjerilu 1:10.000: (i) litološka karta s prikazom klizišta i drugih aktivnih geomorfoloških procesa; i (ii) karta zoniranja terena prema podložnosi na klizanje. Cilj izrade ovih karata bila je izrada tematskih karata za dobivanje uvida u ograničenja izgradnje na južnim obroncima Medvednice na potezu od Podsuseda do Sesveta, a koja se odnose na klizišta.

Ovom studijom obuhvaćeno je ukupno 105 km^2 područja na kojemu je sustavno provedeno terensko kartiranje klizišta, djelomično su primijenjena daljinska istraživanja, te su interpretirani postojeći podaci o klizištima. Kao rezultat primjene ovih metoda, izrađen je inventar klizišta i pojava koje doprinose klizanju (jaružanja, zamočvarenja i sl.), te je izravnim kartiranjem, na temelju geomorfoloških pokazatelja, procijenjena relativna stabilnost padina. Na slici 15 prikazan je obuhvat studije iz 1979. godine. S ove slike je vidljivo da inventar klizišta izrađen 1979. godine obuhvaća brdovito područje južnih i jugoistočnih obronaka Medvednice, nazvano medvedničko prigorje ili Podsljemenska urbanizirana zona, a podjeljeno je na periklinalno položene mlađe naslage (neogenske i starije kvartarne, zona IIa), i strukture boranja u mlađim naslagama (neogenskim, zona IIb) prema *Jurak i dr. (2008),* što je detaljnije opisano u poglavlju 2.2.

Pojave klizišta su ucrtane na topografskoj podlozi mjerila 1:10.000, a klizišta su klasificirana kao: aktivna klizišta, umirena klizišta, puzišta i odroni. Osim ovih pojava, na istoj karti su prikazani i bujični tokovi, umjetni iskopi, nasipi, deponije, siparišta i močvarna područja. Klizišta su kartirana na temelju vidljivih značajki, kao što su glavna pukotina, bočne pukotine i akumulacije materijala u stopi klizišta.



Slika 15 Obuhvat studije iz 1979. godine (*Polak i dr., 1967*) prikazano u usporedbi sa zonama inženjerskogeoloških uvjeta prema *Jurak i dr. (2008*): I-gorska jezgra Medvednice; II-medvedničko prigorje/Podsljemenska urbanizirana zona: a-periklinalno položene mlađe naslage (neogenske i starije kvartarne), b-strukture boranja u mlađim naslagama (neogenskim), c-uzvisina starijeg kvartara i nanosa brdskih potoka; III-prisavska naplavna ravnica: a-savske naplavine, b i c-terasna izdignuća (terase)

Prilikom terenskog kartiranja klizišta upotrebljavani su sljedeći kriteriji (*prema Polak i dr., 1979*):

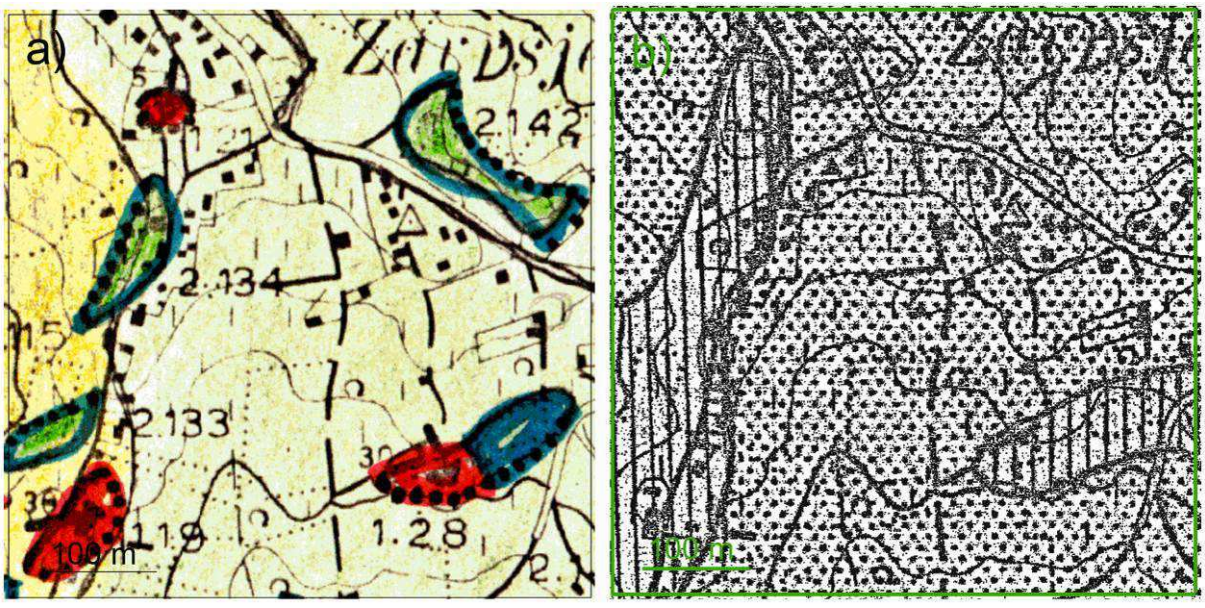
- Aktivna klizišta prepoznatljiva su po amfiteatralnom (školjkastom) obliku gornjeg dijela klizišta s vidljivim svježim pukotinama bez vegetacije, glavnoj pukotini u obliku ožiljka, blatnom toku, zoni akumulacije u donjem dijelu klizišta, udubljenjima površine terena s akumlacijama vode na površini, nepravilnoj topografiji površine pokrenute mase klizišta, deformiranim stablima (tzv. "pijana" šuma) ili osušenim stablima. Kao aktivna su označena i ona klizišta za koja se zna da su bila aktivna proteklih 10 godina, iako se na njima ne primjećuju svi navedeni znakovi.

- Umirena klizišta prepoznatljiva su po amfiteatralnom (školjkastom) obliku klizišta s granicama obraslim travom, nepravilnoj topografiji površine pokrenute mase s ispupčenjima i uleknućima širine 2-5 m, nepravilnih nagiba, udubljenjima s akumuliranom vodom. Kod umirenih klizišta obično je jedan dio klizišta nejasan ili čak sasvim erodiran i to većinom nožični.
- Puzanja su prepoznavana kao dijelovi padina na kojima granice klizišta uopće nisu bile vidljive ili su bile nejasne, a topografija površine terena ukazuje na nestabilnost, ali do sloma materijala nije došlo, te su prisutni brojni pokazatelji malih lokalnih pomaka. Puzanja obično obuhvaćaju čitavu padinu ili dvije susjedne padine.
- Odroni su karakterizirani granicama koje su vrlo izdužene u smjeru kretanja materijala, glavna pukotina je relativno visoka, nagib kosine je vrlo strm. Odroni su registrirani u stijenskoj masi ili u tlu.
- Erozije su registrirane u području potoka, vododerina i ogoljelih područja gdje teče voda, a predstavljene su vrlo uskim jarugama sa strmim pokosima u bokovima.
- Umjetni nasipi i iskopi su mjesta zasijecanja i iskopavanja, a također su registrirane i deponije koje su na neprikladnom mjestu pa ugrožavaju stabilnost padine.
- Močvare, tj. zamočvarene površine su naznačene kao mjesta na kojima je potrebno riješiti odvodnju.
- Siparišta su označena na mjestima strmih, vrlo jednolikih pokosa, a ako nema drugih znakova onda je registrirano usitnjeno nepovezano kršje.

Prema navedenim kriterijima u ovom inventaru je registrirano ukupno 1.019 pojava, od kojih je 812 klizišta (406 aktivna klizišta, 294 umirena klizišta, 112 pojava puzanja) i 58 siparišta. U popratnom tekstu najdetaljnije su opisana aktivna klizišta, za razliku od umirenih klizišta i puzanja koja su manje detaljno opisana. Često isti opis obuhvaća grupu umirenih klizišta. Osim kratkih tekstualnih opisa, dodatni podaci o klizištima nisu dani u izvještaju. Klizišta su označena odgovarajućom oznakom na karti i rednim brojem, a pod rednim brojem klizišta u izvještaju se nalaze opisi klizišta. Na slici 16a prikazan je isječak geomofrološkog inventara klizišta iz 1979. godine, na litološkoj karti mjerila 1:10.000. Na slici 16b prikazan je isječak s karte podložnosti na klizanje, također u mjerilu 1:10.000. Radi ilustracije količine i kvalitete podataka o

klizištima, ovdje se navodi nekoliko primjera opisa klizišta izravno preuzetih iz izvještaja studije *Polak i dr. (1979)*. Klizišta prikazana na slici 16a opisana su na sljedeći način:

- Aktivno klizište 1.19 – Nasuprot obroncima oštrog vrhunca su tri klizišta (1.18, 1.19, 1.20) osrednje aktivnosti, fronte između 60 m i 120 m, te visine 5 m (uz jedno susjedno umireno, visine 10 m), ugrožavaju cestu i objekte na grebenu. Dubina im je 2-3 m.
- Aktivno klizište 1.21 – Mala površina, kratka fronta i mala visina, na putu Završje, upućuju na malu dubinu.
- Aktivno klizište 1.28 – Djelomično reaktivirano klizište fronte 150 m, stepenice 3 m. Nalazi se u polju blage konfiguracije, zasada ne ugrožava objekte.
- Umireno klizište 2.133, 2.134 i 2.142 – Grupa 2.111-2.155 su različito položeni ostaci raznih dimenzija, ali podjednakih svojstava: manje ili više široke fronte, a kratkog toka i malog pomaka. Među njima ima aktivnih klizišta, ali ne visokog intenziteta.



Slika 16 Isječci s karata iz studije Litološka obrada i kategorizacija terena prema stabilnosti tla obronaka Medvednice na području grada Zagreba iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*) za područje Završja: a) isječak litološke karte izvornog mjerila 1:10.000 s prikazom granica klizišta od kojih su tri aktivna klizišta označena brojevima 1.19, 1.21, 1.28, a tri umirena klizišta označena su brojevima 2.133, 2.134, 2.142; i b) isječak karte podložnosti na klizanje s dvije vidljive zone nazvane: II. kategorija – umjereno stabilne padine (označene točkastom šrafurom); i III. kategorija – umjereno nestabilne padine (označene linijskom šrafurom)

Originalni opisi zona podložnosti na klizanje prikazanih na slici 16b prema *Polak i dr. (1979*) su sljedeći:

- II. kategorija – Površina blažih nagiba sa prisutnošću nestabilnosti tla manjeg intenziteta i lokalnog karaktera. Takve pojave su klizišta manjih dimenzija, plitka, uglavnom izazvana poremećenjem stabilnosti promjenom ravnoteže masa kod nepravilnih građevinskih zahvata.
- III. kategorija – Jedna veća površina sa više manjih aktivnih klizišta i prisutnosti klizišta starijeg datuma. Za taj dio je karakteristična strmija morfologija, a podloga je većinom glineni lapor (područje na zapadnoj strani, prikaz je dan na slici 16b). Ploha III. kategorije zbog prisutnosti većih pokreta na terenu. Podloga je pjeskoviti lapor. Stvorene nestabilnosti na terenu zahtijevaju sanacijske mjere. Moguća je izgradnja samo uz pažljiviji tretman terena (područje na istočnoj strani, prikaz je dan na slici 16b).

Za područje obuhvata studije iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*) izrađeno je: devet listova litološke karte na kojima su prikazane granice klizišta i devet listova karte podložnosti klizanju. Zoniranje je provedeno na temelju izravnog kartiranja, a izdvojene su četiri zone podložnosti opisane na sljedeći način prema *Polak i dr. (1979)*:

- I. kategorija – Potpuno stabilni tereni izgrađeni uglavnom od aluvijalnih naslaga, nagiba padina manjeg od 10º na kojima ne mogu nastati klizišta. Ove zone su bez šrafure na karti.
- II. kategorija – Zone na kojima su rijetko prisutna mala klizišta, nastala uslijed antropogenih aktivnosti ili zasijecanja terena. Ova područja se mogu koristiti za izgradnju nakon provedenih istraživanja manjeg opsega i jednostavnijih mjera sanacije. Zone su označene točkastom šrafurom na karti.
- III. kategorija – Zone s većim i dubljim klizištima. U njima je nužna provedba većeg opsega geotehničkih istraživanja i složenijih mjera sanacije, kako bi se omogućilo građenje ili slični zahvati. Zone su označene linijskom šrafurom na karti.
- IV. kategorija – Zone koje već uslijed prirodnih preduvjeta, kao npr. erozije ili strmih nagiba padina, te građom i položajem naslaga naginju stalnoj nestabilnosti. Ove površine najbolje je izbjegavati za korištenje, ali ih treba lokalizirati ukoliko su u neposrednoj blizini stambenih područja. Ove zone su označene sivom šrafurom na karti.

U izradi studije sudjelovao je tim stručnjaka koji su klizišta kartirali na terenu tijekom više godina, ali točno razdoblje nije navedeno. Također se spominje da su korištene i metode daljinskih istraživanja, bez specificiranja metode, a pretpostavlja se da su krošteni stereoparovi avionskih snimaka. Tijekom geomorfološkog kartiranja na terenu registrirane su granice pojedinih klizišta, osim u slučaju vrlo malih klizišta, gdje su označavane veće zone koje su obuhvaćale više pojava.

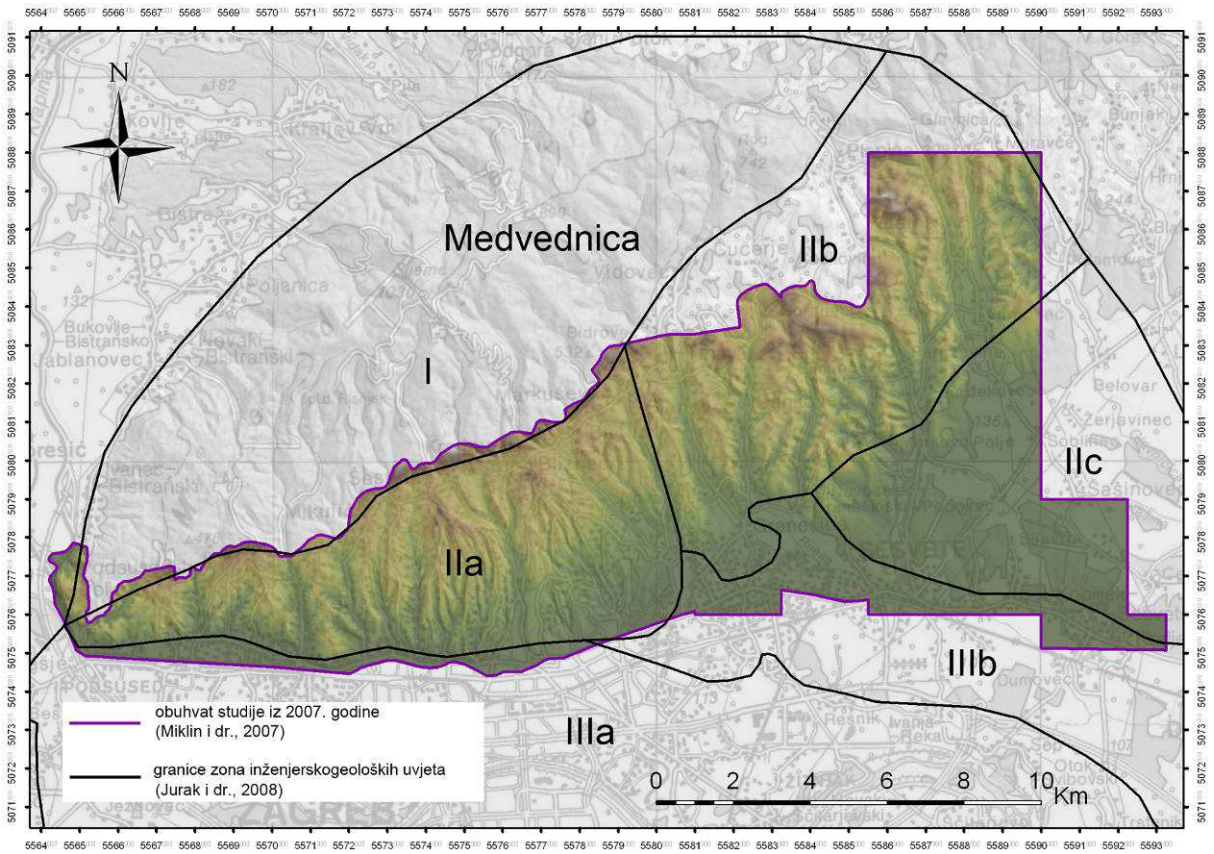
3.3 Povijesni inventar klizišta iz 2007. godine

Hrvatski geološki institut (HGI) je 2007. godine izradio kartu inventara klizišta nazvanu „Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone u mjerilu 1:5.000, DIGK – Faza I“ (*Miklin i dr., 2007*). Naručitelj je bio Gradski ured za prostorno uređenje, zaštitu okoliša, izgradnju grada, komunalne poslove i promet Grada Zagreba. Cilj je bio izraditi inventar klizišta u krupnom mjerilu koji bi sadržavao granice klizišta. Tijekom 2011. godine karta klizišta je ažurirana novijim podacima na osam lokaliteta: područje oko dijela korita Velikog potoka, padine uz šetalište Dubravkin put, Ulica Polanščak, te klizišta Čučerje, Zelenjak, Šestine, Grmoščica I i II (*Miklin, 2011*).

Obuhvat karte klizišta iz 2007. godine je 175 km^2 kao što je prikazano na slici 17. Sa slike je vidljivo da je ovom kartom klizišta obuhvaća brdovito područje južnih i jugoistočnih obronaka Medvednice, nazvano medvedničko prigorje ili Podsljemenska urbanizirana zona, a podjeljeno je na periklinalno položene mlađe naslage (neogenske i starije kvartarne, zona IIa), strukture boranja u mlađim naslagama (neogenskim, zona IIb) i uzvisinu starijeg kvartara i nanosa brdskih potoka (zona IIc) prema *Jurak i dr. (2008),* što je detaljnije opisano u poglavlju 2.2.

U okviru studije *Miklin i dr. (2007*) provedene su sljedeće vrste istraživanja kojima su prikupljeni ulazni podaci: (i) analiza postojećih podataka o klizištima i o geotehničkim istraživanjima, (ii) geološko kartiranje na terenu na topografskoj podlozi mjerila 1:5.000, (iii) kartiranje klizišta na terenu na topografskoj podlozi mjerila 1:5.000, (iv) inženjerskogeološko kartiranja terena na topografskoj podlozi mjerila 1:5.000, (v) istraživačko bušenje (208 bušotina, ukupne dubine 934 metara), (vi) terenska ispitivanja fizičkih i mehaničkih svojstava tla (ukupno 471 ispitivanje), (vii) laboratorijska ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava stijena i tala, te mineraloške i mikropaleontološke analize uzorkovanja (ukupno 1441 uzoraka). U okviru kartiranja klizišta na terenu registrirana su i klizišta i nestabilne padine pri čemu je izdvojeno ukupno 707 pojava koje su zasebno opisane. U laboratoriju Zavoda za geotehniku Instituta Građevinarstva Hrvatske (Zagreb) na uzorcima iz bušotina ispitana su sljedeća fizičko-mehaničkih svojstva stijena i tala: granulometrijski sastav tla, granica tečenja i granica plastičnosti, gustoća čvrstih čestica tla, granica stezanja, jednoosna

tlačna čvrstoća tla, jednoosna tlačna čvrstoća intaktnih uzoraka stijene i čvrstoća stijene pri opterećenju u točki (PLT test). Mineraloški-petrografski zavod Prirodoslovno-matematičkog fakulteta (Zagreb) analizirao je 20 uzoraka metodom difrakcije rendgenskih zraka, a na istim uzorcima u Zavodu za anorgansku tehnologiju i metalurgiju Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu provedene su i termičke analize uzoraka. Odjel za petrografiju i sedimentologiju Industrije nafte d.d. (INA, Zagreb) je analizirao 10 uzoraka pomoću elektronskog mikroskopa. U kemijskom laboratoriju HGI-a izvršene su i 22 kemijske analize. Terenska ispitivanja su obuhvatila 200 standardnih penetracijskih pokusa (SPP), 232 pokusa krilnom sondom i 39 pokusa džepnim penetrometrom.



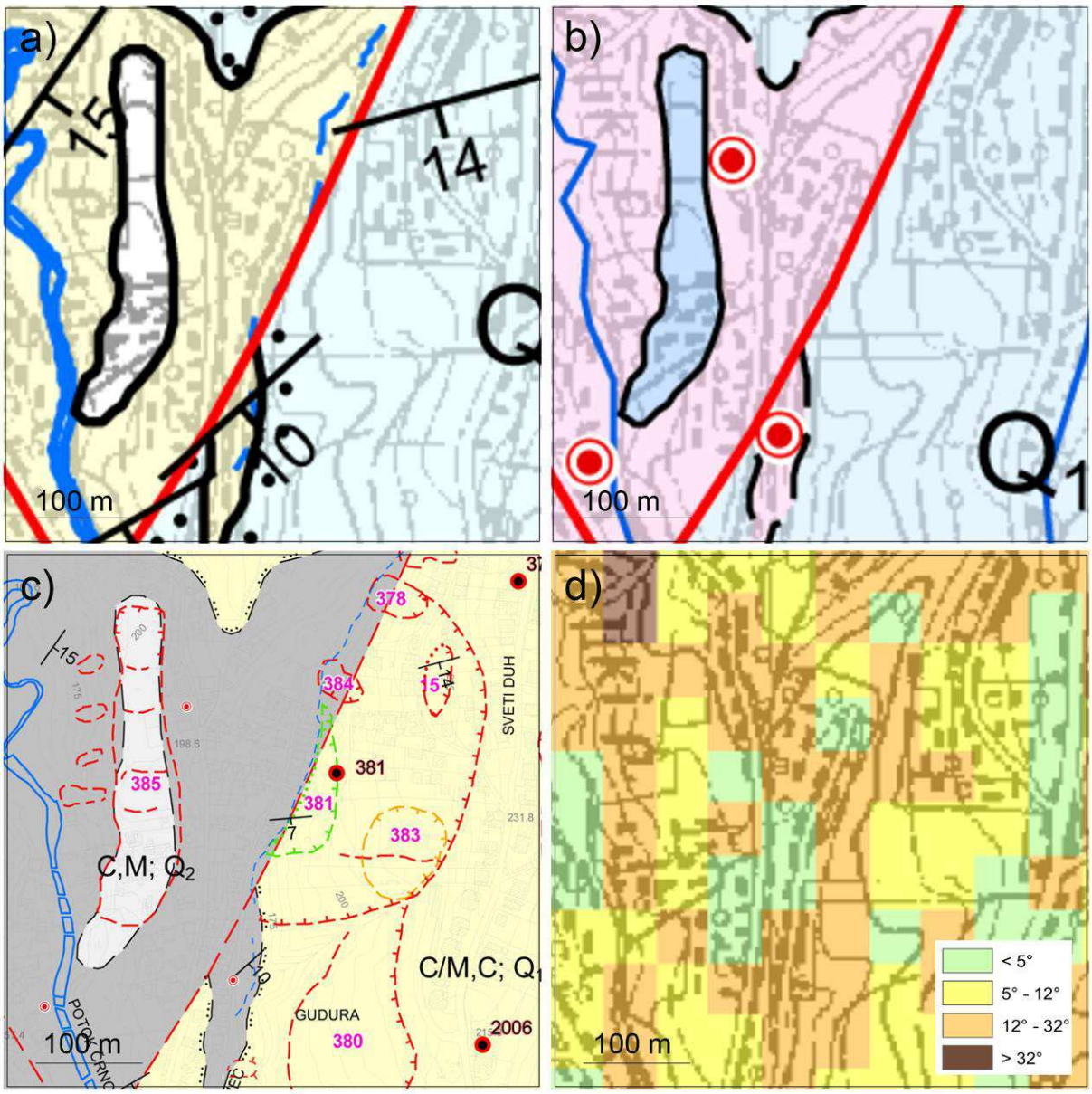
Slika 17 Obuhvat studije iz 2007. godine (*Miklin i dr., 2007*) prikazano u usporedbi sa zonama inženjerskogeoloških uvjeta prema *Jurak i dr. (2008*): I-gorska jezgra Medvednice; II-medvedničko prigorje/Podsljemenska urbanizirana zona: a-periklinalno položene mlađe naslage (neogenske i starije kvartarne), b-strukture boranja u mlađim naslagama (neogenskim), c-uzvisina starijeg kvartara i nanosa brdskih potoka; III-prisavska naplavna ravnica: a-savske naplavine, b i c-terasna izdignuća (terase)

Rezultati studije iz 2007. godine (*Miklin i dr., 2007*) su prikazani u četiri knjige i na četiri grafička priloga. U knjizi I/I opisan je projektni zadatak i opisani su rezultati svih provedenih istraživanja i to geoloških istraživanja, inženjerskogeoloških

istraživanja i hidrogeoloških uvjeta. U ovoj knjizi također je dan tehnički opis GIS-a, kao i popis literature i dokumentacije. U knjizi je također priložena izjava revidenata. U knjizi I/II su dani prilozi s: popisom uzoraka stijenske mase i inženjerskog tla uzetih s površine terena za koje je provedena terenska deteminacija i za koje postoji foto dokumentacija; tablični prikaz geomehaničkih analiza prema stratigrafskim članovima; i popis uzoraka koji su uzeti iz plitkih bušotina, a za koje je napravljena terenska determinacija i foto dokumentacija. U knjizi II su dani sljedeći prilozi: rezultati mineraloških analiza i njihova intepretacija, rezultati rendgenske i termičke analize, SEM analize, kemijskih analiza; rezultati mikropaleontoloških analiza; popis geotehničkih elaborata, projekata i drugih izvješća koji su bili dostupni u trenutku izrade studije. Knjige III/I, III/II, III/III sadrže samo priloge, bez tekstualnih objašnjenja. Prilozi u ovim knjigama su obrasci 707 klizišta. Knjiga IV također sadrži samo priloge s rezultatima geomehaničkih analiza za stijensku masu i inženjersko tlo.

Kartografski prikazi ove studije dani su kao zaseban set priloga, a originalno su nazvani na sljedeći način:

- Prilog 1. – Geološka karta u mjerilu 1:25.000 s tumačem oznaka.
- Prilog 2. – Inženjerskogeološke karte u mjerilu 1:5.000 (listovi: Samobor 29, 39, 30, 40; Zagreb 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31,32, 33, 34, 35, 36; Donja Stubica 49, 50; Dugo Selo 21, 31, 32), tumač oznaka A i B za inženjersokogeološke karte.
- Prilog 3. – Karta nagiba terena u mjerilu 1:25.000 s tumačem oznaka.
- Prilog 4. – Hidrogeološka karta u mjerilu 1:25.000 s tumačem oznaka.



Slika 18 Isječci s karata iz studije Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone iz 2007. godine (*Miklin i dr., 2007*) za područje istočno od potoka Črnomerec: a) isječak geološke karte s prikazom stratigrafskih jedinica i strukturno-geoloških simbola (rasjeda i položaja slojevitosti); b) isječak hidrogeološke karte s prikazom kopanih zdenaca; c) isječak inženjerskogeološke karte s granicama klizišta (crvenim linijama su označena aktivna klizišta, žutim linijama su označena umirena klizišta, zelenim linijama su označena sanirana klizišta, ljubičaste oznake predstavljaju identifikacijske brojeve klizišta, žutom i sivom bojom su označene vrste stijena/inženjerskih tala); i d) isječak karte nagiba terena s legendom

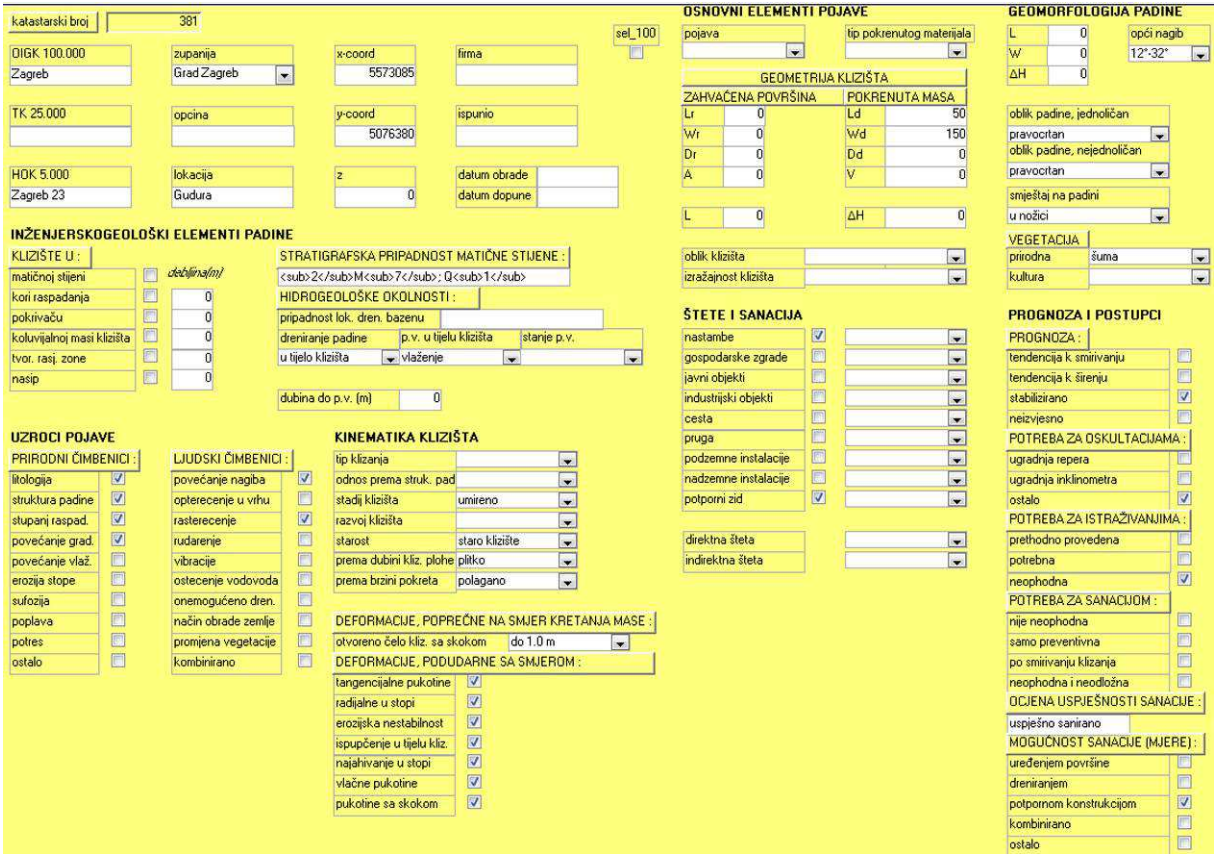
Na slici 18 prikazani su isječci svih navedenih kartografskih priloga iz studije prema *Miklin i dr. (2007)*. Slika 18a prikazuje isječak geološke karte izvornog mjerila 1:25.000 s prikazom stratigrafskih jedinica i strukturno-geoloških simbola za položaje slojevitosti, geološke granice i rasjede. Na karti su također prikazana mjesta uzorkovanja za laboratorijske analize inženjerskih tala i stijena, koja su označena identifikacijskim brojem. Rezultati ovih analiza opisani su u knjigama II i IV. Na slici

18b je prikazan isječak hidrogeološke karte izvornog mjerila 1:25.000. Hidrogeološke jedinice izvedene su na temelju reinterpretacije hidrogeoloških značajki geoloških jedinica, podataka o registriranim pojavama vode na površini terena i podataka o dubinama do podzemne vode izmjerenim uglavnom u kopanim zdencima. Na karti su označeni i kopani zdenaci. Na slici 18c prikazan je isječak inženjerskogeološke karte izvornog mjerila 1:5.000 na kojoj su izdvojene inženjerskogeološke jedinice s obzirom na značajke stijena i tala i debljine pokrivača. Na ovoj su karti simbolima prikazane i plitke bušotine (uz prikaz stratigrafskih jedinica i strukturno-geoloških simbola). Registrirana klizišta i izdvojene zone nestabilnih padina prikazane su granicama, a vrsta i boja linije označava stanje aktivnosti klizišta (aktivna klizišta prikazana su crvenim granicama, umirena klizišta prikazana su žutim granicama, sanirana klizišta prikazana su zelenim granicama). Neprekinute linije korištene su za označavanje pouzdano utvrđenih klizišta, a crtkane linije za pretpostavljena klizišta. Na slici 18d je prikazan isječak karte nagiba terena izvornog mjerila 1:25.000, koja je dobivena iz digitalnog modela terena rezolucije 25x25 metara.

Na isječku karte prikazanom na slici 18c izdvojen je niz manjih klizišta (označenih identifikacijskim brojevima 15, 378, 380, 381, 383, 384 i 385). Pojava 381 predstavlja sanirano klizište, pojava 383 umireno klizište, dok ostale pojave predstavljaju aktivna klizišta. Sva ova klizišta su plitka klizišta koja se javljaju u inženjerskom tlu (kvartarni pokrivač ili kora raspadanja), a uzrok im je kombinacija prirodnih i antropogenih čimbenika (klizišta 15, 378, 380, 381, 384). Prema opisnim podacima za navedena klizišta iz studije *Miklin i dr. (2007)*, samo za klizište pod brojem 385 je potrebna sanacija.

Kao što je naprijed navedeno, sva klizišta ucrtana na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:5.000 na temelju kartiranja na terenu (ukupno 707 pojava) označena su jedinstvenim identifikacijskim brojem. Detaljniji podaci za 707 klizišta pohranjeni su u bazi podataka izrađenoj u Microsoft Access-u, a prikaz podataka o klizištima načinjen je u obliku obrazaca pojedinačnih klizišta koji su također dani u izvještaju. U obrascima klizišta se nalaze sljedeći podaci o klizištima: opis lokacije, tip klizišta i vrsta materijala u klizanju, dimenzije klizišta, geomorfologija padine, uzroci pojave, kinematika klizišta, štete i provedene mjere sanacije, prognoza i preporučeni daljnji postupci. Za većinu klizišta (457 klizišta od ukupno 707) upisane su i koordinate

jedne točke (X i Y koordinata u UTM sustavu) unutar granica klizišta. Na slici 19 prikazan je obrazac klizišta broj 381, koje je također prikazano i na slici 18c.



Slika 19 Obrazac klizišta broj 381 iz studije iz 2007. godine (*Miklin i dr., 2007*)

Ukupno 707 registriranih pojava klasificirano je na sljedeći način: 538 klizanja, 11 puzanja do klizanja, 15 klizanje do tečenja, 14 odrona, 114 puzanja i 15 pojava nedefiniranog tipa. Za 706 klizišta definiran je stupanj aktivnosti i to na sljedeći način: 265 aktivnih klizišta, 244 umirenih klizišta, 13 stabiliziranih klizišta, 184 potencijalnih klizišta ili klizišta u početnim fazama razvoja. Za samo 30 klizišta su zabilježeni podaci o provedenim zahvatima sanacije.

U izradi studije sudjelovao je tim stručnjaka koji su klizišta kartirali na terenu tijekom više godina, u razdoblju od 2005. do 2007. godine. Na većem dijelu područja obuhvata studije registriranane su nestabilne zone kojima je obuhvaćeno više klizišta tj. na više lokacija nisu određene granice pojedinačnih klizišta, nego veće zone, intepretirane kao nestabilne. Granice pojedinih klizišta izdvojene su uglavnom za klizišta za koja su ovi podaci preuzeti iz postojećih geotehničkih izvještaja o klizištima.

3.4 Usporedba povijesnih inventara klizišta iz 1967., 1979. i 2007. godine

Iz pregleda arhiva podataka o klizištima na području Grada Zagreba vidljivo je da su u brdovitom području južnih i jugoistočnih obronaka Medvednice tijekom posljednjih 50-ak godina izrađena tri inventara klizišta i to u okviru sljedećih studija:

- Inženjerska geologija Zagreb – sjever i jug (*Šikić, 1967*),
- Litološka obrada i kategorizacija terena prema stabilnosti (*Polak i dr., 1979*) i
- Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone u mjerilu 1:5.000, DIGK – Faza I (*Miklin i dr., 2007*) s dopunom (*Miklin, 2011*).

Osim u ovim studijama, karta klizišta također je izrađena i u okviru studije pod nazivom „Seizmička mikrozonacija grada Zagreba – 14 općina, geološko, hidrogeološko i inženjerskogeološko istraživanje“ (*Šikić, 1988*). Ova karta klizišta nije detaljnije analizirana u ovom radu iz sljedećih razloga: studija nije prošla recenziju, zbog čega službeno nikad nije bila u upotrebi (podaci nisu verificirani) i studija ne sadrži prateće podatke o klizištima, već samo prikaz granica klizišta na kartama mjerila 1:10.000.

Autori inventara klizišta iz 1967., 1979. i 2007. godine su različiti, iako je inventare iz 1967. i 2007. godine izrađivao tim stručnjaka, geologa iz Hrvatskog geološkog instituta, dok je inventar iz 1979. godine izradio tim stručnjaka iz tvrtke Geotehnika-Geoexpert, od kojih su većina bili geotehničari i geolozi. Zajedničko svim inventarima je da su to geomorfološki inventari, izrađivani uglavnom na temelju identifikacije klizišta kartiranjem na terenu u krupnim mjerilima (1:5.000-1:10.000). Inventari se međusobno razlikuju s obzirom na: obuhvat istraživanog područja, namjenu studija, mjerilo izrađenih karata i prikaz podataka o klizištima. U tablici 4 dana je usporedba sva tri navedena inventara iz 1967., 1979. i 2007. godine. Iz tablice 4 je vidljivo da su inventari iz 1967. i 1979. godine izrađeni u obliku analognih karata klizišta, s popratnim podacima o klizištima sadržanim u izvještajima. Inventar klizišta iz 2007. i dopuna iz 2011. godine izrađen je u obliku kartografske baze podataka, s analognim i digitalnim verzijama karte klizišta i obrazaca svih registriranih klizišta.

Tablica 4 Usporedba inventara klizišta iz studija iz 1967. (*Šikić, 1967*), 1979. (*Polak i dr., 1979*) i 2007. (*Miklin i dr., 2007*)

Element usporedbe	Studija iz 1967. godine *(Šikić, 1967)*	Studija iz 1979. godine *(Polak i dr., 1979)*	Studija iz 2007. godine *(Miklin i dr., 2007)*
Razdoblje upotrebe	12 godina (1967-1979)	28 godina (1979-2007)	trenutačno 7 godina (2007-2014)
Obuhvat	125 km^2	105 km^2	175 km^2
Namjena	planiranje namjene zemljišta	provedba Prostornog plana Grada Zagreba (PPZG)	provedba Prostornog plana Grada Zagreba (PPZG)
Mjerilo kartografskih prikaza	1:10.000	1:10.000	1:5.000
Vrste karata na kojima su prikazana klizišta i broj listova	inženjerskogeološka karta s klizištima, 11 listova	litološka karta s klizištima, 9 listova	inženjerskogeološka karta s klizištima, 39 listova
Vrste ostalih karata i broj listova	hidrogeološka karta, 14 listova karta podložnosti klizanju, 11 listova	karta podložnosti klizanju, 9 listova	geološka karta u mjerilu 1:25.000, 1 list hidrogeološka karta u mjerilu 1:25.000, 1 list karta nagiba terena u mjerilu 1:25.000, 1 list
Ukupan broj listova svih karata	35	18	42
Korištenje dotadašnjih podataka	da	da	da
Metoda identifikacije klizišta	kartiranje klizišta na terenu	kartiranje klizišta na terenu	kartiranje klizišta na terenu
Istraživačko bušenje, uzorkovanje, laboratorijska ispitivanja i analize	ne	ne	da
Kriterjii klasifikacije klizišta	prema aktivnosti	prema aktivnosti	prema aktivnosti
Način prikaza podataka o klizištima	obrazac za klizišta	kratki tekstualni opis	obrazac za klizišta i baza podataka
Tehnika izrade karte	analogna karta	analogna karta	analogna i digitalna karta i baza podataka u GIS-u i Microsoft Access-u
Broj registriranih nestabilnih padina/klizišta	535	812	707
Korištenje metoda daljinskih istraživanja	ne	da (analiza stereoparova)	Ne
Provedeno zoniranje podložnosti na klizanje (u sklopu studije)	da	da	djelomično, prikazivanjem tzv. nestabilnih zona

Kartografski prikazi klizišta razlikuju se u inventaru iz 1979. godine u odnosu na prikaze u inventarima iz 1967. i 2007. godine. Osnovna razlika je u tome da su u inventaru iz 1979. godine uglavnom prikazivane granice pojedinačnih klizišta, osim u slučaju vrlo malih klizišta, kada su ona objedinjavana u zone, koje su zasebno opisane u popratnom izvještaju. U inventarima iz 1967. i 2007. godine uglavnom su ucrtavane nestabilne zone, a na lokacijama na kojima su postajali pouzdani podaci iz geotehničkih izvještaja, prikazivane su granice pojedinačnih klizišta. Sva tri inventara klizišta prikazana su na litološkim kartama, na kojima su izdvojene vrste stijena i inženjerskih tala. Na kartama klizišta također su pojedinačnim simbolima ucrtavani i dodatni podaci o drugim mogućim uzrocima klizanja (npr. zamočvarenja, jaruge, položaji slojevitosti i sl.), uključivo i izvore podataka (bušotine, zdenci, mjesta uzorkovanja i sl.). U tom smislu najdetaljnija je inženjerskogeološka karta s kartom klizišta iz 2007. godine (*Miklin i dr., 2007*), jer prikazuje cijeli niz podataka o značajkama stijena i tala i hidrogeološkim uvjetima. Za sva tri inventara klizišta zajedničko je da su pri njihovoj izradi korišteni i postojeći podaci o klizištima koja su prethodno detaljno istraživana u okivru geotehničkih istraživanja. U sva tri inventara, klizišta su klasificirana na sličan način, prema stupnju aktivnosti klizišta, pri čemu su uvijek izdvajana aktivna klizišta od neaktivnih ili umirenih klizišta. Daljinska istraživanja navedena su kao izvor podataka samo pri izradi inventara iz 1979. godine, ali nije jasno navedeno koje metode su korištene, u kojem obimu i s kojim rezultatima.

U daljnjem tekstu analizirane su veličine klizišta u pojedinim inventarima i to usporedbom raspodjele površina 535 klizišta prema povijesnom inventaru iz 1967. godine, 812 klizišta prema povijesnom inventaru iz 1979. godine i 707 klizišta prema povijesnom inventaru iz 2007. godine. Na slici 20 je prikazana usporedba raspodjele površina klizišta, radi lakše međusobne usporedbe povijesnih podataka o klizištima.

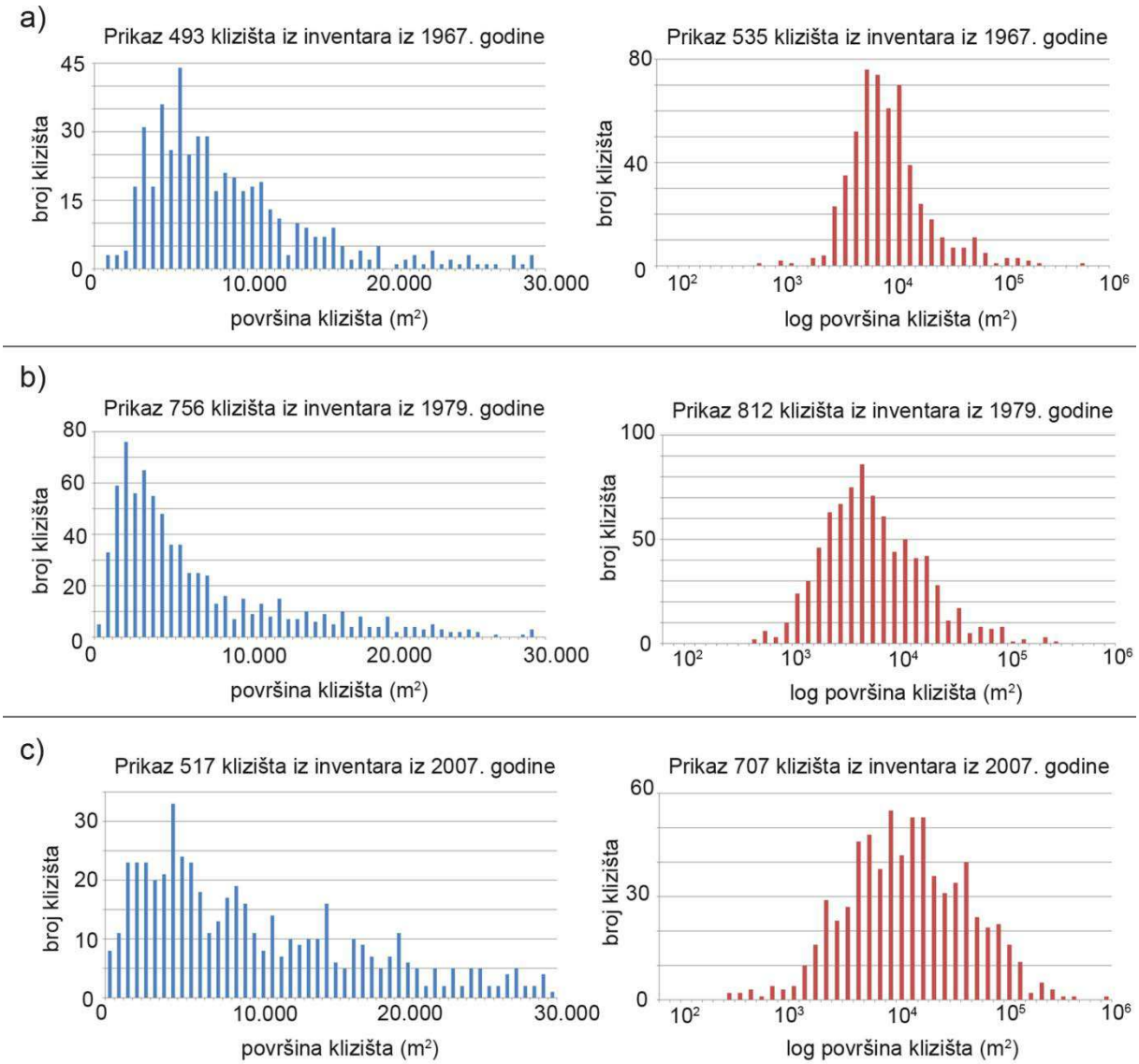
Prema inventaru iz 1967. godine na području obuhvata inventara površine klizišta su u rasponu od 607 do 506.932 m^2. Na slici 20a prikazane su raspodjele površina. Lijevi dijagram na slici 20a prikazuje raspodjelu površina 493 klizišta veličine do 30.000 m^2 u klasama po 600 m^2. Maksimalna učestalost klizišta u pojedinim klasama je 44 klizišta. U povijesnom inventaru iz 1967. godine više od 25 klizišta prisutno je u rasponu površina 3.600-7.800 m^2. Ukoliko pretpostavimo da je omjer širine i duljine klizišta jednak 1:2, proizlazi da ovom rasponu pripadaju klizišta

približnih dimenzija od 42x85 m do 62x125 m. U analiziranom inventaru je ukupno 44,5% klizišta navedenih dimenzija, dok je 5,2% klizišta manje od ovih dimenzija, a 50,3% klizišta je veće od karakterističnih dimenzija. Desni dijagram na slici 20b prikazuje logaritamsku podjelu klasa površina svih klizišta u inventaru iz 1967. godine. Maksimalnu učestalost prema ovoj raspodjeli imaju klizišta u rasponu površina 5.012-6.310 m^2 u kojemu ima 76 klizišta (ili približno 14%).

Prema inventaru iz 1979. godine na području obuhvata inventara površine klizišta su u rasponu od 454 do 289.501 m^2. Na slici 20b prikazane su raspodjele površina. Lijevi dijagram na slici 20b prikazuje raspodjelu površina 756 klizišta veličine do 30.000 m^2 u klasama po 600 m^2. Maksimalna učestalost klizišta u pojedinim klasama je 76 klizišta. U povijesnom inventaru iz 1979. godine više od 25 klizišta prisutno je u rasponu površina 1.200-7.200 m^2. Ukoliko pretpostavimo da je omjer širine i duljine klizišta jednak 1:2, proizlazi da ovom rasponu pripadaju klizišta približnih dimenzija od 24x49 m do 60x120 m. U analiziranom inventaru je ukupno 63,3% klizišta navedenih dimenzija, dok je 0,6% klizišta manje od ovih dimenzija, a 36,1% klizišta je veće od karakterističnih dimenzija. Desni dijagram na slici 20b prikazuje logaritamsku podjelu klasa površina svih klizišta u inventaru iz 1979. godine. Maksimalnu učestalost prema ovoj raspodjeli imaju klizišta u rasponu površina 3.981-5.012 m^2 u kojemu ima 86 klizišta (ili približno 11%).

Prema inventaru iz 2007. godine na području obuhvata inventara površine klizišta su u rasponu od 284 do 927.168 m^2. Na slici 20c prikazane su raspodjele površina. Lijevi dijagram na slici 20c prikazuje raspodjelu površina 517 klizišta veličine do 30.000 m^2 u klasama po 600 m^2. Maksimalna učestalost klizišta u pojedinim klasama je 33 klizišta. U povijesnom inventaru iz 2007. godine više od 25 klizišta prisutno je u rasponu površina 4.800-5.400 m^2. Ukoliko pretpostavimo da je omjer širine i duljine klizišta jednak 1:2, proizlazi da ovom rasponu pripadaju klizišta približnih dimenzija od 49x98 m do 52x104 m. U analiziranom inventaru je ukupno 4,7% klizišta navedenih dimenzija, dok je 18,3% klizišta manje od ovih dimenzija, a 77,1% klizišta je veće od karakterističnih dimenzija. Iz distribucije površina klizišta ovog inventara vidi se da ne postoji karakteristični kontinuirani raspon većih učestalosti površina klizišta, kao kod prethodnih inventara, zbog čega nije moguće izdvojiti širi raspon tipičnih povšina klizišta. Desni dijagram na slici 20b prikazuje logaritamsku podjelu klasa površina svih klizišta u inventaru iz 2007. godine.

Maksimalnu učestalost prema ovoj raspodjeli imaju klizišta u rasponu površina 7.943-10.000 m^2 u kojemu ima 55 klizišta (ili približno 8%).



Slika 20 Raspodjela površina klizišta na području južnih obronaka Medvednice prema povijesnim inventarima: (a) površine klizišta prema inventaru iz 1967. godine (*Šikić, 1967*); (b) površine klizišta prema inventaru iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*); i (c) površine klizišta prema inventaru iz 2007. godine (*Miklin i dr., 2007*)

Iz provedene analize proizlazi da je maksimalna površina identificiranih klizišta najmanja u inventaru iz 1979. godine (289.501 m^2), a zatim po veličini slijede inventari iz 1967. (506.932 m^2) i 2007. (927.168 m^2) godine. Razlog za to je taj što su jedino u inventaru iz 1979. godine uglavnom identificirane granice pojedinih klizišta, a u inventarima iz 2007. godine i 1967. godine su identificirane zone za koje je procijenjeno da su nestabilne. Osim toga, karakteristične dimenzije najučestalijih klizišta iz inventara iz 1979. godine su također najmanje, a iznose od 24x49 m do

60x120 m za oko 63% klizišta ovog inventara. Karakteristične dimenzije najučestalijih klizišta iz inventara iz 1967. godine su veće, jer iznose od 42x85 m do 62x125 m. Međutim, njihova zastupljenost u ovom inventaru je manja, oko 45%, a oko 50% klizišta je većih dimenzija. Karakteristične dimenzije naučestalijih klizišta iz inventara iz 2007. godine nije moguće odrediti na isti način, ali je vidljivo da je 77% klizišta većih dimenzija od 52x104 m.

S obzirom na prethodno navedeno, inventar klizišta iz 1979. godine je u ovom radu korišten i za verifikaciju inventara dobivenih analizama steremodela iz 1964. i 1998. godine (detaljno opisano u poglavljima 5.3 i 5.4). Prema *Guzzetti (2005)* u inventarima temeljenim na identifikaciji klizišta na terenu, klizišta općenito imaju veće površine nego u inventarima temeljenim na analizi stereomodela.

4 METODE KARTIRANJA KLIZIŠTA I PROCJENE RELATIVNE OPASNOSTI

Zdrav razum nalaže da se odabrana metoda primjeni.

Ako zakaže, priznaj i pokušaj s drugom.

Ali prije svega treba pokušavati.

Franklin Delano Roosevelt

(1882.-1945.)

4.1 Identifikacija klizišta stereoskopskom analizom stereomodela

Analiza stereoparova aerosnimki ili stereomodela od strane iskusnog interpretatora je vjerojatno najbolji i najekonomičniji način prepoznavanja i identifikacije krajobraznih pojava (*eng. landform*) na površini i plitko ispod površine (*Paine i Kiser, 2012*). Neovisno o mjerilu snimke preporučljivo je uvijek potvrditi identificiranu pojavu i na terenu. Prema *Way* (*1973*) pod pojmom krajobrazna pojava podrazumijevaju se značajke terena nastale prirodnim procesima, čije osobine su definirane, odnosno krajobrazne pojave se odlikuju određenim fizičkim i vizualnim značajkama. Primjeri vrsta krajobraznih pojava su: brežuljci, platoi, bazeni, dome, doline, poplavne ravnice, ogoline, klizišta, itd. *Paine i Kiser (2012)* detaljno su razradili elemente koji se koriste za identifikaciju i opis krajobraznih pojava na snimkama, a to su: topografija (*eng. topography*), drenažne mreže (*eng. drainage patterns*), drenažne teksture (*eng. drainage texture*), gustoća drenaže (*eng. drainage density*), učestalost tokova (*eng. stream frequency*), relativna infiltracija (*eng. relative infiltration*), tip jaruga (*eng. gully types*), nijansa snimke (*eng. photo tone)*, tekstura snimke (*eng. photo texture*), uzorci vegetacije (*eng. vegetation patterns*) i uzorci pokrova zemljišta (*eng. land-use patterns*). Prilikom interpretacije krajobraznih pojava sa stereoparova aerosnimki također je važno uzeti u obzir međusobni utjecaj litologije i geološke strukture, klimatske utjecaje danas i u prošlosti, te antropogeni utjecaj.

Unatoč značajnom napretku tehnologije (kao što su polu-automatizirane analize DEM-ova visoke rezolucije ili satelitskih snimaka svih vrsta, *Liu i Mason, 2009*), analiza stereomodela i dalje je najčešće korištena metoda u identifikaciji klizišta i izradi karata klizišta (*Pašek, 1975; Brunsden, 1993; Guzzetti i dr., 2012*). Još i danas se uspješnost primjene novih tehnologija u identificiranju i kartiranju klizišta uspoređuje i verificira pomoću analiza stereomodela. Prema *Guzzetti i dr. (2012)* vizualna interpretacija stereomodela je široko prihvaćena iz sljedećih razloga:

a) Kvalificirani geomorfolog može brzo i lako identificirati i kartirati klizišta na aerosnimkama, što je dodatno olakšano kod stereoskopske analize zbog vertikalnog preuveličavanja koje stvara iluziju dubine. Vertikalnim preuveličavanjem morfološke pojave terena su izraženije, čim je moguće otkriti i manje izražene topografske promjene, što je važno za prepoznavanje i

interpretaciju karakteristične topografije klizišta na terenu (*Rib i Liang, 1978; Pike, 1988*).

b) Za kvalificiranog geomorfologa, interpretacija stereoparova aerosnimki je intuitivan proces koji ne zahtijeva sofisticirane vještine vezane uz primjenu određene tehnologije. Tehnologija i alati potrebni za interpretaciju stereomodela su jednostavni i jeftini u usporedbi s ostalim metodama otkrivanja klizišta jer je nužan samo stereoskop. U posljednjih nekoliko godina napredak u primjeni kompjuterski podržanog stereoskopskog prikaza doprinijeo je povećanju korištenja aerosnimaka, pod čime se podrazumijavaju i dovoljno kvalitetne satelitske snimke (*Nichol i dr., 2006*). Informacije dobivene s aerosnimaka se mogu brzo i lako prenijeti na analogne karte ili pohraniti u digitalnom obliku.

c) Uobičajena veličina aerosnimke (21x21 cm) i njihovo mjerilo (u rasponu od 1:5.000 do 1:70.000) omogućavaju pokrivanje velikih površina terena s razumnim brojem fotografija. Klizište uobičajene veličine, od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara duljine i širine (prema *Malamud i dr., 2004b*), može se uklopiti na jedan stereopar što interpretatoru omogućava lakši rad. Fotogrametrijske aerosnimke se uobičajeno preklapaju sa standardno 60% uzdužnog preklopa (duž linije leta) i 25% poprečnog preklopa. Na taj način se postiže preklop između stereoskopskih modela (područje na stereoparu koje je moguće stereoskopski promatrati) od 20% duž linije leta i 20% poprečno na liniju leta, a 10% slikovnog sadržaja na rubu snimke najčešće se ne koristi za analizu zbog znatne distorzije. Ovo interpretatoru omogućava pronalaženje najbolje kombinacije fotografija odnosno stereomodela za identifikaciju i kartiranje klizišta na određenom području.

d) Jedinice nacionalne i lokalne uprave i samouprave, istraživačke organizacije i privatne tvrtke imaju dugu praksu prikupljanja stereoparova aerosnimki za različite potrebe, zbog čega za većinu područja postoje nizovi povijesnih snimaka. Za puno područja (npr. u Europi, sjevernoj Americi, Japanu, itd.) su stereoparovi aerosnimki dostupni od 1950-ih godina, a ponegdje i od ranije, te se mogu koristiti za izradu karata klizišta. Na temelju dostupnih višestrukih povijesnih setova stereomodela određenog područja moguće je istražiti vremensku i prostornu komponentu razvoja klizišta (*Guzzetti i dr., 2006; Fiorucci i dr., 2011*). Osim toga, na taj način mogu se prikupiti i informacije vezane uz proučavanje erozije i evolucije krajolika (*Guzzetti i dr., 2009; Larsen i dr., 2010*).

Jedna od primarnih primjena stereoparova aerosnimki je izrada inventara interesnih značajki na zemljinoj površini (npr. šumskih resursa, ležišta materijala, itd.), među koje spada i izrada inventara klizišta. Mogućnosti interpretacije stereomodela za potrebe identifikacije klizišta zavisi velikim dijelom i o: (i) mjerilu fotografije; (ii) karakteristikama istraživanog područja (kao što su npr. morfologija terena, vrsta pokrova zemljišta, izgrađenost terena, itd.); (iii) veličini i karakteristikama klizišta; i (iv) godišnjem dobu snimanja. Klasifikacija raspona mjerila avionskih fotografija prema *Paine i Kiser (2012)* prikazana je u tablici 5. U tablici 6 je dan pregled preporučenih mjerila avionskih fotografija s obzirom na mogućnost vizualnog prepoznavanja klizišta s fotografija prema *van Westen (2007)*. Detaljna i krupna mjerila omogućavaju identifikaciju klizišta, interpretaciju aktivnosti klizišta i prepoznavanje pojedinih značajki klizišta, uz uvjet da su klizišta veća od 75 metara. Srednja mjerila omogućavaju identifikaciju klizišta za izradu inventara odnosno utvrđivanje prostorne distribucije klizišta. Sitna mjerila se preporučuje koristiti samo za utvrđivanje elemenata geomorfološkog okoliša. Prema preporukama *van Westen (2007)* za identifikaciju klizišta nužni su stereoparovi aerosnimki tj. stereomodel krupnijeg mjerila od 1:25.000.

Tablica 5 Raspon mjerila avionskih fotografija (*Paine i Kiser, 2012*)

Opis mjerila	Raspon mjerila
sitno	< 1:24.000
srednje	1:10.000 - 1:24.000
krupno	1:1.000 - 1:10.000
detaljno	> 1:1.000

Tablica 6 Pregled preporučenih mjerila s obzirom na mogućnost vizualnog prepoznavanja klizišta, njihovih značajki i aktivnosti, sa stereoparova aerosnimki (*van Westen, 2007*)

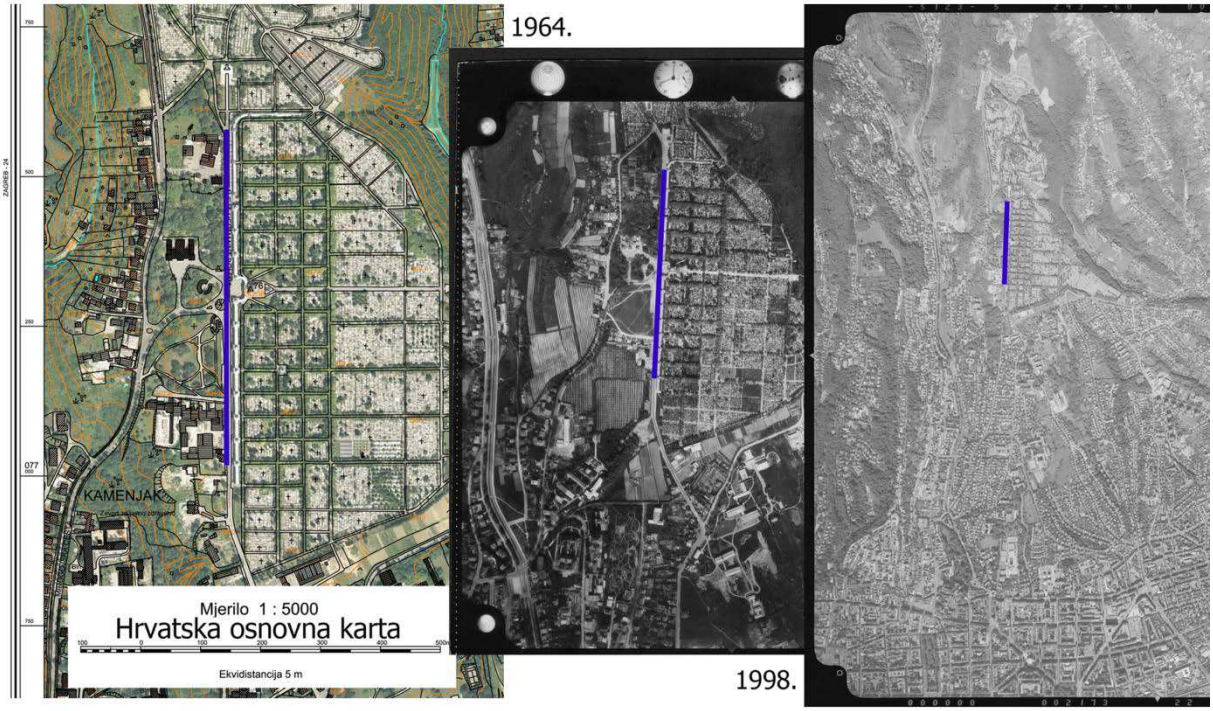
Cilj	**Veličina klizišta**	**Mjerilo fotografije**		
		1:20.000	**1:10.000**	**1:5.000**
identifikacija klizišta	< 20 m	vrlo ograničeno	vrlo ograničeno	**korisno**
	20 - 75 m	vrlo ograničeno do ograničeno	ograničeno do korisno	**vrlo korisno**
	> 75m	ograničeno do korisno	**korisno**	**vrlo korisno**
identifikacija aktivnosti klizišta	< 20 m	vrlo ograničeno	vrlo ograničeno	ograničeno
	20 - 75 m	vrlo ograničeno	vrlo ograničeno do ograničeno	**korisno**
	> 75m	ograničeno	ograničeno do korisno	**vrlo korisno**
identifikacija značajki klizišta	< 20 m	vrlo ograničeno	vrlo ograničeno	vrlo ograničeno
	20 - 75 m	vrlo ograničeno	vrlo ograničeno do ograničeno	ograničeno do korisno
	> 75m	ograničeno	**korisno**	**vrlo korisno**

Područje istraživanja u okviru ovog doktorskog rada pokriveno je s dva seta stereoparova aerosnimki različitog mjerila tj. dva stereomodela. Mjerilo fotografija izračunato je prema formuli 2 koja stavlja u odnos omjere mjerila fotografije i karte, i omjere udaljenosti na karti i fotografiji (*prema Paine i Kiser, 2012*):

$$M_{foto} / M_{karta} = D_{karta} / D_{foto} \quad \text{formula 2}$$

Gdje je: M_{foto} = mjerilo fotografije, M_{karta} = mjerilo karte,
D_{karta} = udaljenost na karti, D_{foto} = udaljenost na fotografiji.

Prilikom izračuna mjerila fotografije, važno je voditi računa o sljedećem: (i) svaka točka na fotografiji na različitoj visini ima različito mjerilo točke; i (ii) mjerilo fotografije nije konstanta za sve fotografije iz serije, a čak nije konstanta niti unutar pojedine fotografije. Mjerilo za stereoparove aerosnimki iz 1964. i 1998. godine izračunato je na način da je izmjeren karakterističan detalj zida na Mirogoju, poznate duljine 555 metara, čiji je prikaz dan na slici 21.



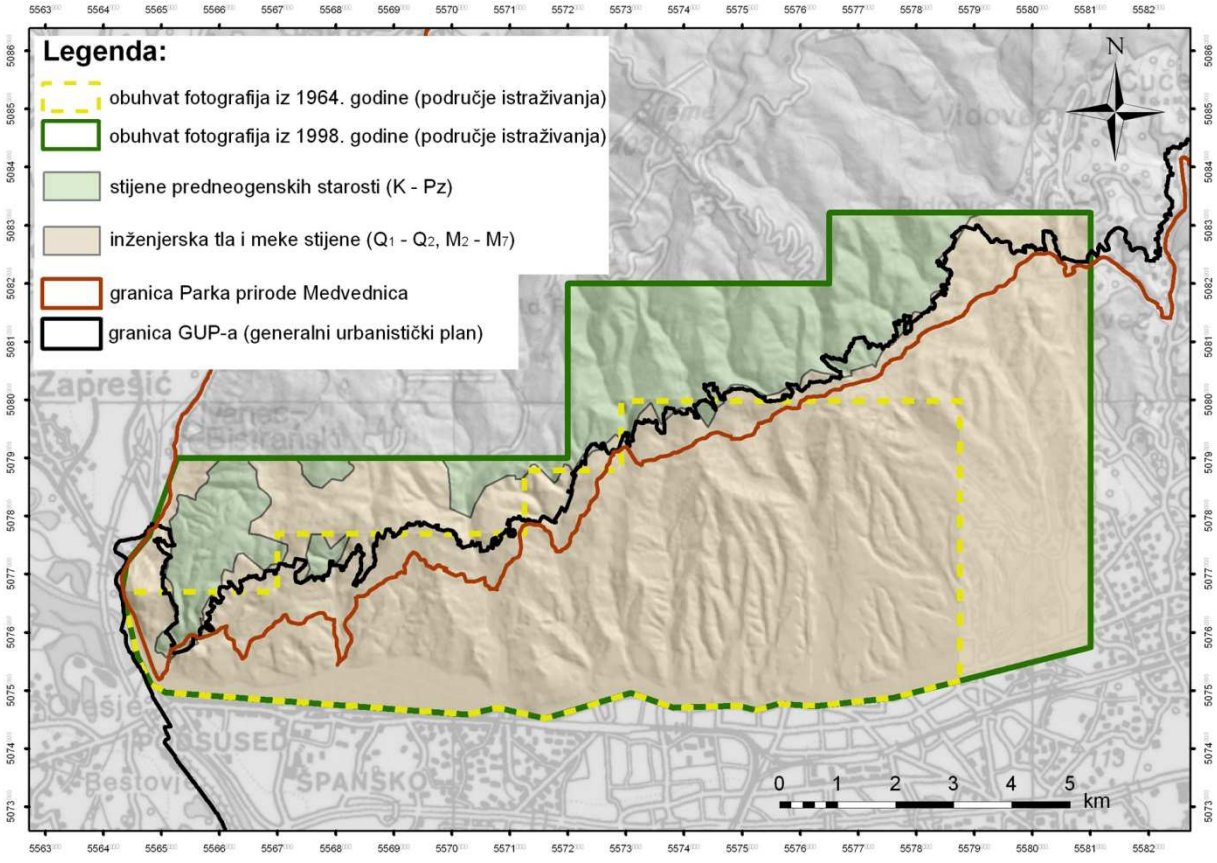
Slika 21 Prikaz karakterističnog detalja zida na Mirogoju (plava linija) na HOK-u mjerila 1:5.000 iz 1999. godine (s DOF-om iz 2007. godine u podlozi), te na avionskim fotografijama iz 1964. i 1998. godine, koji su korišteni za izračun mjerila stereoparova aerosnimki

Na Hrvatskoj osnovnoj karti (HOK-u) u mjerilu 1:5.000 ta duljina iznosi 11,10 centimetara, na fotografiji iz 1964. godine ta duljina iznosi 6,95 centimetara, a na fotografiji iz 1998. godine ta duljina iznosi 2,75 centimetara. Ove vrijednosti uvrštene su u izraz, prema kojoj je izvršen izračun mjerila kako slijedi:

$M_{f64} / M_{HOK} = D_{HOK} / D_{f64}$
$M_{f64} / 5.000 = 11,10 \text{ cm} / 6,95 \text{ cm}$
$M_{f64} = 7.985,6$
$M_{f64} \approx 8.000$

$M_{f98} / M_{HOK} = D_{HOK} / D_{f98}$
$M_{f98} / 5.000 = 11,10 \text{ cm} / 2,75 \text{ cm}$
$M_{f98} = 20.181,8$
$M_{f98} \approx 20.000$

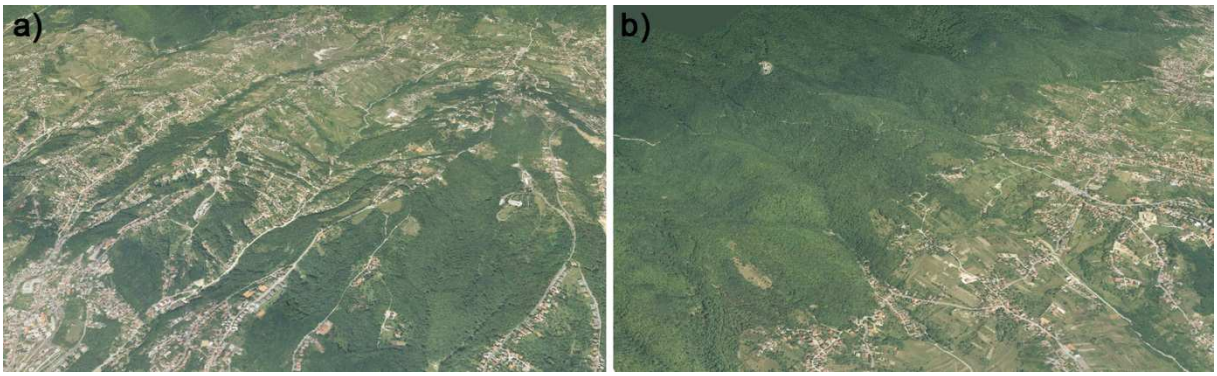
Uslijed greške do koje dolazi pri mjerenju udaljenosti i uz uvažavanje navedenih ograničenja vezanih uz mjerilo točke i mjerilo fotografije, mjerilo avionskih snimaka se može zaokružiti na M_{f64}=1:8.000 i na M_{f98}=1:20.000. Ova mjerila uzeta su kao referentna za stereoparove aerosnimki tj. stereomodele istraživanog područja iz 1964. i 1998. godine, te su dovoljno točna za potrebe daljnjih analiza (*Podolszki i dr., 2012*). Prema podjeli mjerila iz tablice 5 (*Paine i Kiser, 2012)* fotografije iz 1964. godine su krupnog mjerila, a fotografije iz 1998. godine su srednjeg mjerila. Fotografije iz 1964. godine pokrivaju područje veličine 54,14 km^2, prikazano na slici 22, s ukupno 97 fotografija iz pet serija (dimenzije pojedinačnih fotografija iznose 18x18 cm). Fotografije iz 1998. godine pokrivaju područje veličine 99,79 km^2, prikazano na slici 22, s ukupno 35 fotografija iz tri serije (dimenzije pojedinačnih fotografija iznose 23x23 cm). Analiza stereoparova aerosnimki je izvršena s obzirom na vidljive geomorfološke značajke klizišta na pripadajućim stereomodelima.



Slika 22 Obuhvati stereoparova aerosnimki korištenih za identifikaciju klizišta u odnosu na inženjerskogeološke uvjete koji su relevantni za nastanak klizišta i mogućnost njihove interpretacije i prikaz administrativnih jedinica na području istraživanja

Uzimajući u obzir inženjerskogeološke uvjete koji imaju utjecaj na nastanak klizišta, područje istraživanja se može podijeliti na dvije veće sredine. Tereni

izgrađeni od inženjerskih tala i mekih stijena relativne geološke starosti od miocena (otnang do pont; M_2-M_7) do kvartara (pleistocen do holocen; Q_1-Q_2) obuhvaćaju 80,04 km^2 površine istraživanog područja ili 80,2% ukupne površine istraživanja. Na slici 23a prikazan je karakterističan izgled ovog područja koje većim dijelom spada u urbanizirani dio Grada Zagreba, odnosno administrativnu jedinicu grad Zagreb. Tereni izgrađeni od stijena predneogenskih starosti (paleozoik do kreda, K-Pz) na istraživanom području obuhvaćaju ukupnu površinu od 19,75 km^2 ili 19,8% površine. Na slici 23b prikazan je karakterističan izgled reljefa i pokrova planinskih predjela Grada Zagreba, koji se većim dijelom nalaze unutar granice Parka prirode Medvednica.



Slika 23 Karakterističan prikaz detalja područja istraživanja: a) brežuljkasto urbanizirano područje izgrađeno od inženjerskih tala i mekih stijena; i b) šumovito područje padina Medvednice izgrađeno od stijena s prijelazom prema brežuljkastom i urbaniziranijem području

Općenito vrijedi da ove dvije sredine predstavljaju različite tipove okoliša vezano za uvjete u kojima nastaju klizišta, što se odražava na tipove klizišta i na mogućnost njihove identifikacije sa stereoparova aerosnimki. Mogućnost nastanka klizišta u urbaniziranom brežuljkastom području je daleko veća s obzirom na prirodne i antropogene uvjete. Međutim, mogućnosti identifikacije klizišta na dijelovima terena koji nisu izgrađeni su veće. U tablici 7 je dan pregled površina i udjela na području istraživanja s obzirom na izdvojene inženjerskogeološke i administrativne jedinice, te morfologiju područja. Na području obuhvata stereomodela iz 1964. godine dominantno su zastupljeni tereni izgrađeni od inženjerskih tala i mekih stijena (97,1%) u odnosu na terene izgrađene od stijena predneogenske starosti (2,9%). Na području obuhvata stereomodela iz 1998. godine također su više zastupljeni tereni izgrađeni od inženjerskih tala i mekih stijena (80,2%) u odnosu na terene izgrađene od stijena predneogenske starosti (19,8%). Unutar područja Generalnog urbanističkog plana (GUP-a) nalazi se 94,7% područja pokrivenog stereoparovima

aerosnimki iz 1964. godine, odnosno 72,2% područja prekrivenog stereoparovima aerosnimki iz 1998. godine. Područje Parka prirode Medvednice obuhvaća manji dio područja istraživanja, odnosno 17,8% područja prekrivenog stereoparovima aerosnimki iz 1964. godine i 38,5% područja prekrivenog stereoparovima aerosnimki iz 1998. godine. Obje generacije steromodela pretežito prekrivaju područje brežuljaka i obronaka Medvednice na kojemu je raspon visina je između 200-500 metara nad morem. Najniža nadmorska visina na području istraživanja je 113 m.n.m. (na Kvaternikovom trgu), a najviša 726 m.n.m. (na padinama Medvednice). Površina preklopa stereomodela iz 1964. i 1998. godine je cijela površina stereomodela iz 1964. godine (54,14 km^2).

Tablica 7 Pregled površina i udjela na području istraživanja s obzirom na izdvojene administrativne i geološke jedinice

Administrativne i geološke jedinice		Zastupljenost na stereoparovima aerosnimki			
		1964. godina		1998.godina	
		Površina (km^2)	Udjel (%)	Površina (km^2)	Udjel (%)
geološka jedinica	tereni izgrađeni od inženjerskih tala i mekih stijena (Q_1-Q_2, M_2-M_7)	52,59	97,1	80,04	80,2
	tereni izgrađeni od stijena predneogenske starosti (K-Pz)	1,55	2,9	19,75	19,8
	Suma	54,14	100,0	99,79	100,0
administrativna jedinica	područje GUP-a Grada Zagreba	51,25	94,7	72,02	72,2
	područje izvan GUP-a Grada Zagreba	2,89	5,3	27,72	27,8
	Suma	54,14	100,0	99,74	100,0
administrativna jedinica	područje PP Medvednice	9,61	17,8	38,37	38,5
	područje izvan PP Medvednice	44,53	82,2	61,42	61,5
	Suma	54,14	100,0	99,79	100,0

4.1.1 Kriteriji identifikacije klizišta na stereomodelu

Identifikacija klizišta pomoću vizualne analize stereoparova aerosnimki je tehnika koja iziskuje iskustvo, vježbu, sustavnu metodologiju i jasno definirane kriterije *(Speight, 1977; Rib i Liang, 1978; van Zuidam, 1985; Antonini i dr., 2002)*. Opće prihvaćeni standardi ne postoje, te interpretator prepoznaje i klasificira morfološke oblike klizišta na temelju iskustva i analizira karakteristične setove vidljivih značajki, tzv. „potpis klizišta“ (*eng. landslide signature*) koje je moguće identificirati na stereomodelu. *Guzzetti i dr. (2012)* kao karakteristične setove značajki navode: oblik klizišta (*eng. landslide shape*), veličinu klizišta (*eng. landslide size*), boju (*eng. color*), nijansu (*eng. tone*), posebna obilježja (*eng. mottling*), teksturu (*eng. texture*), uzorak objekta (*eng. pattern of objects*), topografiju lokacije (*eng. site topography*) i položaj (*eng. setting*).

Oblik klizišta je izravno povezan s izgledom topografske površine. Zbog vertikalnog preuveličavanja prilikom promatranja, oblik je upravo najkorisnija karakteristika za identifikaciju klizišta na stereomodelu. Veličina klizišta odnosi se na veličinu područja karakterističnog izgleda topografske površine tj. površinu prostiranja klizišta. Poznavanje fizičkih dimenzija klizišta na površini terena korisno je za izračun ukupne površine zahvaćene klizanjem, ali i za procjenu dubine klizišta. Boja, nijansa, posebna obilježja i tekstura zavise od svjetla koje se reflektira s površine i mogu pomoći kod zaključivanja o vrsti stijene ili tla, te tipu vegetacije, što su također indirektni pokazatelji klizišta (npr. različite boje ili nijanse zbog promjena vlažnosti mogu ukazivati na klizišta). Obrazac i tekstura su značajke koje opisuju „hrapavost“ terena i mogu se koristiti za identificiranje različitih tipova površina, te na primjer za utvrđivanje granica sipara. Promjene u teksturi pokrova zemljišta također mogu upućivati na klizišta. Uzorak prikazuje prostorni smještaj objekata (npr. klizišta) koji se može ponavljati ili nalaziti u karakterističnom poretku ili formi, te pomaže kod donošenja zaključka o tipu stijena ili tla, podložnosti eroziji, prisutnosti pukotina i/ili rasjeda, može upućivati na slojevitost ili upućivati na druge tektonske ili strukturno-geološke elemente. Topografija lokacije odražava okoliš u kojemu se klizište nalazi i morfometrijske karakteristike kao što su visinska razlika, nagib terena i orijentacija padine, te konkavnost i konveksnost terena. Topografija lokacije je važna za identifikaciju klizišta, jer su klizišta karakterizirana lokalnim topografskim

anomalijama. Položaj izražava regionalne i lokalne karakteristike (litološke, geološke, morfološke, klimatske, pokrov zemljišta, itd.) u odnosu na okruženje u kojem se klizište nalazi. Topografija lokacije i položaj su posebno pogodni kod donošenja zaključka o tipu stijene ili tla, geološkoj strukturi, nagibu slojevitosti i prisutnosti rasjeda ili drugih tektonskih i strukturno-geoloških elemenata koji su važni za identifikaciju klizišta i za izbjegavanje pogrešnih klasifikacija koja mogu nastati uslijed morfološke sličnosti klizišta i drugih pojava *(Ray, 1960; Miller, 1961; Allum, 1966; van Zuidam, 1985; Antonini i dr., 2002)*.

Tijekom vizualne interpretacije stereoparova aerosnimki tj. stereomodela geomorfolozi koriste iskustvo u poznavanju povezanosti određenih morfoloških oblika i geološke građe za klasifikaciju klizišta. Konkavnost gornjeg dijela padine i konveksnost donjeg dijela padine obično upućuje na pojavu klizišta. Stožasti oblik u tlocrtu s konveksnim profilom obično ukazuje na pojave kao što su aluvijalne lepeze, sipari ili zone akumulacije debritnog toka. Padina blagog nagiba u podnožju strme litice se obično interpretira kao sipar. Kod zaključivanja o karakteristikama i svojstvima geomorfoloških značajki na osnovi metoda daljinskih istraživanja potrebno je obratiti pažnju na mogućnost pojavljivanja morfološke istovrsnosti. Npr. u glacijalnom terenu klizišta i akumulacija morenskih sedimenata se mogu manifestirati na sličan način, a na strmim terenima duboke gravitacijske deformacije se mogu zamijeniti s tektonskim strukturama (*Guzzetti i dr, 2012*). Na području istraživanja (npr. na padinama Medvednice izgrađenim od stijenskih masa) moguće je stare, napuštene i vegetacijom obrasle kamenolome zamijeniti s klizištima.

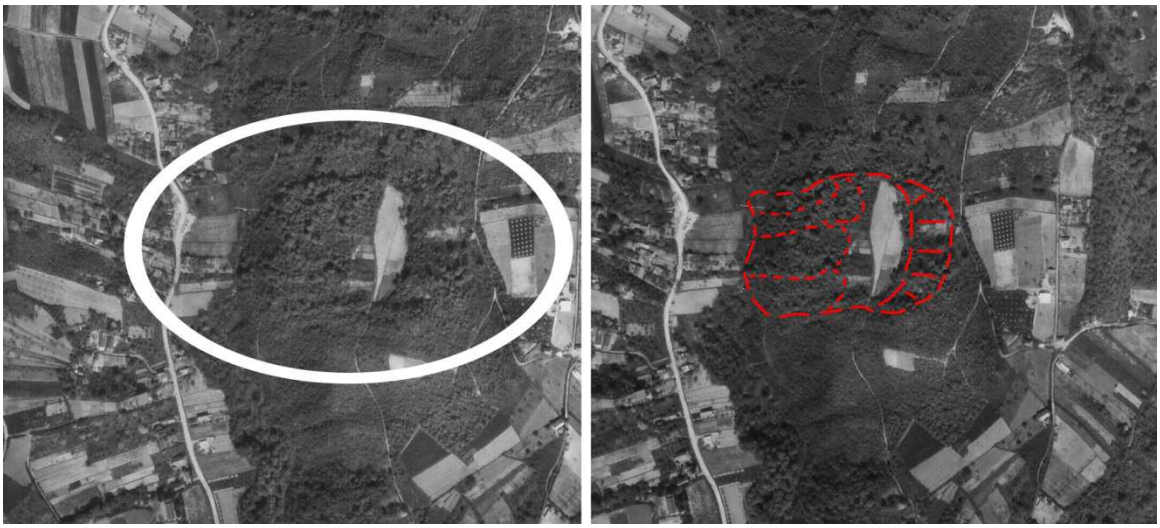
Tip, visina i gustoća vegetacije, te sezonske dugoročne promjene u vegetacijskom pokrovu utječu na mogućnost identifikacije i kartiranja klizišta na terenu ili metodama daljinskih analiza zračnih i satelitskih snimaka *(Rib i Liang, 1978)*. U područjima gdje je vegetacija rijetka, kao npr. u semi-aridnim regijama *(Cardinali i dr., 1990)* ili u posebno oblikovanim krajolicima bez vegetacije, kao npr. na Marsu *(Quantin i dr., 2004; De Blasio, 2011)*, morfološki izgled klizišta nije sakriven vegetacijom. U područjima gdje vegetacija raste brzo, kao npr. u tropskim i ekvatorijalnim područjima, „potpis klizišta“ na pokrovu zemljišta, te osobito tragovi malih i plitkih slomova padina mogu biti prekriveni vegetacijom u svega nekoliko mjeseci ili sezona. U kultiviranim područjima srednjih geografskih širina (npr. središnja Italija) poljoprivredna djelatnost, pretežito oranje, može lako uništiti

morfološke pokazatelje klizišta i tragove klizišta na pokrovu zemljišta *(Fiorucci i dr., 2011)*. Na obrađivanim površinama također se često zamjećuju i linearni uzorci po granicama parcela ili po redovima nasada, koji nastaju kao rezultat pravilnog rasporeda posađenih biljaka *(Cardinali i dr., 2000)*. Nepravilnosti ovih pravilnih uzoraka, nastale kao posljedica klizanja, olakšavaju prepoznavanje klizišta i njihovo kartiranje, kao i kartiranje pojedinih pukotina, čak i do dekametarskog reda veličina. Pošumljena područja u različitim geografskim i klimatskim okolišima mogu otežati kartiranje klizišta, naročito plitkih klizišta i debritnih tokova, zbog čega identifikacija klizišta ispod šumskog pokrova može biti vrlo problematična *(Brardinoni i dr., 2003; Korup, 2005)*. S druge strane, razlike u gustoći i visini šumskog pokrova mogu u nekim slučajevima upućivati na klizišta.

Ovisno o uvjetima nastanka klizišta, za svako područje moguće je definirati karakteristične morfološke oblike klizišta i karakteristične setove vidljivih značajki, tzv. „potpis klizišta“. Istraživano područje najvećim je dijelom urbanizirano i prekriveno je šumom, što je ilustrirano s dva karakteristična primjera na stereoparovima aerosnimki tj. sa svakog stereomodela je izdvojen jedan krakterističan primjer. Na slici 24 je prikazano klizište identificirano prema stereoparovima aerosnimki iz 1964. godine na području Velikog potoka. Ovo je veliko (približna površina je 9.000 m^2), a ujedno i višestruko klizište, jer je u tijelu klizišta identificirano više generacija klizišta. Iako je smješteno u urbaniziranom dijelu grada Zagreba, klizište se u cjelosti nalazi u nenaseljenoj zoni, uglavnom prekrivenoj šumom, a djelomično i oranicama. Identifikacija prikazanog klizišta moguća je stereoskopskom analizom stereomodela zbog veličine klizišta i zbog razlika u visini i gustoći šumskog pokrova, na temelju čega je identificirana granica klizišta, kao i granice sekundarnih pojava klizanja unutar pokrenute mase. Prilikom terenskog obilaska potvrđena je ispravnost identifikacije klizišta na stereomodelu, jer su i 50-ak godina kasnije na terenu još uvijek vidljivi elementi klizišta. U ovom slučaju je zbog veličine klizišta analiza stereomodela prikladnija metoda kartiranja klizišta nego terensko geomorfološko kartiranje.

Na slici 25 je prikazano klizište identificirano prema stereomodelu iz 1998. godine u Mandićevoj ulici. Ovo je primjer relativno starijeg klizišta srednje veličine (približna površina je 3.300 m^2), također smještenog u urbaniziranom dijelu grada Zagreba. Klizište se nalazi na padini koja je bila samo djelomično izgrađena 1998. godine.

Terenskim obilaskom klizišta 2012. godine, utvrđeno je da je na terenu danas vidljiva samo nožica klizišta, a gornji dijelovi klizišta više nisu vidljivi, jer je ovo područje danas gotovo u potpunosti izgrađeno. U ovom primjeru klizište je „okruženo“ građevinama, te je granica klizišta s vremenom sve manje vidljiva zbog povećane izgrađenosti područja.



Slika 24 Stereogram klizišta (broj 640207) na lokaciji Veliki potok izrađen iz stereoparova aerosnimki iz 1964. godine s označenom širom lokacijom (elipsa na lijevoj slici) i identificiranim elementima klizišta (crvene linije na desnoj slici) koji su vidljivi zbog razlika u šumskom pokrovu

Slika 25 Stereogram klizišta (broj 980440) u Mandićevoj ulici izrađen prema stereoparovima aerosnimki iz 1998. godine s označenom širom lokacijom (elipsa na lijevoj slici) i identificiranim elementima klizišta (crvene linije na desnoj slici) koji su slabije vidljivi zbog izgrađenosti zemljišta

Geomorfolozi uglavnom, često nesvjesno, koriste sve ranije opisane kriterije interpretacije da bi identificirali klizišta i izradili karte klizišta. Zbog velike raznovrsnosti klizišta *(Cruden i Varnes, 1996)* samo neka klizišta su jasno i lako

prepoznatljiva na terenu ili na aerosnimkama ili satelitskim snimkama. Većina klizišta je jasno prepoznatljiva po svježim pukotinama (ožiljcima) neposredno nakon aktiviranja klizišta. Granice između područja glavne pukotine i pokrenute mase (područje usijedanja, transporta i akumulacije) i neporemećenog terena kod novih klizišta su obično jasne i relativno jednostavne za identifikaciju i kartiranje. To je naročito izraženo kod malih, plitkih klizišta kao što su klizanja u tlu ili debritni tokovi. Kod velikih i složenih klizišta, granica između stabilnog terena i pokrenute mase često je postupna i nejasno izražena. Kod dubokih klizišta, identificiranje granice pokrenute mase može biti teško čak i kod novih klizišta, osobito u urbanim ili šumovitim područjima. U pravilu, granice klizišta postaju sve nejasnije sa starenjem klizišta, što je rezultat različitih procesa, kao što su manje lokalne nestabilnosti unutar zone glavne pukotine ili pokrenute mase, otvaranje novih klizišta, erozija i promjene u pokrovu zemljišta *(Malamud i dr., 2004a)*.

Kod interpretacije stereomodela, točnost inventara također zavisi o tipu, kvaliteti i karakteristikama stereoskopa, što također treba uzeti u obzir pri procjeni rezultata interpretacije. Istraživači klizišta kod interpretacije stereoparova aerosnimki rijetko uzimaju u obzir tu činjenicu. Općenito vrijedi da bolji stereoskopi rezultiraju inventarima superiorne kvalitete. *Cardinali i dr. (1990)* su koristili Abrams Model CB-1 stereoskop za vizualnu interpretaciju više od 2.000 aerosnimki i izradu inventara klizišta Novog Meksika u SAD-u. *Guzzetti i Cardinali (1989, 1990)* i *Antonini i dr. (1993)* su koristili stereoskop Galileo SFG 3/b s mogućnošću uvećanja od 1,25 puta i 4 puta za interpretaciju više od 2.500 aerosnimki mjerila 1:33.000 područja središnje Italije. *Galli i dr. (2008)* su koristili poboljšani stereoskop Galileo Siscam Falcon ZII s mogućnošću kontinuiranog uvećanja od 1,5 do 13,5 puta za analizu više od 2.000 aerosnimaka područja Umbria u Italiji, u mjerilima 1:33.000 i 1:13.000. Kvaliteta ova tri inventara klizišta, dobivena vizualnom interpretacijom stereomodela, se povećava zavisno od kvalitete korištenih stereoskopa, ali pri čemu ne treba isključiti i ostale faktore. Od ovdje navedenih primjera najkvalitetniji je inventar izrađen na aerosnimkama mjerila 1:13.000 od strane *Galli i dr. (2008).*

Tijekom stereoskopske analize stereomodela područja istraživanja u okviru ovog doktorskog rada korišten je stereoskop Topcon Model 3 sa širokim izborom povećanja: 1 puta na 180 mm x 240 mm, 1,8 puta na 170 mm x 230 mm i 3 puta na 70 mm. Prema potrebi korišten je i džepni stereoskop (uvećanje 2 puta), te metoda

stereoskopskog gledanja (stvaranja 3D slike) bez upotrebe instrumenta. Teorijski je stvaranje 3D slike, samo uz upotrebu očiju, najbolja tehnika, jer omogućava uočavanje najviše detalja na optimalnoj 3D slici, bez deformacija koja nastaju usiljed korištenja instrumenata. Međutim, površina koja se pregledava stvaranjem 3D slike bez pomagala je mala, što je izrazito nepraktično za veće područje, te je sama tehnika izrazito zamorna za interpretatora.

4.1.2 Općenito o analitičkom hijerarhijskom procesu i njegovoj primjeni kod istraživanja klizišta

Uz ranije opisane prednosti, stereoskopska identifikacija klizišta također ima svoja ograničenja koja su vezana uz pouzdanost identifikacije klizišta. Za ocjenu pouzdanosti identificiranih klizišta, u ovom je istraživanju korišten analitički hijerarhijski proces – AHP (*eng. Analytic Hierarchy Process*), koji predstavlja strukturiranu tehniku za organizaciju i analizu podataka u svrhu donošenja kompleksnih odluka. To je multi-parametarska, multi-kriterijska metoda koja pomaže u odlučivanju (*Saaty, 1980, 1990, 2006, 2008; Saaty i Vargas, 1991; Hummel i dr., 1998*). Prema toj metodi se na temelju prosudbe eksperta, kroz usporedbu parova daje se jednom članu para određena veća važnost. Iako je takva prosudba veće važnosti jednog člana para subjektivna, korištenje AHP metode se pokazalo učinkovitom i opravdanom na nizu problema i u različitim poljima. Primjerice uspješno je korištena pri rješavanju administrativnih problema, donošenju političkih odluka, primjenjena je u obrani, tehničkim i prirodnim znanostima i dr. (*Nie i dr., 2001; Miyagi i dr., 2004; Marinoni i dr., 2005; Yoshimatsu i Abe, 2005; Zhang i dr., 2006; Marques i Zuquette, 2006; Abella i van Westen, 2007; Saaty, 2008; Young i dr., 2010; Macpinlac i dr., 2010; Sassa i dr., 2013; Ma i dr., 2013; itd.*).

Sve što radimo zahtijeva donošenje svjesne ili nesvjesne odluke. Da bi donijeli odluku potrebno je definirati problem, potrebu i cilj odluke, kriterij odlučivanja, podkriterije odlučivanja, utjecaj odluke i alternativne mogućnosti. Na temelju svih tih čimbenika biramo tj. odlučujemo se za vjerojatno najbolju alternativu. Donošenje odluka danas pripada i u domenu matematičkih znanosti (*Figuera i dr., 2005*). U skladu s principima matematičkih znanosti svemu se može pridružiti broj, tj. sve se može na neki način izmjeriti. Međutim, faktori koje ne znamo i ne možemo izmjeriti su puno brojniji od onih koje znamo i možemo izmjeriti. Mjerenje se mora interpretirati prema značenju i korisnosti zavisno od prioriteta pri donošenju određene odluke. Važnost različitih problema je relativna i zbog toga je potrebno odrediti relativne prioritete pri donošenju odluka. Kod sakupljanja saznanja o nečemu postoje dva načina, ispitivanje i proučavanje ili kroz usporedbu sa sličnim. Na temelju tih saznanja se donosi odluka. Da bi donijeli odluku na organizirani način potrebno je

utvrditi relativne prioritete, a sam proces donošenja odluke se može prikazati u četiri koraka (*Saaty, 2008*):

1. potrebno je definirati problem i utvrditi traženo/potrebno znanje za njegovo rješavanje,
2. potrebno je napraviti strukturu hijerarhije odluke, i to od vrha (potreba i cilj odluke), preko određivanja svrhe (kroz utvrđivanje kriterija) u širem smislu, podkriterija, pa sve do najniže razine (set alternativa/mogućnosti),
3. potrebno je konstruirati matrice usporedbe parova, te se svaki element na višoj razini uspoređuje (stavlja u omjer) sa svakim elementom iste razine radi dobivanja težinskih faktora i
4. potrebno je tako dobivene težinske faktore (prioritete, omjere) na višoj razini iskoristiti za utvrđivanje težinskih faktora na jednoj razini niže i to je potrebno napraviti za svaki element. Nakon toga je za svaki element na nižoj razini potrebno utvrditi njegov težinski faktor tj. ukupni prioritet, te je potrebno provoditi (ponavljati) postupak sve dok se elementima na najnižoj razini ne utvrdi težinski faktor tj. prioritet.

Da bi napravili usporedbu potreban je sustav brojeva kojima se izražava koliko je puta jedan element važniji ili dominantniji nad drugim s uvažavanjem kriterija ili značajke koja se uspoređuje. Pri tome je moguće koristiti različite sustave brojeva, što ovisi o autoru analize, ali i o predmetu analize. *Saaty i Vargas (1991)* koriste sustav neparnih cijelih brojeva od 1 do 9 (gdje 1 označava jednaku važnost, a 9 označava maksimalnu razliku u važnosti), dok cijele parne brojeve od 2 do 8 koriste kao pomoćne brojeve. *Nagel i Mills (1990)* i *Saaty (2008)* koristili su i decimalne brojeve (razlomke) radi boljeg ukazivanja na relativnu važnost. Usporedba se provodi formiranjem matrice usporedbe, s odabranim brojčanim vrijednostima za svaki pojedini element usporedbe i recipročnim vrijednostima za svaki pojedini element usporedbe odnosno formiranjem transponirane matrice.

AHP metoda je korištena i za rješavanje različitih problema u geologiji i inženjerskoj geologiji, a neki od primjera su: procjena regionalne stabilnosti područja grada Chongquinga u Kini temeljena na litološkim i tektonskima značajkama područja za potrebe izvođenja inženjerskih projekata *(Nie i dr., 2001)*; donošenju odluka o održivom razvoju korištenja zemljišta prema geološkim karakteristikama i

iskorištavanju geoloških resursa *(Marinoni i dr., 2005)*; procjena geoloških hazarda u svrhu optimizacije iskorištenosti zemljišta *(Zhang i dr., 2006)*; odabir lokacija odlagališta otpada *(Marques i Zuquette, 2006)*. AHP metodu je također moguće praktično primijeniti i u kartiranju klizišta, odnosno pri izradi prognostičkih karata podložnosti klizanju, hazarda klizanja i rizika klizanja, neovisno o mjerilu istraživanja. Neki od takvih primjera su: kartiranje klizišta i procjena rizika klizanja na državnoj razini za područje Japana *(Miyagi i dr., 2004);* i izrada karte indeksa rizika klizanja na državnoj razini za područje Kube *(Abella i van Westen, 2007)*. Neki od primjera za procjenu podložnosti na klizanje pomoću AHP metode su primjenjeni na području Japana *(Yoshimatsu i Abe, 2005)*, na području grada Antipola, na Filipinima *(Macpinlac i dr., 2010)* i u Kini, duž plinovoda Zhong-Wu *(Ma i dr., 2013)*. *Young i dr. (2010)* su uspoređivali različite metode procjene podložnosti na klizanje pomoću AHP metode i drugih metoda kao što su omjeri učestalosti (*eng. frequency ratio, FR*), logistička regresija (*eng. logistic regression, LR*) i umjetne neuralne mreže (*eng. artificial neural networks, ANN*). Iz pregleda literature je vidljivo da se AHP metoda intenzivnije koristi u posljednjih desetak godina, ali unatoč tomu broj radova vezanih uz korištenje AHP-a kod istraživanje klizišta je relativno mali. Najveći broj autora primjenjuje AHP metodu kod analize podložnosti klizanju.

Kao polazište za razvoj metode izrade inventara klizišta na području južnih obronaka Medvednice, tijekom istraživanja za potrebe doktorskog rada korištena je metoda opisana u radu *Miyagi i dr. (2004)*, a koja se zasniva na pretpostavci da je AHP metoda primjenjiva za ocjenu različitih elemenata izraženosti značajki klizišta identificiranih stereoskopskom analizom stereomodela, na temelju čega je moguće procijeniti komponente za daljnje analize vezane uz podložnost klizanju, hazard klizanja i rizik klizanja. Zbog toga su u daljnjem tekstu sažeto opisana istraživanja koja je proveo Miyagi sa suradnicima 2004. godine na području Tohoku regije u Japanu gdje su na temelju 150 odabranih klizišta procjenili rizik klizanja. Na području Tohoku regije je identificirano više tisuća klizišta sa stereoparova aerosnimki tj. stereomodela. Izabrano je 150 klizišta na temelju vidljivih geomorfoloških značajki klizišta, te su pomoću AHP metode određeni težinski faktori izraženosti značajki klizišta. U obzir su uzete značajke u tijelu klizišta, značajke granice klizišta i topografske značajke lokacije. Zavisno od izraženosti značajki klizišta mogućnost reaktiviranja klizišta, koji su nazvali potencijal klizanja, odnosno rizik klizanja, može

biti veća ili manja. Što su značajke klizišta izraženije, pripisuju im se veći težinski faktori utvrđeni pomoću AHP metode, odnosno, klizište dobiva više bodova koji ukazuju na veći rizik klizanja. Ovim projektom nazvanim „Distribucija klizišta prema foto interpretaciji“ je do 2004. godine bilo pokriveno 60 % područja Japana. *Miyagi i dr.* (2004) primijenili su AHP metodu za procjenu rizika klizanja na sljedeći način (modificirano prema *Saaty, 1990*):

1. Definicija problema: Procjena rizika klizanja.
2. Utvrđivanje hijerarhije odluke (od vrha prema dolje): određivanje tri glavna kriterija (I, II, III) od kojih svaki ima dva podkriterija (A i B, C i D, E i F) i setova alternativa za svaki podkriterij (a1-a4, b1-b4, c1-c3, d1-d4, e1-e4 i f1-f4) koji su navedeni u tablici 8. Kriterij „I - Topografske značajke na površini klizišta“ sadrži dva podkriterija: „A – Izraženost deformacija u tijelu klizišta“ i „B – Izraženost pukotina na površini klizišta“. Kriterij „II - Deformacije na granicama klizišta“ sadrži dva podkriterija: „C – Izraženost glavne vlačne pukotine“ i „D – Značajke u nožici klizišta“. Kriterij „III - Smještaj klizišta“ sadrži dva podkriterija: „E – Erodibilnost nožice klizišta“ i „F – Morfologija padine“. U ovom koraku procijenjeno je da je kriterij I najvažniji, te da su kriteriji II i III jednako važni, što izraženo u omjerima iznosi I:II:III=40:30:30.
3. Konstrukcija matrice usporedbe parova podkriterija A, B i C u kojoj su definirani omjeri svih kombinacija podkriterija, na temelju čega su izračunati njihovi težinski faktori i bodovi. Omjeri svih kombinacija podkriterija procijenjeni su na način da su A, B, D i E jednako važni, odnosno dvostruko važniji od podkriterija C i F, što izraženo u bodovima iznosi: A=B=D=E=20 bodova, C=F=10 bodova. Matrica usporedbe parova podkriterija A, B, C, D, E i F s težinskim faktorima i bodovima prikazana je na slici 26.
4. Konstrukcija niza matrica usporedbe parova na nižoj razini, odnosno za svaki set alternativa a1-a4, b1-b4, c1-c3, d1-d4, e1-e4 i f1-f4 zasebno, u kojima su definirani omjeri svih kombinacija pojedinih setova alternativa, na temelju čega su izračunati njihovi težinski faktori. Bodovi svake pojedine alternative izračunati su iz njihovih težinskih faktora i bodova odgovarajućeg podkriterija. Matrice usporedbe parova svih setova alternativa s težinskim faktorima i bodovima prikazani su na slici 26, a u tablici 8 su sažeto prikazani svi kriteriji, podkriteriji i alternative s pripadajućim bodovima.

Tablica 8 AHP kriteriji procjene rizika klizanja za pojedinačna klizišta na području Japana (*Miyagi i dr., 2004*)

	Procjena rizika klizanja				
Kriterij I	Topografske značajke na površini klizišta				Kriterij I
Podkriterij A	Tablica A		Tablica B		Podkriterij B
Set alternativa	Izraženost deformacija u tijelu klizišta	Broj bodova	Izraženost pukotina na površini klizišta	Broj bodova	Set alternativa
a1	*vrlo izražene: tečenje materijala (tečenje debrisa ili zemlje, blatni tok)*	20	*izražene i svježe: gusto raspoređene pukotine i linearne depresije*	20	b1
a2	*izražene: sekundarni ožiljci, sekundarna višestruka klizanja, blatni tok*	13	*manje izražene i svježe: djelomično zapunjene pukotine i linearne depresije*	13	b2
a3	*manje izražene: usijedanje kod čela klizišta, manje pukotine, greben kod nožice klizišta*	8	*nejasne, ali vidljive: zapunjene pukotine i zaobljene depresije*	8	b3
a4	*nisu izražene*	0	*nejasne: valovita padina koja upućuje na klizište*	2	b4
Kriterij II	Deformacije na granicama klizišta				Kriterij II
Podkriterij C	Tablica C		Tablica D		Podkriterij D
Set alternativa	Izraženost glavne vlačne pukotine	Broj bodova	Značajke u nožici klizišta	Broj bodova	Set alternativa
c1	*oštra i jasna kruna*	10	*slom materijala, sekundarna klizišta*	20	d1
c2	*djelomično zaobljena kruna i talusni depozit*	5	*djelomični slom materijala, sekundarna klizišta*	12	d2
c3	*zaobljena kruna, talusni depozit i pojava jaružanja*	2	*pojava jaružanja, manje nakupine erodiranog materijala*	6	d3
			koluvijalne nakupine materijala u nožici	0	d4
Kriterij III	Smještaj klizišta				Kriterij III
Podkriterij E	Tablica E		Tablica F		Podkriterij F
Set alternativa	Erodibilnost nožice klizišta	Broj bodova	Morfologija padine	Broj bodova	Set alternativa
e1	*erozija vodotokom, umjetni zasjek*	20	*strma*	10	f1
e2	*erozija manjim vodotokom, umjetni manji zasjek*	12	*umjerena*	5	f2
e3	*erozija manjim vodotokom ili blizu vodotoka smjer toka je okomit na smjer klizanja*	6	*blaga*	2	f3
e4	*na ravnici*	0	*konkavna*	0	f4

< AHP za stereo parove >

Procjena rizika klizanja

<1-1> Kriterij I:II:IIII=40:30:30

<2-1> Podkriteriji A, B, C, D, E i F

	A	B	C	D	E	F	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
A	1	1	2	1	1	2	1,260	0,200	20,0	20,0	20
B	1	1	2	1	1	2	1,260	0,200	20,0	20,0	20
C	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1	0,630	0,100	10,0	10,0	10
D	1	1	2	1	1	2	1,260	0,200	20,0	20,0	20
E	1	1	2	1	1	2	1,260	0,200	20,0	20,0	20
F	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1	0,630	0,100	10,0	10,0	10
							Suma 6,300	1,000	100,0		

<3-1> Set alternativa a1, a2, a3 i a4

	a1	a2	a3	a4	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
a1	1	2	3	9	2,711	0,474	47,4	20,0	20
a2	1/2	1	2	9	1,732	0,303	30,3	12,8	13
a3	1/3	1/2	1	8	1,075	0,188	18,8	7,9	8
a4	1/9	1/9	1/8	1	0,198	0,035	3,5	1,5	0
					Suma 5,716	1,000	100,0		

<3-2> Set alternativa b1, b2, b3 i b4

	b1	b2	b3	b4	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
b1	1	2	2	9	2,449	0,460	46,0	20,0	20
b2	1/2	1	2	7	1,627	0,305	30,5	13,3	13
b3	1/2	1/2	1	4	1,000	0,188	18,8	8,2	8
b4	1/9	1/7	1/4	1	0,251	0,047	4,7	2,0	2
					Suma 5,327	1,000	100,0		

<3-3> Set alternativa c1, c2 i c3

	c1	c2	c3	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
c1	1	2	5	2,154	0,582	58,2	10,0	10
c2	1/2	1	3	1,145	0,309	30,9	5,3	5
c3	1/5	1/3	1	0,405	0,109	10,9	1,9	2
				Suma 3,705	1,000	100,0		

<3-4> Set alternativa d1, d2, d3 i d4

	d1	d2	d3	d4	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
d1	1	2	4	9	2,913	0,506	50,6	20,0	20
d2	1/2	1	2	9	1,732	0,301	30,1	11,9	12
d3	1/4	1/2	1	5	0,889	0,154	15,4	6,1	6
d4	1/9	1/9	1/5	1	0,223	0,039	3,9	1,5	0
					Suma 5,757	1,000	100,0		

<3-5> Set alternativa e1, e2, e3 i e4

	e1	e2	e3	e4	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
e1	1	2	4	9	2,913	0,506	50,6	20,0	20
e2	1/2	1	2	9	1,732	0,301	30,1	11,9	12
e3	1/4	1/2	1	5	0,889	0,154	15,4	6,1	6
e4	1/9	1/9	1/5	1	0,223	0,039	3,9	1,5	0
					Suma 5,757	1,000	100,0		

<3-6> Set alternativa f1, f2, f3 i f4

	f1	f2	f3	f4	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
f1	1	2	5	9	3,080	0,544	54,4	10,0	10
f2	1/2	1	3	5	1,655	0,292	29,2	5,4	5
f3	1/5	1/3	1	2	0,604	0,107	10,7	2,0	2
f4	1/9	1/5	1/2	1	0,325	0,057	5,7	1,1	0
					Suma 5,664	1,000	100,0		

Slika 26 Matrice usporedbe parova, težinski faktori i bodovi za klizišta identificirana stereoskopskom analizom stereomodela na području Japana (*Miyagi i dr., 2004*)

Miyagi i dr. (2004) modificirali su AHP metodu uvođenjem korigiranih bodova, koji se izražavaju cijelim brojevima, a čiji je maksimalni mogući zbroj 100 (a+b+c+d+e+f).

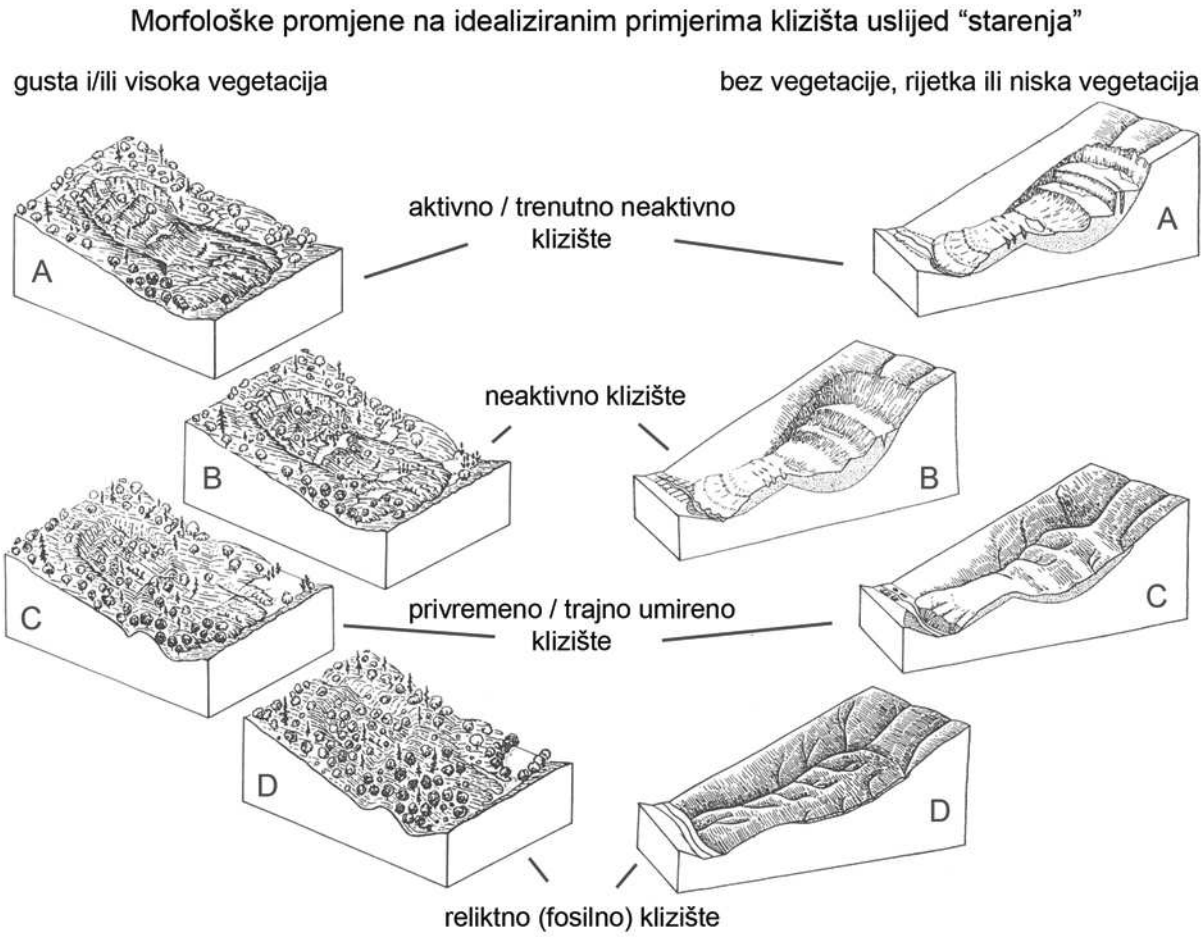
Veći broj bodova ukazuje na veću izraženost geomorfoloških značajki klizišta i na veći utjecaj erozije površinskim vodotokom u nožici klizišta. Rizik klizanja za pojedinačna identificirana klizišta na području Japana izražen je kao potencijal klizanja, a mogući kvalitativni opisi potencijala klizanja definirani su zavisno o ukupnom broju bodova dodijeljenih prema ranije opisanim kriterijima:

- vrlo nizak rizik klizanja ili niski potencijal klizanja: <35 bodova ,
- nizak rizik klizanja ili relativno niski potencijal klizanja: 35-49 bodova,
- srednji rizik klizanja ili srednji i visoki potencijal klizanja: 50-79 bodova i
- visoki rizik klizanja ili ekstremno visoki potencijal klizanja: >80 bodova.

Kao krajnji rezultat primjene ove metode izrađena je karta klizišta s procjenom opasnosti od svakog pojedinog klizišta prema gore navedenoj klasifikaciji. Prednost korigiranih bodova maksimalnih vrijednosti do 100 što omogućava izravnu korelaciju s udjelima izraženim u postotcima. *Miyagi i dr. (2004)* i *Yoshimatsu i Abe (2005)* također smatraju da je opisana procjena hazarda pojedinačnih klizišta pomoću AHP metode prvi korak u procjeni rizika klizanja. Usprkos tome, oni koriste termin „rizik klizanja“ za procijenjenu potencijalnu opasnost klizišta, iz čega proizlazi da su termini potencijal klizanja i procjena rizika klizanja korišteni u vrlo širokom smislu. Primjena AHP metode na području istraživanja ovog doktorskog rada u Gradu Zagrebu je moguća, ali iziskuje modifikacije. S obzirom da su uvjeti u kojima nastaju klizišta, kao i tipovi i dimenzije klizišta bitno različiti nego u Japanu, bilo je potrebno modificirati korištene kriterije i težinske faktore tj. prioritete i njihove bodovne vrijednosti prilagoditi karakteristikama klizišta na području istraživanja.

4.1.3 Kriteriji procjene pouzdanosti identificiranih klizišta primjenom AHP metode

Na području istraživanja provedena je identifikacija klizišta stereoskopskom analizom na stereoparovima aerosnimki tj. na stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. S obzirom na ograničenosti primijenjene tehnike identifikacije klizišta, nužna je procjena pouzdanosti identifikacije svakog pojedinog klizišta, što je učinjeno pomoću modificirane AHP metode koju su koristili *Miyagi i dr. (2004)*, tj. razvojem kriterija za ocjenu klizišta identificiranih stereoskopskom analizom. Modifikacija metode za primjenu na području Podsljemenske zone u Gradu Zagrebu sastojala se od definiranja kriterija i težinskih faktora, prilagođeno svrsi procjene i lokalnim uvjetima u kojima su nastala klizišta, a što se odražava na izraženost klizišta na stereomodelu. Kao polazište za procjenu pouzdanosti identifikacije klizišta na stereoparovima aerosnimki različitih generacija, na brežuljkastom području Grada Zagreba prvenstveno se smatra izraženost klizišta tj. „potpis klizišta“ (detaljnije opisano u poglavlju 4.1). Izraženost klizišta, promatrano iz zraka, može biti umanjena zbog nedovoljne vidljivosti dijelova klizišta i/ili zbog pokrova zemljišta. Izraženost dijelova klizišta kod aktivnih klizišta ovisi o tipu klizišta (mehanizmu klizanja), dubini klizne plohe i veličini pomaka. Općenito se može reći da je kod rotacijskih klizišta zona usijedanja i zona akumulacije izraženija nego kod ostalih tipova klizišta, te da plića klizišta imaju jasnije izražene deformacije i pukotine na površini, nego duboka klizišta (veća klizna tijela mogu biti u pokretu, bez izraženih deformacija na površini). Vidljivost pojedinih dijelova klizišta također je proporcionalna veličini pomaka. Kod umirenih i reliktnih klizišta, vidljivost dijelova klizišta ovisi o tome koliko su pojedine pukotine i morfološki oblici nastali klizanjem naknadno uništeni erozijom. Na slici 27 dani su idealizirani shematski prikazi izraženosti dijelova klizišta ovisno o starosti klizišta, odnosno o stanju aktivnosti (prema *UNESCO WP/WLI, 1993*) za područja s gustom i/ili visokom vegetacijom, te za područja bez vegetacije, s rijetkom i/ili niskom vegetacijom.



Slika 27 Izraženost dijelova klizišta s obzirom na starost klizišta i tip pokrova zemljišta (modificirano prema *Turner i Schuster, 1996*)

Pokrov zemljišta izravno utječe na vidljivost, kako cijelog klizišta, tako i pojedinih dijelova. U većini slučajeva, promatrano iz zraka, šumski pokrov, kao i grmlje, zamaskirati će klizište u manjoj ili većoj mjeri. To se osobito odnosi na stara, reliktna klizišta, obrasla vegetacijom, kao što je prikazano na slici 27. Kod takvih klizišta moguće je na stereoparovima aerosnimki, u najboljem slučaju, vidjeti zone usijedanja i akumulacije i granice klizišta, ali ne i glavnu vlačnu pukotinu. Ovo je karakteristično i za područje istraživanja. U Podsljemenskoj zoni čest je slučaj da klizanje, koje nastaje u šumi, uništi šumski pokrivač, te se na površini umirenog klizišta razvija vegetacijski pokrov koji se sastoji od grmlja ili mlađe šume izrasle na tijelu klizišta zbog čega postoje razlike u visini i gustoći šumskog pokrova. U takvim slučajevima, granicu klizišta je moguće odrediti na temelju razlika u teksturi vegetacijskog pokrova. U pravilu je na stereomodelu lakše identificirati klizišta ako nema vegetacijskog pokrova ili ako se pokrov sastoji od rijetke i/ili niske vegetacije. To vrijedi i za Podsljemensku zonu. Za razliku od vegetacijskih pokrova, koji

omogućavaju izravnu ili neizravnu identifikaciju granica klizišta, urbanizacija područja vrlo nepovoljno utječe na vidljivost klizišta. Pod urbanizacijom područja ovdje se podrazumijeva izgradnja građevina (zgrade i prometnice) i modifikacija terena (npr. nasipavanja ili promjena geometrije površine). S obzirom na različitu izraženost klizišta, njihovu starost i stanje aktivnosti, te različiti pokrov na klizištima, na području istraživanja identifikacija klizišta na stereomodelu je složen i intuitivan proces, te je za identificirana klizišta potrebno utvrditi pouzdanost identifikacije. Korištenje AHP metode u stereoskopskoj analizi omogućuje procjenu pouzdanosti identificiranih klizišta. Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta provedena je prema osnovnim koracima AHP metode definiranim u *Miyagi i dr. (2004)* i *Saaty (2008)*, a prema modificiranim kriterijima:

1. Definicija problema: Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta.
2. Utvrđivanje hijerarhije odluke (od vrha prema dolje): određivanje dva glavna kriterija (I i II), s podkriterijima (A, B i C) i setovima alternativa (a1-a3, b1-b3 i c1-c3) koji su navedeni u tablici 9. Kriterij I je „Izraženost klizišta na fotografiji“ i sadrži dva pokriterija „A – izraženost značajki klizišta u tijelu klizišta“ i „B – izraženost granice klizišta“. Kriterij II je „Pokrov zemljišta“ i sadrži jedan podkriterij „C – tip pokrova“. U ovom koraku procijenjeno je da je kriterij I četverostruko važniji od kriterija II, što izraženo u omjerima iznosi I:II=80:20.
3. Konstrukcija matrice usporedbe parova podkriterija A, B i C u kojoj su definirani omjeri svih kombinacija podkriterija, na temelju čega su izračunati njihovi težinski faktori i bodovi. Omjeri svih kombinacija podkriterija procijenjeni su na način da su podkriteriji A i B jednako važni, odnosno dvostruko su važniji od podkriterija C, što izraženo u bodovima iznosi: A=B=40 bodova, C=20 bodova. Matrica usporedbe parova podkriterija A, B i C s težinskim faktorima i bodovima prikazana je na slici 28.
4. Konstrukcija niza matrica usporedbe parova na nižoj razini, odnosno za svaki set alternativa a1-a3, b1-b3 i c1-c3 zasebno, u kojima su definirani omjeri svih kombinacija pojedinih setova alternativa, na temelju čega su izračunati njihovi težinski faktori. Bodovi svake pojedine alternative izračunati su iz njihovih težinskih faktora i bodova odgovarajućeg podkriterija. Matrice usporedbe parova svih setova alternativa s težinskim faktorima i bodovima prikazane su na slici 28, a u tablici 9 sažeto su prikazani svi kriteriji, podkriteriji i alternative s pripadajućim bodovima.

Tablica 9 AHP kriteriji procjene pouzdanosti klizišta identificiranih stereoskopskom analizom na području istraživanja u Podsljemenskoj zoni

	Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta				
Kriterij I	Izraženost klizišta na fotografiji		Pokrov zemljišta		Kriterij II
Podkriterij A	Tablica A		Tablica C *		Podkriterij C
Set alternativa	Izraženost značajki klizišta u tijelu klizišta	Broj bodova	Tip pokrova	Broj bodova	Set alternativa
a1	*jasno izražene značajke*	40	*bez vegetacije, rijetka ili niska vegetacija, šuma <50% ili različite kombinacije*	20	c1
a2	*djelomično izražene značajke*	20	*šuma ≥ 50%*	10	c2
a3	*nejasno izražene značajke*	5	*urbanizirano ≥ 50%*	5	c3
Podkriterij B	Tablica B		* Napomena: U slučaju "urbanizirano < 50%" kategorija se određuje prema tipu pokrova tj. ili je c1 ili c2.		
Set alternativa	Izraženost granice klizišta	Broj bodova			
b1	*izražena > 75%*	40			
b2	*izražena 50% -75%*	20			
b3	*izražena < 50%*	10			

< AHP za stereo parove >

Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta

<1-1> Kriterij I:II=80:20

<2-1> Podkriteriji A, B i C

	A	B	C	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
A	1	1	2	1,260	0,400	40,0	40,0	40
B	1	1	2	1,260	0,400	40,0	40,0	40
C	1/2	1/2	1	0,630	0,200	20,0	20,0	20
			Suma	3,150	1,000	100,0		

<3-1> Set alternativa a1, a2 i a3

	a1	a2	a3	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
a1	1	2	8	2,520	0,615	61,5	40,0	40
a2	1/2	1	4	1,260	0,308	30,8	20,0	20
a3	1/8	1/4	1	0,315	0,077	7,7	5,0	5
			Suma	4,095	1,000	100,0		

<3-2> Set alternativa b1, b2 i b3

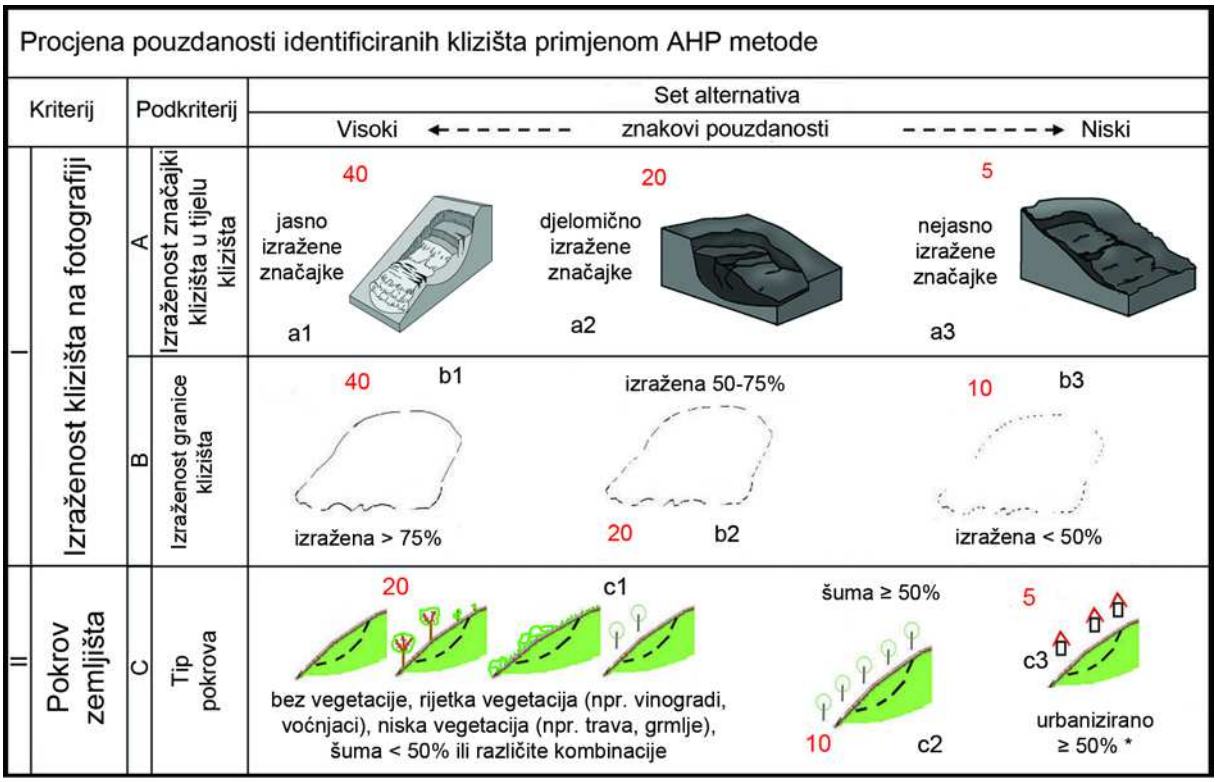
	b1	b2	b3	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
b1	1	2	4	2,000	0,571	57,1	40,0	40
b2	1/2	1	2	1,000	0,286	28,6	20,0	20
b3	1/4	1/2	1	0,500	0,143	14,3	10,0	10
			Suma	3,500	1,000	100,0		

<3-3> Set alternativa c1, c2, i c3

	c1	c2	c3	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
c1	1	2	4	2,000	0,571	57,1	20,0	20
c2	1/2	1	2	1,000	0,286	28,6	10,0	10
c3	1/4	1/2	1	0,500	0,143	14,3	5,0	5
			Suma	3,500	1,000	100,0		

Slika 28 Matrica usporedbe parova, težinski faktori i bodovi korišteni kod procjene pouzdanosti identificiranih klizišta na stereomodelu za područje istraživanja

Za potrebe sustavne primjene ovako definiranih kriterija izrađen je predložak s ilustriranim prikazima alternativa podkriterija A, B i C, prikazan na slici 29. Predložak je korišten tijekom stereoskopske analize kada su svakom identificiranom klizištu dodjeljivani korigirani bodovi za svaku identificiranu alternativu.



* Napomena: U slučaju "urbanizirano < 50%" kategorija se određuje prema tipu pokrova tj. ili je c1 ili c2.

Slika 29 Kriteriji i bodovne vrijednosti vizualne procjene pouzdanosti identificiranih klizišta na stereoparovima aerosnimki za područje istraživanja određeni AHP metodom

Radi konzistentnosti primjene definiranih kriterija, također su izrađeni ogledni primjeri stereograma za sve alternative. S obzirom da su stereogrami iz 1964. i 1998. godine različitih mjerila, što se odražava na izraženost klizišta, ogledni primjeri alternativa su izrađeni zasebno za ove dvije generacije stereograma. Primjeri iz 1964. godine prikazani su na slikama 30, 31 i 32, a primjeri iz 1998. godine na slikama 33, 34 i 35. Za pojedine lokacija je izvršena i provjera na terenu.

Na slici 30 prikazani su ogledni primjeri alternativa a1, a2 i a3 podkriterija „A - Izraženost značajki klizišta u tijelu klizišta", kriterija „I – Izraženost klizišta na fotografiji" za procjenu pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1964. godine. Alternativa „a1 – jasno izražene značajke u tijelu klizišta" ilustrirana je na primjeru dva stara klizišta (broj 640629 i 640630) na istočnoj padini Velikog potoka. Na stereogramu su jasno izražene zone usijedanja i zone akumulacije klizišta. U tijelu klizišta broj 640630 također se uočavaju četiri manja klizišta. Uslijed

velike površine prostiranja klizišta i elementi klizišta su izraženi. Tijekom terenske provjere 2013. godine je utvrđeno da su zona usijedanja i zona akumulacije još uvijek vidljivi na terenu i nakon 50-ak godina, iako su na području Velikog potoka provedene i razne mjere sanacije (uređenje padine, toka potoka, drenaža, itd.). Alternativa „a2 – djelomično izražene značajke u tijelu klizišta“ ilustrirana je na primjeru četiri klizišta (broj 640622, 640623, 6406224 i 640556) na padini koja se nalazi zapadno od Kvaternikove ulice. Na stereogramu su samo djelomično izražene zone usijedanja i zone akumulacije klizišta za navedene primjere. Na terenu je utvrđeno da je na klizištu broj 640223 tijekom posljednjih 50-ak godina provedena sanacija klizišta, čime je dodatno potvrđeno postojanje ovog klizišta. Za ostala tri klizišta iz ovog primjera na terenu 2013. godine zone usijedanja i akumulacije su djelomično vidljive. Alternativa „a3 – nejasno izražene značajke u tijelu klizišta“ ilustrirana je na primjeru detalja klizišta koje je identificirano na području Podsuseda. Na stereogramu su nejasno izražene zone usijedanja i zone akumulacije klizišta. U ovom slučaju je riječ o vrlo starom, tzv. reliktnom klizištu na kojemu je originalna morfologija klizišta izmjenjena i urbanizacijom područja, što uveliko doprinosi nepouzdanosti identifikacije klizišta.

Na slici 31 prikazani su ogledni primjeri alternativa b1, b2 i b3 podkriterija „B - Izraženost granice klizišta“, kriterija „I – Izraženost klizišta na fotografiji“ za procjenu pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1964. godine. Alternativa „b1 – granica klizišta je izražena >75%“ ilustrirana je na primjeru sedam klizišta (broj 640713, 640714, 640715, 640716, 640717, 640718 i 640719) na području Jelenovca. Iako su klizišta pretežito prekrivena šumom, granice klizišta su jasno vidljive na stereomodelu, a rezultati stereoskopske analize potvrđeni su i na terenu 2013. godine gdje su utvrđeni jasno vidljivi elementi više klizišta tj. više generacija klizišta. Alternativa „b2 – granica klizišta je izražena 50-75%“ ilustrirana je na primjeru dva klizišta (broj 640312 i 640313) na padini sjeverno od ulice Aleja Bologna. I u ovom slučaju su klizišta pretežito prekrivena šumom, ali gusta vegetacija je djelomično „maskirala“ granice klizišta, koje su usprkos tome vidljive. Jedan od razloga za slabije izraženu vidljivost granica ovih klizišta iz zraka je taj što su ova klizišta već 1964. godine bila „stara“ klizišta koja su obrasla relativno ujednačenim vegetacijskim pokrovom na kojemu je samo mjestimično moguće utvrditi promjene koje odražavaju granice klizišta (kao što je npr. visina vegetacije). Alternativa „b3 –

granica klizišta je izražena <50%“ ilustrirana je na primjeru četiri klizišta (broj 640114, 640115, 640116 i 640117) na oranicama u blizini Zelene magistrale. U ovim primjerima granica svakog pojedinog klizišta nije jasno vidljiva prvenstveno zbog obrade zemljišta. Neke od značajki klizišta (npr. nepravilna topografija padine) su utvrđeni i na terenu 2013. godine, međutim postoji mogućnost da su na terenu uočena klizišta koja su nastala nakon 1964. godine, s obzirom na dugačko razdoblje od 50-ak godina između vremena snimanja fotografije i terenske provjere, a uz to je i na terenu utvrđena i djelomična promjena pokrova zemljišta, jer su dijelovi bivših oranica obrasli šumom.

Na slici 32 prikazani su ogledni primjeri alternativa c1, c2 i c3 podkriterija „C - Tip pokrova“, kriterija „II – pokrov zemljišta“ za procjenu pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1964. godine. Alternativa „c1 – pokrov: bez vegetacije, rijetka vegetacija, niska vegetacija, šuma <50% ili različite kombinacije“ ilustrirana je na primjeru dvanaest klizišta (broj 640036, 640037, 640038, 640039, 640040, 640041, 640042, 640043, 640044, 640044, 640045, 640051 i 640052) na području površinskog kopa lapora u Podsusedu, koji je danas napušten. U primjerima navedena klizišta su nastala na umjetnim kosinama površinskog kopa, kao posljedica lokalnih nestabilnosti izazvanih rudarskim djelatnostima (iskapanjima i nasipavanjima). Rezultati stereoskopske analize su potvrđeni i na terenu 2013. godine kada su uočeni elementi klizišta u lijevom boku iskopa (klizišta broj 640036, 640037, 640038, 640039 i 640040). Na terenu je 2013. godine na području klizišta 640052 utvrđeno nasipavanje materijala, ali unatoč tomu i dalje je vidljivo usijedanje i nepravilna morfologija terena. Alternativa „c2 – pokrov: šuma ≥50%“ ilustrirana je na primjeru četiri klizišta (broj 640329, 640332, 640333 i 640334) sjeverno od Sutinskih vrela. Alternativa „c3 – pokrov: urbanizirano“ ilustrirana je na primjeru klizišta (broj 640277) u ulici Zelengaj.

Na slici 33 prikazani su ogledni primjeri alternativa a1, a2 i a3 podkriterija „A - Izraženost značajki klizišta u tijelu klizišta“, kriterija „I – Izraženost klizišta na fotografiji“ za procjenu pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1998. godine. Alternativa „a1 – jasno izražene značajke u tijelu klizišta“ ilustrirana je na primjeru sedam klizišta (broj 980657, 980658, 980659, 980660, 980680, 980684 i 980685) na širem području Jelenovca. Na stereogramu su jasno izražene zone usijedanja i zone akumulacije klizišta, iako su klizišta pokrivena šumom. Elementi

klizišta broj 980657 su jasno vidljivi i na terenu 2013. godine: usijedanje, akumulacija, granica klizišta, vlačne pukotine, itd. Alternativa „a2 – djelomično izražene značajke u tijelu klizišta“ ilustrirana je na primjeru osam klizišta (broj 980034, 980035, 980036, 980037, 980038, 980039, 980040 i 980041) na području napuštenih kosina površinskog kopa lapora na Kostanjeku (Podsused). Na stereogramu su samo djelomično izražene zone usijedanja i zone akumulacije klizišta za navedene primjere. Područja usijedanja i akumulacije ovih osam klizišta su samo djelomično vidljiva zbog modifikacija terena rudarskim radovima do 1988. godine, kao i zbog guste vegetacije koja se razvila nakon prestanka eksploatacije 1988. godine do 1998. godine kada je provedeno snimanje fotografija. Tijekom terenske provjere vidljivosti ovih osam klizišta na terenu 2013. godine uočena su neka područja usijedanja i akumulacije za koja se smatra da vrlo vjerojatno pripadaju određenom klizištu identificiranom na stereogramu iz 1998. godine, dok za druga postoji mogućnost da su posljedica antropogenih aktivnosti. Alternativa „a3 – nejasno izražene značajke u tijelu klizišta“ ilustrirana je na primjeru osam klizišta (980108, 980109, 980110, 980112, 980113, 980114, 980115 i 980117) koja se nalaze na području Grmoščice. Na stereogramu su nejasno izražene zone usijedanja i zone akumulacije svih osam klizišta prikazanih na primjeru. Tijekom terenskog obilaska područja ovih klizišta 2013. godine, na terenu je zabilježeno niz starijih klizišta čiji su elementi različito vidljivi, najvećim dijelom zbog urbanizacije ovog prostora nakon 1998. godine.

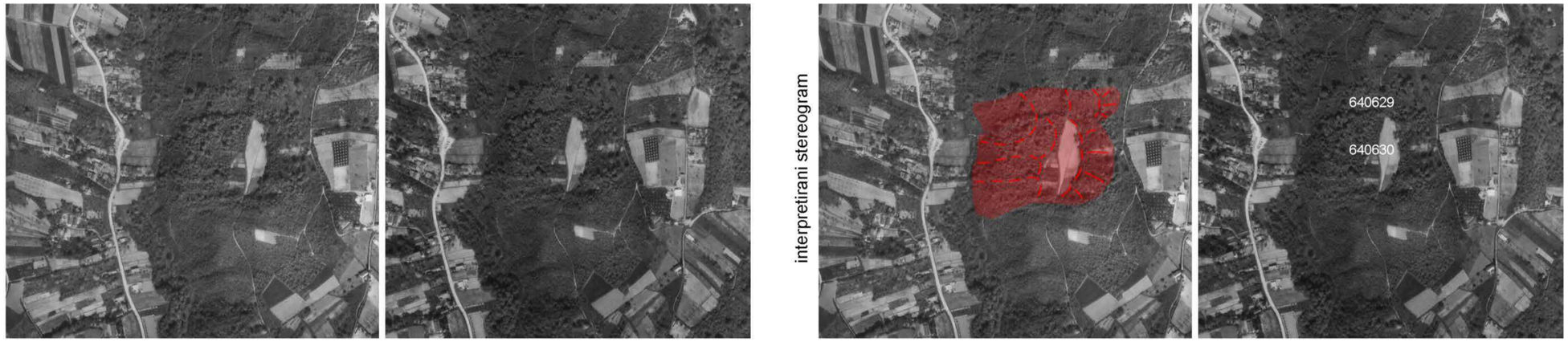
Na slici 34 prikazani su ogledni primjeri alternativa b1, b2 i b3 podkriterija „B - Izraženost granice klizišta“, kriterija „I – Izraženost klizišta na fotografiji“ za procjenu pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1998. godine. Alternativa „b1 – granica klizišta je izražena >75%“ ilustrirana je na primjeru šet klizišta (broj 981071, 981072, 981073, 981074, 981075 i 981076) na području oko Sljemenske ceste. Iako su klizišta pretežito prekrivena šumom, granice klizišta su vidljive. Ova su klizišta nastala u trošnoj zoni zelenih škriljavaca, čije granice je lakše uočiti na stereogramima nego na terenu. Rezultati stereoskopske analize su potvrđeni i na terenu 2013. godine jer su pojedini elementi klizišta još uvijek vidljivi. Padina na kojoj su identificirana klizišta broj 981071 i 981072 je sanirana podgradnim zidom i drenažom, dok je korito potoka koje teče ispod klizišta broj 981074, 981075 i 981076 uređeno, a na cesti se vidi zavoj koji je nastao kao posljedica klizanja. Provedenim

mjerama sanacije su ova klizišta vrlo vjerojatno trajno stabilizirana. Alternativa „b2 – granica klizišta je izražena 50-75%“ ilustrirana je na primjeru sedam klizišta (broj 980361, 980362, 980363, 980375, 980376, 980377 i 980378) na području oko Zelene magistrale. I u ovom slučaju su klizišta pretežito prekrivena šumom, ali za razliku od prethodnog primjera, šumski pokrivač ovdje je zamaskirao granicu klizišta na način da je samo djelomično vidljiva. Pojedini elementi klizišta su vidljivi i na terenu i 2013. godine. Generalno gledajući, razlog za manju izraženost granica klizišta na ovom stereogramu je taj što su klizišta manjih površina u odnosu na klizišta iz prethodnog primjera, zbog čega su manji i vertikalni pomaci duž njihovih granica. Alternativa „b3 – granica klizišta je izražena <50%“ ilustrirana je na primjeru šest klizišta (broj 980592, 980593, 980604, 980608, 980609 i 980612) na području Velikog potoka. Tijekom terenskog obilaska 2013. godine, utvrđeno je da ova klizišta nisu jasno izražena niti na terenu. Razlog za to je djelomična urbanizacija ovog područja već 1998. godine, koja je još intenzivnija tijekom posljednjih 15 godina. Poljoprivredne djelatnosti u vrijeme snimanja fotografija također su značajno doprinijele nepouzdanosti odredbe granica klizišta, bilo da su zamaskirale granice postojećih klizišta ili da su stvorile lažan dojam o postojanju granica klizišta.

Na slici 35 prikazani su ogledni primjeri alternativa c1, c2 i c3 podkriterija „C - Tip pokrova“, kriterija „II – Pokrov zemljišta“ za procjenu pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1998. godine. Alternativa „c1 – pokrov: bez vegetacije, rijetka vegetacija, niska vegetacija, šuma<50% ili različite kombinacije“ ilustrirana je na primjeru devet klizišta (broj 980476, 980485, 980487, 980488, 980519, 980588, 980589, 980590 i 980591) na području ulica Krvarić i Gorenca. Pretežito su to klizišta na padinama ispod prometnica smještena na njivama. Ovaj pokrov zemljišta omogućava identifikaciju klizišta čak i na temelju pojedinih relativno slabo uočljivih elemenata klizišta. Alternativa „c2 – pokrov: šuma ≥50%“ ilustrirana je na primjeru osam klizišta (broj 980689, 980690, 980691, 980692, 980695, 6980696, 980697 i 980698) na području ulice Kraljevec. Kod ovog primjera razlike u visini šumskog pokrivča omogućavaju identifikaciju klizišta. Elementi klizišta su utvrđeni i 2013. godine na terenu. Alternativa „c3 – pokrov: urbanizirano“ ilustrirana je na primjeru klizišta (broj 980015) u Podsusedu, koje je korišteno i kao primjer i za alternativu a3 iz 1964. godine. Urbanizacija područja klizišta, promatrano u kontekstu alternative c3, je nepovoljna jer umanjuje pouzdanost identifikacije klizišta. Na

stereogramu se vidi da je to izrazito veliko reliktno klizište čija približna veličina je 30 hektara, ovo klizište je ujedno i najveće identificirano klizište na području istraživanja. Modifikacija površine klizišta, kao i granica klizišta, antropogenim aktivnostima vezanim za izgradnju objekata i korištenje zemljišta, u velikoj mjeri onemogućava pozdano utvrđivanje značajki koje su siguran pokazatelj klizišta, kako na stereomodelu, tako i na terenu.

I)

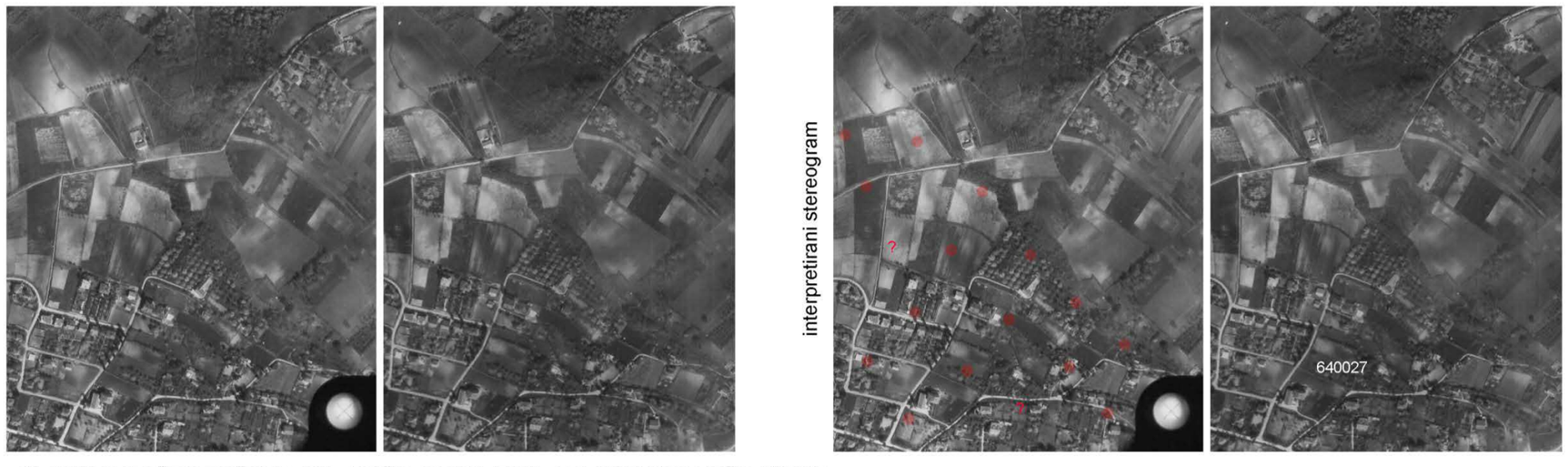


a1: jasno izražene značajke u tijelu klizišta, lokacija: Veliki potok, klizišta: 640629 i 640630

II)

a2: djelomično izražene značajke u tijelu klizišta, lokacija: Kvaternikova ulica, klizišta: 640222, 640223, 640224 i 640556

III)



a3: nejasno izražene značajke u tijelu klizišta, lokacija: Podsused, detalj tijela klizišta: 640027

Slika 30 Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1964. godine s primjerima alternativa za podkriterij izraženost značajki klizišta u tijelu klizišta: I) alternativa - a1; II) alternativa - a2; i III) alternativa - a3

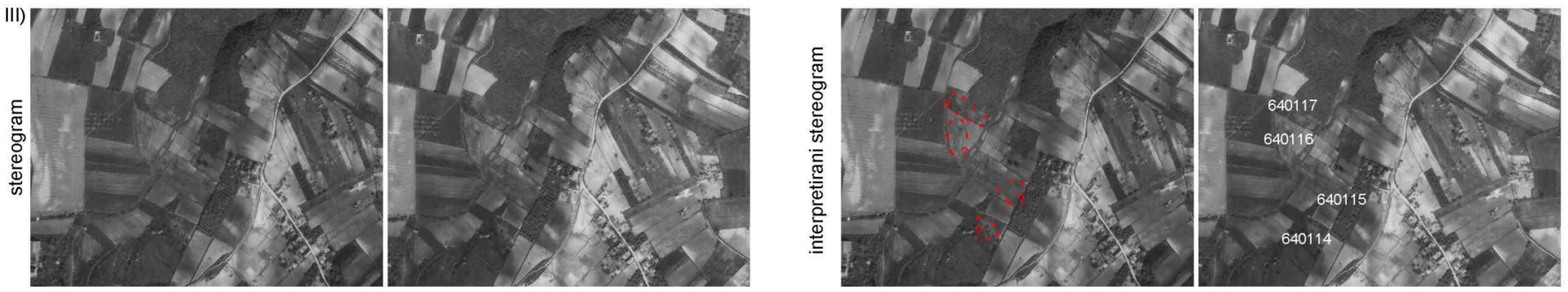
I)

b1: granica klizišta je izražena >75%, lokacija: Jelenovac, klizišta: 640713, 640714, 640715, 640716, 640717, 640718 i 640719

II)

b2: granica klizišta je izražena 50-75%, lokacija: Aleja Bologne, klizišta: 640312 i 640313

III)



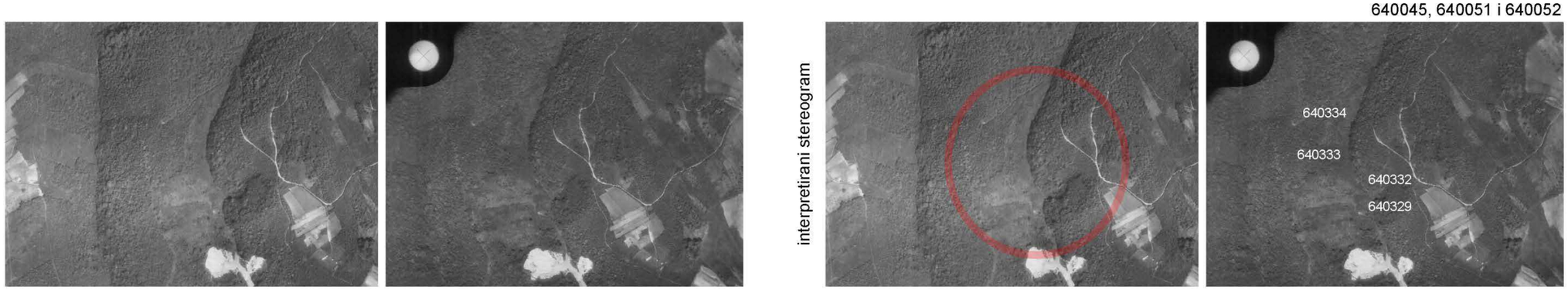
b3: granica klizšta je izražena <50%, lokacija: Zelena magistrala, klizišta: 640114, 640115, 640116 i 640117

Slika 31 Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1964. godine s primjerima alternativa za podkriterij izraženost granice klizišta: I) alternativa - b1; II) alternativa - b2; i III) alternativa - b3

I)

c1: tip pokrova: bez vegetacije, rijetka vegetacija, niska vegetacija, šuma <50% ili različite kombinacije, lokacija: Kostanjek, klizišta: 640036, 640037, 640038, 640039, 640040, 640041, 640042, 640043, 640044, 640045, 640051 i 640052

II)



c2: tip pokrova: šuma ≥50%, lokacija: Sutinska vrela - sjever, klizišta: 640329, 640332, 640333 i 640334

III)

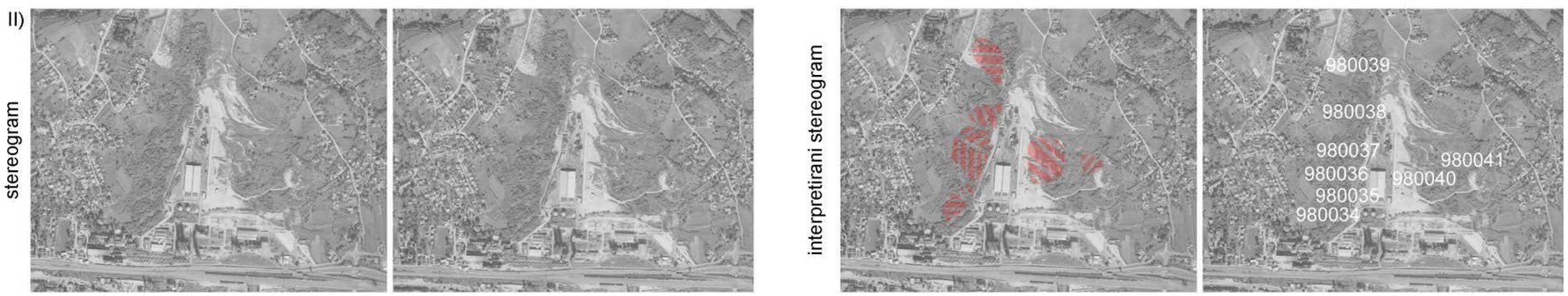
c3: tip pokrova: urbanizirano ≥50%, lokacija: Zelengaj, klizište: 640277

Slika 32 Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1964. godine s primjerima alternativa za podkriterij tip pokrova: I) alternativa - c1; II) alternativa - c2; i III) alternativa - c3

I)

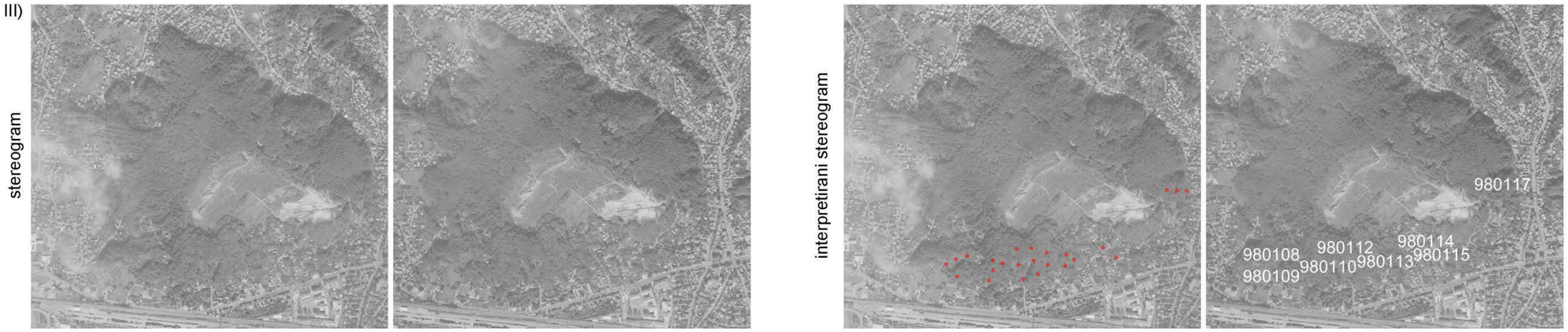
a1: jasno izražene značajke u tijelu klizišta, lokacija: Jelenovac, klizišta: 980657, 980658, 980659, 980660, 980680, 980684 i 980685

II)



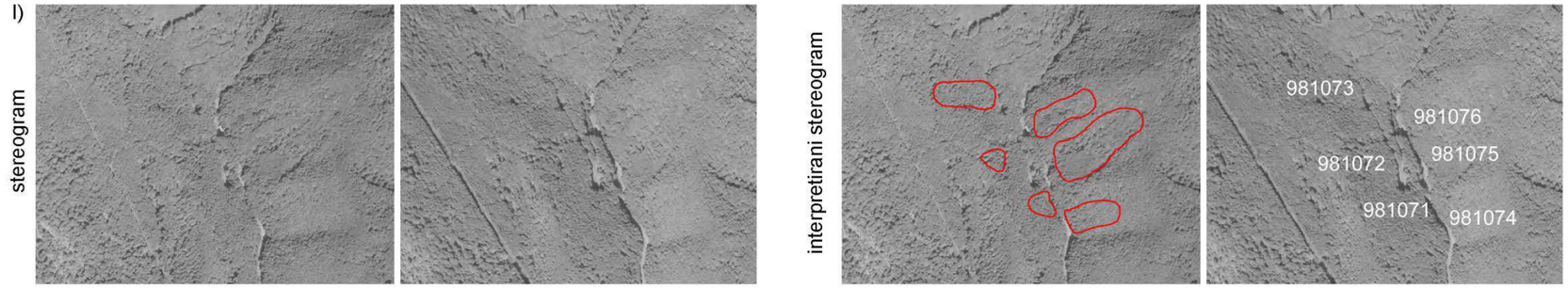
a2: djelomično izražene značajke u tijelu klizišta, lokacija: Kostanjek, klizišta: 980034, 980035, 980036, 980037, 980038, 9800389, 980040 i 980041

III)

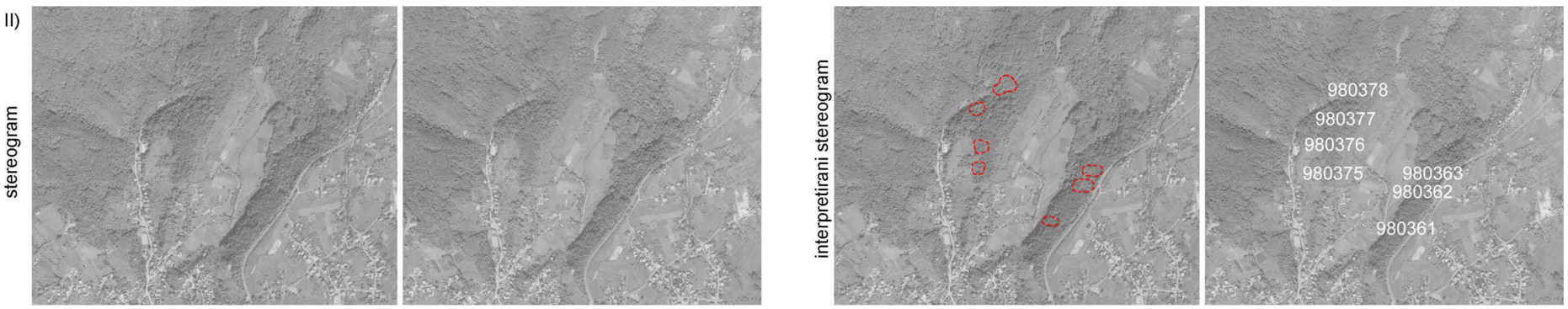


a3: nejasno izražene značajke u tijelu klizišta, lokacija: Grmoščica, klizišta: 980108, 980109, 980110, 980112, 980113, 980114, 980115 i 980117

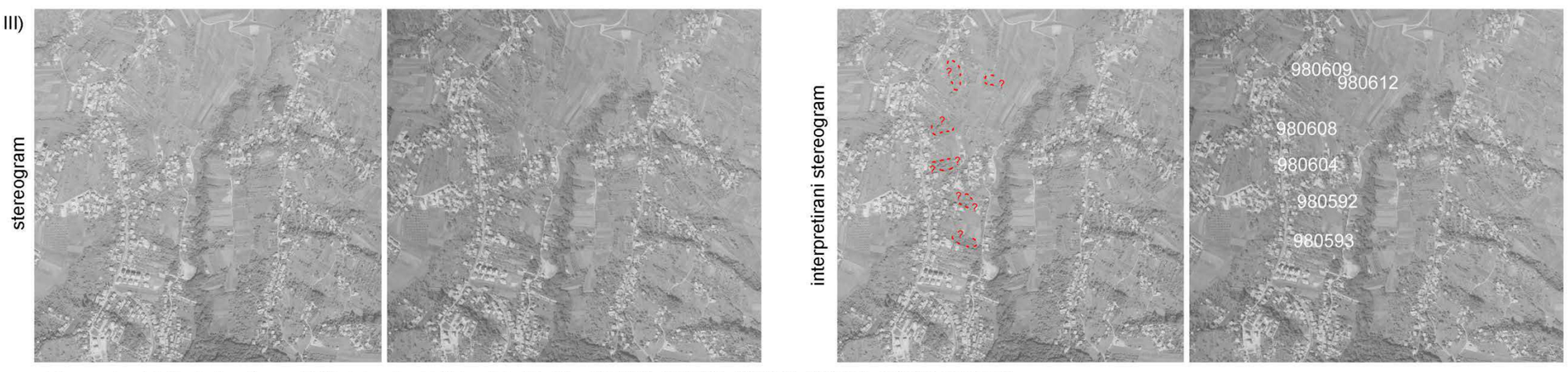
Slika 33 Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1998. godine s primjerima alternativa za podkriterij izraženost značajki klizišta u tijelu klizišta: I) alternativa - a1; II) alternativa - a2; i III) alternativa - a3



b1: granica klizišta je izražena >75%, lokacija: Sljemenska cesta, klizišta: 981071, 981072, 981073, 981074, 981075 i 981076

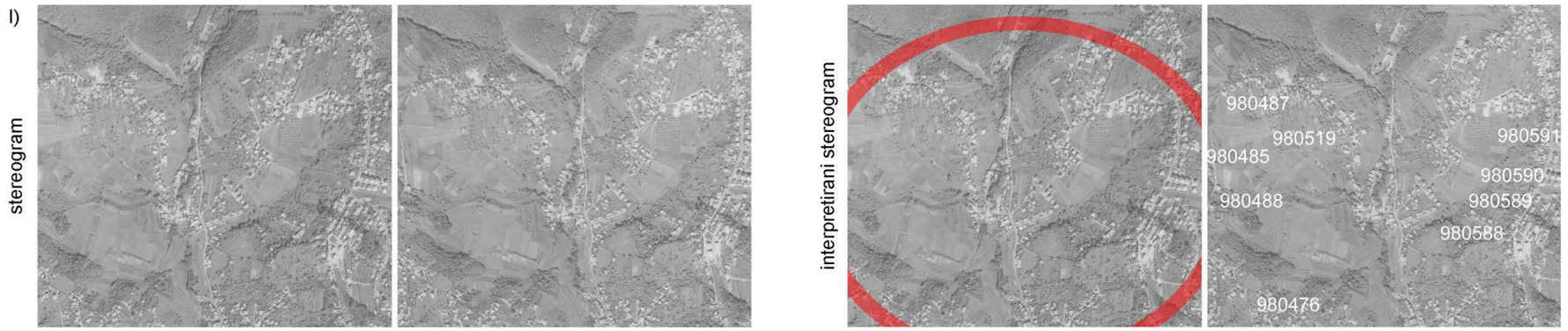


b2: granica klizišta je izražena 50-75%, lokacija: Zelena magistrala, klizišta: 980361, 980362, 980363, 980375, 980376, 980377 i 980378



b3: granica klizšta je izražena <50%, lokacija: Veliki potok, klizišta: 980592, 980593, 980604, 980608, 980609 i 980612

Slika 34 Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1998. godine s primjerima alternativa za podkriterij izraženost granice klizišta: I) alternativa - b1; II) alternativa - b2; i III) alternativa - b3



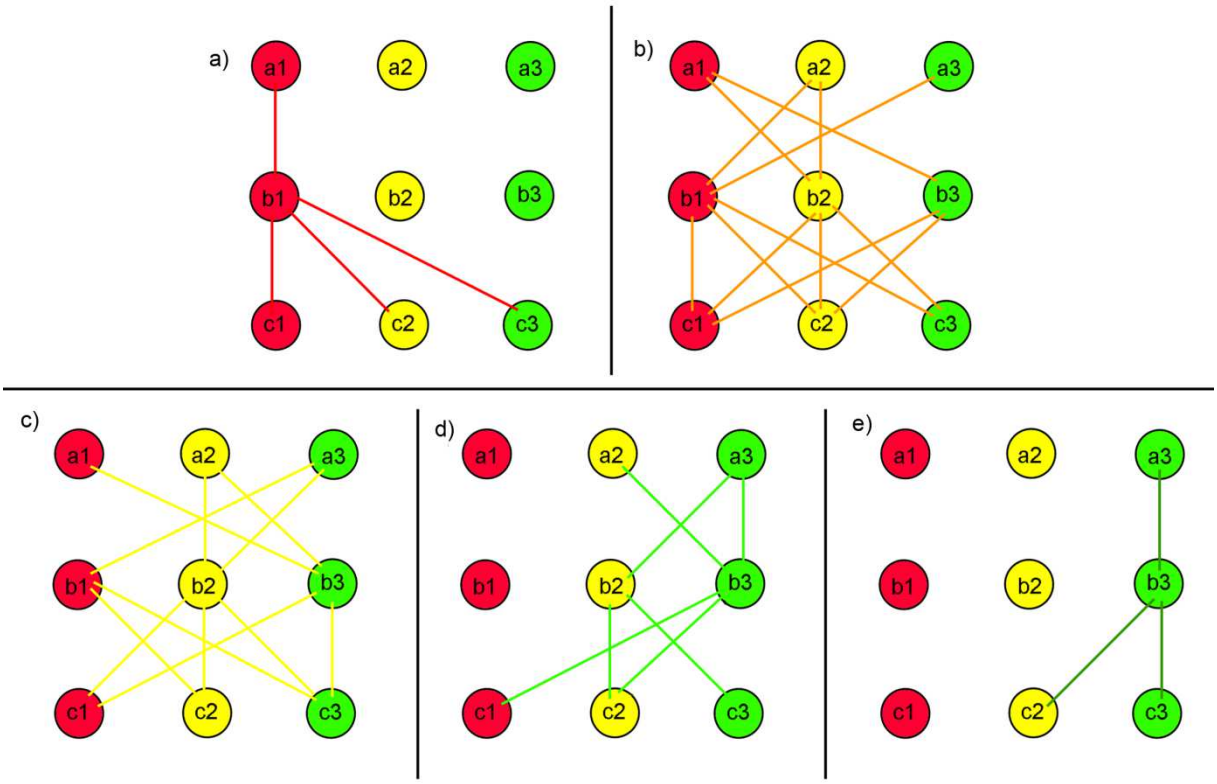
c1: tip pokrova: bez vegetacije, rijetka vegetacija, niska vegetacija, šuma <50% ili različite kombinacije, lokacija: Krvarić - Gorenci, klizišta: 980476, 980485, 980488, 980487, 980519, 980588, 980589, 980590 i 980591

c2: tip pokrova: šuma ≥50%, lokacija: Kraljevec, klizišta: 980689, 980690, 980691, 980692, 980695, 980696, 980697 i 980698

c3: tip pokrova: urbanizirano ≥50%, lokacija: Podsused, klizište: 980015

Slika 35 Procjena pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereogramima iz 1998. godine s primjerima alternativa za podkriterij tip pokrova: I) alternativa - c1; II) alternativa - c2; i III) alternativa - c3

Za potrebe kvalitativnog opisa pouzdanosti identifikacije klizišta bilo je nužno definirati kriterije klasifikacije ukupnih bodova dobivenih AHP metodom, a čija maksimalna vrijednost iznosi 100 bodova. U tu svrhu subjektivno je odabrano sljedećih pet klasa pouzdanosti koje relativno dobro opisuju mogućnosti identifikacije klizišta na stereomodelima iz 1964. i 1998. godine: (i) vrlo nepouzdano identificirano klizište; (ii) nepouzdano identificirano klizište; (iii) slabo pouzdano identificirano klizište; (iv) pouzdano identificirano klizište; i (v) vrlo pouzdano identificirano klizište. Granične vrijednosti navedenih klasa određene su na temelju mogućih kombinacija alternativa, kao što je prikazano na slici 36. Iz shematskih dijagrama se lako uočava da je najmanji broj kombinacija alternativa moguć kod krajnjih klasa, tj. za vrlo nepozdano i vrlo pouzdano identificirana klizišta. U tablici 10 prikazane su sve moguće kombinacije alternativa za procjenu pouzdanosti s pripadajućim ukupnim bodovima, što je poslužilo za određivanje graničnih vrijednosti klasa pouzdanosti.



Slika 36 Shematski prikaz mogućih kombinacija alternativa (a1-a3, b1-b3, c1-c3) kod određivanja pouzdanosti identificiranih klizišta za: a) vrlo pouzdano identificirano klizište; b) pouzdano identificirano klizište; c) slabo pouzdano identificirano klizište; d) nepouzdano identificirano klizište; i e) vrlo nepouzdano identificirano klizište

Tablica 10 Moguće kombinacije alternativa kod određivanja pouzdanosti identificiranih klizišta

Kombinacija	Alternative			Bodovi			Suma	Pouzdanost identifikacije
1	a3	b3	c3	5	10	5	20	vrlo nepouzdano identificirano klizište
2	a3	b3	c2	5	10	10	25	
3	a3	b2	c3	5	20	5	30	nepouzdano identificirano klizište
4	a2	b3	c3	20	10	5	35	
5	a3	b3	c1	5	10	20	35	
6	a3	b2	c2	5	20	10	35	
7	a2	b3	c2	20	10	10	40	
8	a2	b2	c3	20	20	5	45	slabo pouzdano identificirano klizište
9	a3	b2	c1	5	20	20	45	
10	a2	b3	c1	20	10	20	50	
11	a2	b2	c2	20	20	10	50	
12	a3	b1	c3	5	40	5	50	
13	a1	b3	c3	40	10	5	55	
14	a3	b1	c2	5	40	10	55	
15	a1	b3	c2	40	10	10	60	pouzdano identificirano klizište
16	a2	b2	c1	20	20	20	60	
17	a1	b2	c3	40	20	5	65	
18	a2	b1	c3	20	40	5	65	
19	a3	b1	c1	5	40	20	65	
20	a1	b3	c1	40	10	20	70	
21	a1	b2	c2	40	20	10	70	
22	a2	b1	c2	20	40	10	70	
23	a1	b2	c1	40	20	20	80	
24	a2	b1	c1	20	40	20	80	
25	a1	b1	c3	40	40	5	85	vrlo pouzdano identificirano klizište
26	a1	b1	c2	40	40	10	90	
27	a1	b1	c1	40	40	20	100	

U slučaju da su u tijelu klizišta jasno izražne značajke (akumulacija i usjedanje) i granica klizišta je izražena >75%, a neovisno o tipu pokrova, identifikacija klizišta je vrlo pouzdana, što obuhvaća tri različite moguće kombinacije razmatranih alternativa. U slučaju kada su nejasno izražene značajke u tijelu klizišta i ako je granica klizišta izražena <50%, te ako je klizište pokriveno >50% šumom ili je teren modificiran urbanizacijom, identifikacija klizišta je vrlo nepouzdana, što obuhvaća dvije moguće različite kombinacije razmatranih alternativa. S obzirom da je broj kombinacija alternativa za pouzdano, slabo pouzdano i nepouzdano identificirana klizišta velik, ovdje se navode samo neki od primjera, koji su karakteristični za istraživano područje:

- Pouzdano je identificirano klizište (kombinacija alternativa pod rednim brojem 20 u tablici 10 koja glasi a1+b3+c1=40+10+20=70) ono čije su značajke u tijelu

klizišta jasno izražne, dok je granica klizišta samo djelomično izražena, te je klizište pokriveno rijetkom vegetacijom.

- Slabo je pouzdano identificirano klizište (kombinacija alternativa pod rednim brojem 11 u tablici 10 koja glasi a2+b2+c2=20+20+10=50) ono čije su značajke u tijelu klizišta i značajke granice klizišta djelomično izražene, te je klizište pokriveno šumom.
- Nepouzdano je identificirano klizište (kombinacija alternativa pod rednim brojem 6 u tablici 10 koja glasi a3+b2+c2=5+20+10=35) ono čije su značajke u tijelu klizišta nejasno izražne, dok su značajke granice klizišta samo djelomično izražene, te je klizište pokriveno šumom. U ovakvim slučajevima može postojati neodumica kod identifikacije klizišta da li razlike u visini pokrova upućuju na granicu klizišta ili na neki drugi morfološki oblik, npr. šumski put.

S obzirom na korištene kriterije (podkriterije i setove alternativa), te izračunate bodovne vrijednosti pomoću AHP metode, moguće je dobiti samo određeni broj kombinacija tj. vrijednosti bodova, ali je kontinuirani prikaz bodovnih raspona praktičan jer se također može iskazati i u postotnim udjelima (npr. pouzdano određena klizišta imaju relativnu pouzdanost odredbe između 60 % i 80 %). Zbog toga su klase pouzdanosti odredbe klizišta u ovom radu definirane na sljedeći način:

- vrlo nepouzdano identificirano klizište: 0-25 bodova,
- nepouzdano identificirano klizište: 26-44 bodova,
- slabo pouzdano identificirano klizište: 45-59 bodova,
- pouzdano identificirano klizište: 60-80 bodova i
- vrlo pouzdano identificirano klizište: 81-100 bodova.

Primjeri za vrlo nepouzdano identificirana klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su klizišta: 640027, (Slika 30); 640277, (Slika 32); 640879 (Slika 40); 640271, 640277, (Slika 41). Primjeri za nepouzdano identificirana klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su klizišta: 640116, (Slika 31); 640476, (Slika 39); 640273, 640232, 640233, 640651, 640653, 640655 (Slika 41). Primjeri za slabo pouzdano identificirana klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su klizišta: 640312, 640313, 640114, 640115, 640117, (Slika 31); 640329, (Slika 32); 640001, 640003, 640007, 640008, 640577, (Slika 39); 640519, 640420 (Slika 40); 640659 (Slika 41). Primjeri za pouzdano identificirana klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine

godine su klizišta: 640622, 640623, 640624, 640556, (Slika 30); 640718, (Slika 31); 640333, (Slika 32); 640002, 640576, 640474, 640475, (Slika 39); 640515, 640128, 640462, 640900, 640902, (Slika 40); 640230, 640231, 640234, 640652 (Slika 41). Primjeri za vrlo pouzdano identificirana klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su klizišta: 640629, 640630, (Slika 30); 640713, 640714, 640715, 640716, 640717, 640719, (Slika 31); 640036, 640037, 640038, 640039, 640040, 640041, 640042, 640043, 640044, 640045, 640051, 640052, 640332, 640334, (Slika 32); 640004, 640009, 640010, 640583, 640584, (Slika 39); 640880, 640881, 640901, (Slika 40); 640779, 640780 (Slika 41). Primjeri su poredani prema redoslijedu na slikama.

Primjeri za vrlo nepouzdano identificirana klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su klizišta: 980015, (Slika 35); 980004, 980008, (Slika 42); 980993, (Slika 43); 980480, 980484, (Slika 44). Primjeri za nepouzdano identificirana klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su klizišta: 980109, 980112, 980113, 980114, 980115, 980117, (Slika 33); 980375, 980376, 980608, 980612, (Slika 34); 980476, 980487, 980519, (Slika 35); 980001, 980002, 980003, 980005, 980006, 980013, 980200, (Slika 42); 980500, 980989, 980996, (Slika 43); 980158, 980162, 981233, 980561, 980565, (Slika 44). Primjeri za slabo pouzdano identificirana klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su klizišta: 980038, 980039, 980041, 980108, 980110, (Slika 33); 980361, 980362, 980363, 980377, 980378, 980592, 980593, 980604, 980609, (Slika 34); 980695, 980696, 980697, 980698, (Slika 35); 980007, 980009, 980011, 980014, 980016, 980197, 980198, 980199, 980204, 981094, 981145, 981148, 981150, (Slika 42); 980576, 980577, 980578, 980579, 980580, 980498, 980502, 980990, 980995, 981094, 981145 (Slika 43); 980472, 981234, 980559, 980560, 980564, 980765,(Slika 44). Primjeri za pouzdano identificirana klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine godine su klizišta: 980659, 980034, 980035, 980036, 980037, 980040, (Slika 33); 981071, (Slika 34); 980485, 980488, 980588, 980589, 980590, 980692, (Slika 35); 980010, (Slika 42); 980499, 980501, 980991, 980992, 980997, 980840, 980901093, (Slika 43); 980470, 980471, 980473, 981232, 981232, 980656, (Slika 44). Primjeri za vrlo pouzdano identificirana klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su klizišta: 980657, 980658, 980660, 980680, 980684, 980685, (Slika 33); 981072, 981073, 981074, 981075, 981076, (Slika 34); 980591, 980689, 980690, 980691, (Slika 35); 980012, 980017, 981149, 981151, 981152,

981153, 980844, 980846, (Slika 42); 980994, 981092, 980563, 980764, (Slika 43); (Slika 44). Primjeri su poredani prema redoslijedu na slikama.

Međutim čak i ako je za neka klizišta procijenjena relativno velika pouzdanost identifikacije, to nužno ne znači da za njih postoji i veća mogućnost daljnjeg razvoja. Zbog toga je za sva identificirana klizišta također zasebno provedena i procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta pomoću AHP metode. Kriteriji korišteni u toj procjeni nisu smijeli biti isti kao i kod procjene pouzdanosti identificiranih klizišta, jer su čimbenici koji utječu na mogućnost daljnjeg razvoja drugačiji i/ili je važnost promatranih značajki bitno drugačija. Stoga je bilo nužno zasebno provesti sve korake AHP metode i odrediti težinske faktore razmatranih kriterija s obzirom na problem (svrhu), odnosno s obzirom na procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta.

4.1.4 Kriteriji procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta primjenom AHP metode

S obzirom da se aktivnost klizišta mijenja od trenutka njegova aktiviranja i tijekom kasnijih razdoblja, za svako pojedino klizište korisna je informacija o tome je li klizište stabilizirano ili postoji mogućnost njegova kasnijeg reaktiviranja, te u kojem opsegu. Za potpuni opis ovih značajki klizišta nužna je intepretacija stanja, distribucije i stila aktivnosti klizišta. Prema *UNESCO WP/WLI (1993)* razlikuju se stanja aktivnosti klizišta ovisno o tome je li klizište aktivno u trenutku njegova opisivanja, je li bilo aktivno unutrag posljednjih godinu dana, te da li uopće postoji mogućnost njegova reaktiviranja ili je ono potpuno stabilizirano. Stanja aktivnosti klizišta su sljedeća: aktivno (*eng. active*), trenutačno neaktivno (*eng. suspended*), reaktivirano (*eng. reactivated*) i neaktivno (*eng. inactive*). Unutar neaktivnih klizišta također se razlikuju tri stanja aktivnosti, ovisno o mogućnostima njihova reaktiviranja: privremeno umireno (*eng. dormant*), trajno umireno (*eng. abandoned*), stabilizirano (*eng. stabilized*) i reliktno (*eng. relict*). Mogućnost interpretacije stanja aktivnosti klizišta sa stereoparova aerosnimki je vrlo ograničena, a uglavnom se svodi na procjenu relativne starosti klizišta na temelju izraženosti značajki klizišta: jasnije vidljiva klizišta se smatraju mlađima i povezuju se s recentnim aktivnostima, dok se slabije vidljiva klizišta smatraju starijima i dulje vrijeme neaktivnima. Prema *UNESCO WP/WLI (1993)* distribucija aktivnosti klizišta opisuje daljnje proširenje ili smanjenje volumena klizišta, kako na površini terena, tako i u dubinu. Za opis distribucije aktivnosti klizišta koriste se sljedeći termini: u napredovanju (*eng. advancing*), retrogresivno (*eng. retrogressive*), povećava se (*eng. enlarging*), smanjuje se (*eng. diminishing*), ograničeno je (*eng. confined*), premješta se (*eng. moving*), proširuje se (*eng. widening*). Za intepretaciju distribucije aktivnosti klizišta nužno je identificirati određeno klizište na kvalitetnim i detaljnim stereomodelima iz više vremenskih razdoblja.

S obzirom na raspoložive izvorne podatke, kao svrha stereoskopske analize stereomodela istraživanog područja postavljena je izrada inventara klizišta iz povijesnih razdoblja iz 1964. i 1998. godine s procjenom mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta, a bez utvrđivanja podataka o stanju, distribuciji i stilu aktivnosti klizišta. Naime, širok raspon površina identificiranih klizišta (od 75 do 282.000 m^2) i sitna

mjerila fotografija iz 1964. i 1998. (1:8.000 i 1:20.000) onemogućavaju pouzdanu procjenu elemenata za svako pojedino klizište koji ukazuju na aktivnost klizišta u trenutku kada su snimljena. Na ovim snimcima nije bilo moguće uočavanje pukotina po kojima se razlikuju aktivna od neaktivnih klizišta ili privremeno od trajno umirenih klizišta, te tip pokreta. Osim toga, veliki vremenski razmak između dvije generacije snimaka (1964.-1998. godina), kao i vremenski razmak u odnosu na vrijeme intepretacije snimaka (od 1964. odnosno 1998. do 2013. godine) i terenske provjere interpretiranih podataka 2012. i 2013. godine, onemogućava vremenski kontinuitet praćenja razvoja klizanja, nužan za interpretaciju distribucije i stila aktivnosti klizišta.

Prilikom stereoskopske analize na steromodelima u svrhu identifikacije klizišta u ovom radu provedena je procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta na temelju procjene uvjeta u kojima su klizišta nastala. U tu svrhu je također korištena AHP metoda, kojom su određivani težinski faktori uvjeta za koje se pretpostavljalo da utječu na mogućnost reaktiviranja identificiranih klizišta. Kao prvi faktor odabran je nagib padine s pretpostavkom da je veća vjerojatnost reaktiviranja klizišta što je padina strmija, uz mogućnost njegova progresivnog i retrogresivnog proširenja. Okvirne vrijednosti nagiba, procjenjene na temelju stereomodela su bile sljedeće: strmi nagib je veći od 25°; srednji nagib približno iznosi 10°-25°; i blagi nagib je približno manji od 10°. Kao drugi faktor odabrane su značajke u nožici klizišta pri čemu se najnepovoljnijim uvjetom smatra postojanje vodotoka koji erodira nožicu klizišta. S obzirom da je područje istraživanja intenzivno urbanizirano tijekom posljednjih 50-ak godina, što se smatra jednim od glavnih uzroka klizanja u novije vrijeme na istraživanom području, kao treći faktor odabran je pokrov zemljišta, odnosno stupanj izgrađenosti, pri čemu su osim zgrada, osobito važne i prometnice. Naime, većina registriranih klizišta u Gradu Zagrebu smještena je uz prometnice, čija gradnja uzrokuje nastanak klizišta zbog promjene prirodnog smjera i količine otjecanja površinskih voda. Ekstremno veliki broj klizišta (re)aktiviranih uz prometnice u Gradu Zagrebu dogodio se u proljeće 2013. godine, kada je potvrđena prepostavka o iznimno velikom utjecaju odvodnje površinskih voda s prometnica na padine ispod prometnica. Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta provedena je prema sljedećim osnovnim koracima AHP metode opisanim u *Miyagi i dr. (2004)* i *Saaty (2008)*, a koji su u ovom radu modificirani na sljedeći način:

1. Definicija problema: Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta.
2. Utvrđivanje hijerarhije odluke (od vrha prema dolje): određivanje dva glavna kriterija (I i II), s podkriterijima (A, B i C), i setovima alternativa (a1-a3, b1-b4 i c1-c4) koji su navedeni u tablici 11. Kritrij I je „Značajke okoliša u kojem se nalazi klizište“ i sadrži dva podkriterija „A – nagib padine“ i „B – značajke u nožici klizišta“. Kriterij II je „Pokrov zemljišta“ i sadrži jedan podkriterij „C – tip pokrova“. U ovom koraku procijenjeno je da je kriterij I važniji od kriterija II, što izraženo u omjerima iznosi I:II=70:30.
3. Konstrukcija matrice usporedbe parova podkriterija A, B i C u kojoj su definirani omjeri svih kombinacija podkriterija, na temelju čega su izračunati njihovi težinski faktori i bodovi. Omjeri svih kombinacija podkriterija procijenjeni su na način da je podkriterij A najvažniji, a B i C su jednako važni, što izraženo u bodovima iznosi: A=40 bodova, B=C=30 bodova. Matrica usporedbe parova podkriterija A, B i C s težinskim faktorima i bodovima prikazana je na slici 37.
4. Konstrukcija niza matrica usporedbe parova na nižoj razini, odnosno za svaki set alternativa a1-a3, b1-b4 i c1-c4 zasebno, u kojima su definirani omjeri svih kombinacija pojedinih setova alternativa, na temelju čega su izračunati njihovi težinski faktori. Bodovi svake pojedine alternative izračunati su iz njihovih težinskih faktora i bodova odgovarajućeg podkriterija. Matrice usporedbe parova svih setova alternativa s težinskim faktorima i bodovima prikazane su na slici 37, a u tablici 11 sažeto su prikazani svi kriteriji, podkriteriji i alternative s pripadajućim bodovima.

Za potrebe sustavne primjene ovako definiranih kriterija izrađen je predložak s ilustriranim prikazima alternativa podkriterija A, B i C, prikazan na slici 38. Predložak je korišten tijekom stereoskopske analize kada su svakom identificiranom klizištu dodjeljivani korigirani bodovi za svaku identificiranu alternativu.

Radi konzistentnosti primjene definiranih kriterija, također su izrađeni ogledni primjeri stereograma za sve alternative. S obzirom da su stereogrami iz 1964. i 1998. godine različitih mjerila, što se odražava na izraženost klizišta i pokrova zemljišta, ogledni primjeri alternativa su izrađeni zasebno za ove dvije generacije stereograma, te su primjeri iz 1964. godine prikazani na slikama 39, 40 i 41, a primjeri iz 1998. godine na slikama 42, 43 i 44.

Tablica 11 AHP kriteriji procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta identificiranih stereoskopskom analizom na području istraživanja u Podsljemenskoj zoni

Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta primjenom AHP metode					
Kriterij I	Značajke okoliša u kojem se nalazi klizište		Pokrov zemljišta		Kriterij II
Podkriterij A	Tablica A		Tablica B		Podkriterij C
Set alternativa	Nagib padine	Broj bodova	Tip pokrova	Broj bodova	Set alternativa
a1	*strmi*	40	*urbanizirano s prometnicama ≥ 50% **	30	c1
a2	*srednji*	19	*djelomično urbanizirano 25-50% **	20	c2
a3	*blagi*	3	*bez vegetacije, rijetka ili niska vegetacija, šuma < 50% ili različite kombinacije*	15	c3
Podkriterij B	Tablica B		*šuma ≥ 50%*	7	c4
Set alternativa	Značajke u nožici klizišta	Broj bodova			
b1	*uz vodotok*	30	* Napomena: U slučaju c1 i c2 treba obratiti pažnju na gornji dio padine. Ako je prisutna prometnica iznad klizišta (omogućuje prikupljanje vode) ili ako je izvršena gradnja na gornjem dijelu klizišta (dodatno opterećenje) mogućnost daljnjeg razvoja klizišta je veća.		
b2	*u blizini vodotoka*	16			
b3	*na središnjem dijelu padine*	8			
b4	*na blagom dijelu padine ili ravnici*	2			

< AHP za stereo parove >

Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta

<1-1> Kriterij I:II=70:30

<2-1> Podkriteriji A, B i C

	A	B	C
A	1	1 1/3	1 1/3
B	3/4	1	1
C	3/4	1	1

	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
	1,209	0,400	40,0	40,0	40
	0,909	0,300	30,0	30,0	30
	0,909	0,300	30,0	30,0	30
Suma	3,027	1,000	100,0		

<3-1> Set alternativa a1, a2, a3 i a4

	a1	a2	a3
a1	1	3	9
a2	1/3	1	9
a3	1/9	1/9	1

	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
	3,000	0,643	64,3	40,0	40
	1,437	0,308	30,8	19,1	19
	0,230	0,049	4,9	3,1	3
Suma	4,667	1,000	100,0		

<3-2> Set alternativa b1, b2, b3 i b4

	b1	b2	b3	b4
b1	1	2	6	9
b2	1/2	1	2	9
b3	1/6	1/2	1	5
b4	1/9	1/9	1/5	1

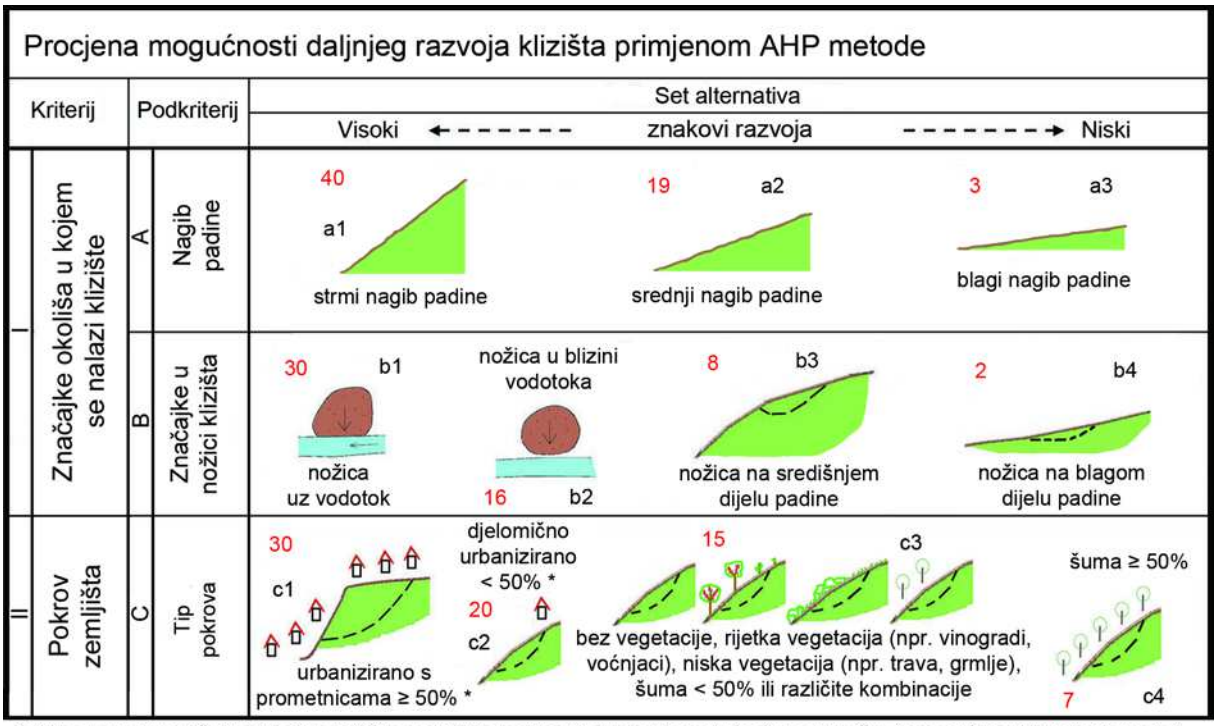
	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
	3,224	0,539	53,9	30,0	30
	1,732	0,289	28,9	16,1	16
	0,807	0,135	13,5	7,5	8
	0,222	0,037	3,7	2,1	2
Suma	5,985	1,000	100,0		

<3-3> Set alternativa c1, c2, c3 i c4

	c1	c2	c3	c4
c1	1	1 1/2	2	4
c2	2/3	1	1 1/3	3
c3	1/2	3/4	1	2
c4	1/4	1/3	1/2	1

	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
	1,442	0,415	41,5	30,0	30
	0,962	0,277	27,7	20,0	20
	0,721	0,208	20,8	15,0	15
	0,346	0,100	10,0	7,2	7
Suma	3,471	1,000	100,0		

Slika 37 Matrica usporedbe parova, težinski faktori i bodovi korišteni kod procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta na stereomodelu na području istraživanja



* Napomena: U slučaju c1 i c2 je kritičan gornji dio padine tj. ako je prometnica iznad klizišta (omogućuje prikupljanje vode) ili ako je gradnja na gornjem dijelu klizišta (dodatno opterećenje).

Slika 38 Kriteriji i bodovne vrijednosti vizualne procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta na stereoparovima aerosnimki za područje istraživanja određeni AHP metodom

Na slici 39 prikazani su ogledni primjeri alternativa a1, a2 i a3 podkriterija „A - Nagib padine“, kriterija „I – Značajke okoliša u kojem se nalazi klizište“ za procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1964. godine. Alternativa „a1 – strmi nagib padine“ ilustrirana je na primjeru osam klizišta (broj 640001, 640002, 640003, 640004, 640007, 640008, 640009 i 640010) od kojih su četiri na istočnoj padini iznad Aleje Bologne, a četiri na zapadnoj padini iznad Aleje Seljačke bune. Sva izdvojena klizišta se nalaze na strmim padinama. Strmi nagib padina značajno doprinosi mogućnosti njihova reaktiviranja, te je do klizanja i došlo na istočnoj padini iznad Aleje Bologne nakon obilnih oborina u proljeće 2013. godine. Alternativa „a2 – srednji nagib padine“ ilustrirana je na primjeru četiri klizišta (broj 640576, 640577, 640583 i 640584) na području Čukovića koja se nalaze na padinama srednjeg nagiba. Na terenu su i 2013. godine uočeni tragovi starih klizišta za koja postoji mogućnost njihova reaktiviranja, ali koju nije moguće sa sigurnošću potvrditi. Alternativa „a3 – blagi nagib padine“ ilustrirana je na primjeru tri klizišta (broj 640474, 640475 i 640476) koja se nalaze na blago nagnutim padinama na području sjeverno od Prišlinove ulice.

Na slici 40 prikazani su ogledni primjeri alternativa b1, b2, b3 i b4 podkriterija „B - Značajke u nožici klizišta“, kriterija „I – Značajke okoliša u kojem se nalazi klizište“ za

procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1964. godine. Alternativa „b1 – nožica uz vodotok“ ilustrirana je na primjeru tri klizišta (broj 640879, 640880 i 640881) na području Mirogoja čije nožice se nalaze uz potok. Alternativa „b2 – nožica u blizini potoka“ ilustrirana je na primjeru dva klizišta (broj 640515 i 640519) na području Vrapčanske ulice čije nožice su u blizini vodotoka. Tijekom terenske provjere ovih klizišta 2013. godine utvrđeno je da je vodotok reguliran, te da su klizišta slabo izražena na terenu. Alternativa „b3 – nožica na središnjem dijelu padine“ ilustrirana je na primjeru tri klizišta (broj 640128, 640420 i 640462) na području oko ulice Žlebec čije nožice završavaju na središnjem dijelu padine. Alternativa „b4 – nožica na blagom dijelu padine ili ravnici“ ilustrirana je na primjeru tri klizišta (broj 640900, 640901 i 640902) na području između ulica Remete i Bukovačka čije nožice završavaju na zaravnjenom dijelu terena.

Na slici 41 prikazani su ogledni primjeri alternativa c1, c2, c3 i c4 podkriterija „C - Tip pokrova“, kriterija „II – Pokrov zemljišta“ za procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1964. godine. Alternativa „c1 – pokrov: urbanizirano s prometnicama ≥50%“ ilustrirana je na primjeru tri klizišta (broj 640271, 640273 i 640277) na području oko Kozarčeve ulice i Zelengaja. Iznad identificiranih klizišta se nalaze prometnice za koje se pretpostavlja da uzrokuju daljnji razvoj klizišta, zbog nepravilne odvodnje površinskih voda koje se iznad klizišta slijevaju niz padinu. Alternativa „c2 – pokrov: djelomično urbanizirano <50%“ ilustrirana je na primjeru pet klizišta (broj 640230, 640231, 640232, 640233 i 640234) koja se nalaze na području Mullerovog brijega. Iznad izdvojenih klizišta se nalaze prometnice koje djeluju nepovoljno na stabilnost, ali je stupanj urbaniziranosti područja manji nego na prethodnom primjeru. Budući da su na terenu 2013. godine uočene granice starih klizišta, te da su registrirana i nova klizišta, ovime je potvrđen nepovoljni utjecaj djelomične urbanizacije (pri čemu se prvenstveno misli na postojanje prometnica) na mogućnost daljnjeg razvoja klizišta. Alternativa „c3 – pokrov: bez vegetacije, rijetka vegetacija, niska vegetacija, šuma <50% ili različite kombinacije“ ilustrirana je na primjeru pet klizišta (broj 640651, 640652, 640653, 640654 i 640655) na području oko ulice Mikulići. Sva ova klizišta na stereomodelu iz 1964. godine identificirana su na oranicama i livadama, bez ili s vrlo malo niskog vegetacijskog pokrova. S obzirom na to da je na tom području antropogena djelatnost ograničena na obrađivanje zemljišta, smatra se da je mogućnost reaktiviranja ovih klizišta puno manja nego u

drugim urbaniziranim dijelovima istraživanog područja. Alternativa „c4 – pokrov: šuma ≥50%“ ilustrirana je na primjeru dva klizišta (broj 640779 i 640780) na području oko ulice Pantovčak. Na terenu 2013. godine utvrđeno je postojanje starih i novih klizišta, što ukazuje na mogućnost daljnjeg razvoja klizišta i u predjelima gdje je zadržan šumski pokrivač. Smatra se da je mogućnost daljnjeg razvoja klizišta u šumi daleko manja nego na dijelovima terena na kojima je uklonjen šumski pokrov, međutim u ovom slučaju je na dnu padine prisutan vodotok koji pospješuje daljnji razvoj klizišta.

Na slici 42 prikazani su ogledni primjeri alternativa a1, a2 i a3 podkriterija „A - Nagib padine“, kriterija „I – Značajke okoliša u kojem se nalazi klizište“ za procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1998. godine. Alternativa „a1 – strmi nagib padine“ ilustrirana je na primjeru dvadeset i jednog klizišta (broj 980001, 980002, 980003, 980004, 980005, 980006, 980007, 980008, 980009, 980010, 980011, 980012, 980013, 980014, 980016, 980017, 980197, 980198, 980199, 980200 i 980204) na području ulica Aleja Bologne, Aleja Seljačke bune i Sutinska vrela, koja se nalaze na strmim padinama, a strmi nagib padina povećava i mogućnost reaktivacije ovih klizišta. Alternativa „a2 – srednji nagib padine“ ilustrirana je na primjeru osam klizišta (broj 981094, 981145, 981148, 981149, 981150, 981151, 981152 i 981153) na području oko ulice Draškovec koja se nalaze na padinama srednjeg nagiba. Kako je i nagib padina umjereniji nego u prethodnom primjeru i mogućnost reaktivacije ovih klizišta je manja. Alternativa „a3 – blagi nagib padine“ ilustrirana je na primjeru dva klizišta (broj 980846 i 980844) koja se nalaze na području parka Maksimir, za koja se smatra da je mogućnost reaktivacije klizišta mala.

Na slici 43 prikazani su ogledni primjeri alternativa b1, b2, b3 i b4 podkriterija „B - Značajke u nožici klizišta“, kriterija „I – Značajke okoliša u kojem se nalazi klizište“ za procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1998. godine. Alternativa „b1 nožica uz vodotok“ ilustrirana je na primjeru pet klizišta (broj 980576, 980577, 980578, 980579 i 980580) na području Velikog potoka čije nožice su uz potok. Na terenu su i 2013. godine vidljivi elementi klizišta više generacija. Alternativa „b2 – nožica u blizini potoka“ ilustrirana je na primjeru pet klizišta (broj 980498, 980499, 980500, 980501 i 980502) na području Vrapčanske ulice čije nožice su u blizini vodotoka. Elementi klizišta su slabo vidljivi na terenu 2013. godine, uslijed

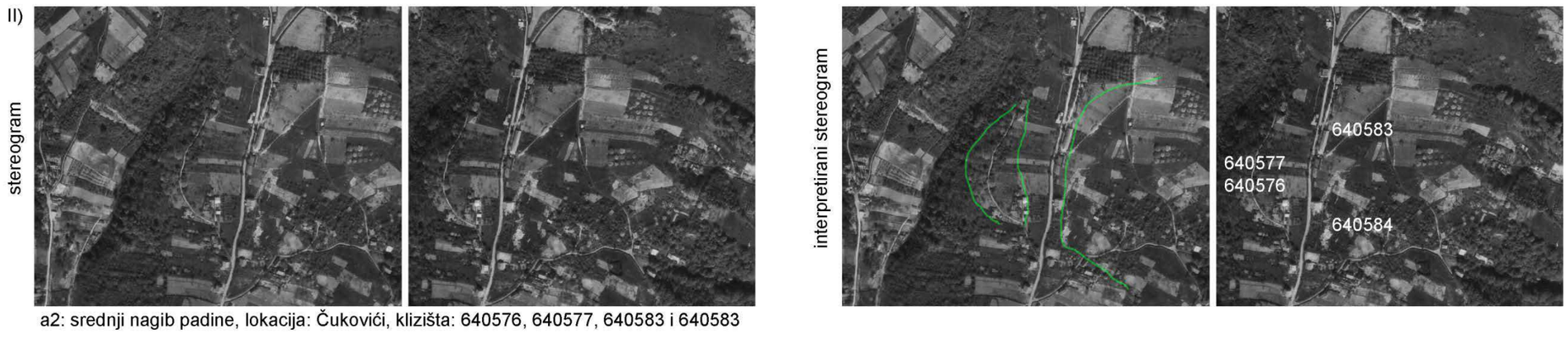
obraštenosti terena. Alternativa „b3 – nožica na središnjem dijelu padine“ ilustrirana je na primjeru devet klizišta (broj 980989, 980990, 980991, 980992, 980993, 980994, 980995, 980996 i 980997) na području oko ulice Gračani čije nožica su na središnjem dijelu padine. Alternativa „b4 – nožica na blagom dijelu padine ili ravnici“ ilustrirana je na primjeru pet klizišta (broj 980840, 981092, 981093, 981094 i 981145) na području oko ulice Jazbina čije nožice su na blagom dijelu padine ili ravnici.

Na slici 44 prikazani su ogledni primjeri alternativa c1, c2, c3 i c4 podkriterija „C - Tip pokrova“, kriterija „II – Pokrov zemljišta“ za procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1998. godine. Alternativa „c1 – pokrov: urbanizirano s prometnicama ≥50%“ ilustrirana je na primjeru dva klizišta (broj 980158 i 980162) na padinama između Kozarčeve ulice i ulice Zelengaj. Iznad identificiranih klizišta se nalaze prometnice za koje se pretpostavlja da uzrokuju daljnji razvoj klizišta, zbog nepravilne odvodnje površinskih voda koje se iznad klizišta slijevaju niz padinu. Osim toga, na ovom području je stupanj urbanizacije isti ili veći u odnosu na 1964. godinu, a i na stereomodelu iz 1964. godine su identificirana klizišta na ovom području. Alternativa „c2 – pokrov: djelomično urbanizirano <50%“ ilustrirana je na primjeru šest klizišta (broj 980470, 980471, 980472, 980473, 980480, 980484) na području oko Vrapčanske ulice. Stupanj urbanizacije je manji nego na prethodnom primjeru, te je ujedno manji i nepovoljni utjecaj antropogenih djelatnosti. Alternativa „c3 – pokrov: bez vegetacije, rijetka vegetacija, niska vegetacija, šuma <50% ili različite kombinacije“ ilustrirana je na primjeru četiri klizišta (broj 981231, 981232, 981233 i 981234) na području oko Ročićeve ulice. Mogućnost reaktivacije klizišta varira zavisno od lokacije do lokacije. Alternativa „c4 – pokrov: šuma ≥50%“ ilustrirana je na primjeru devet klizišta (broj 980559, 980560, 980561, 980563, 980564, 980565, 980656, 980764 i 980765) na padinama između ulica Šestinski dol i Jelenovac. Na terenu 2013. godine vidljivi su elementi starih klizišta, ali je također potvrđeno da je mogućnost daljnjeg reaktiviranja klizišta značajno umanjena zbog toga što je klizište obraslo šumskog vegetacijom, te zbog toga što na tom području nema nepovoljnog utjecaja antropogenih djelatnosti vezanih za urbanizaciju prostora, međutim moguća je reaktivacija nožičnih dijelova klizišta uz vodotok.

I)

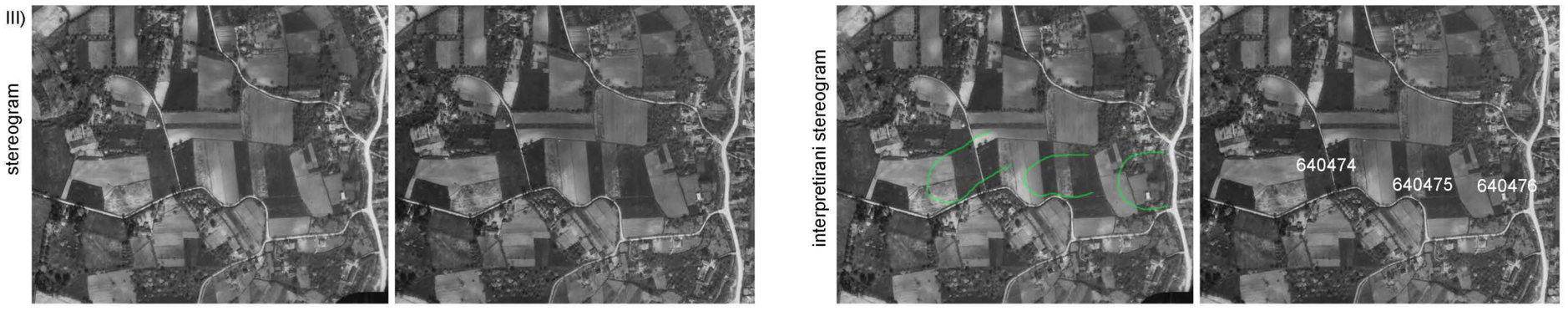
a1: strmi nagib padine, lokacija: Aleja Bologne, klizišta: 640001, 640002, 640003, 640004, 640007, 640008, 640009 i 640010

II)



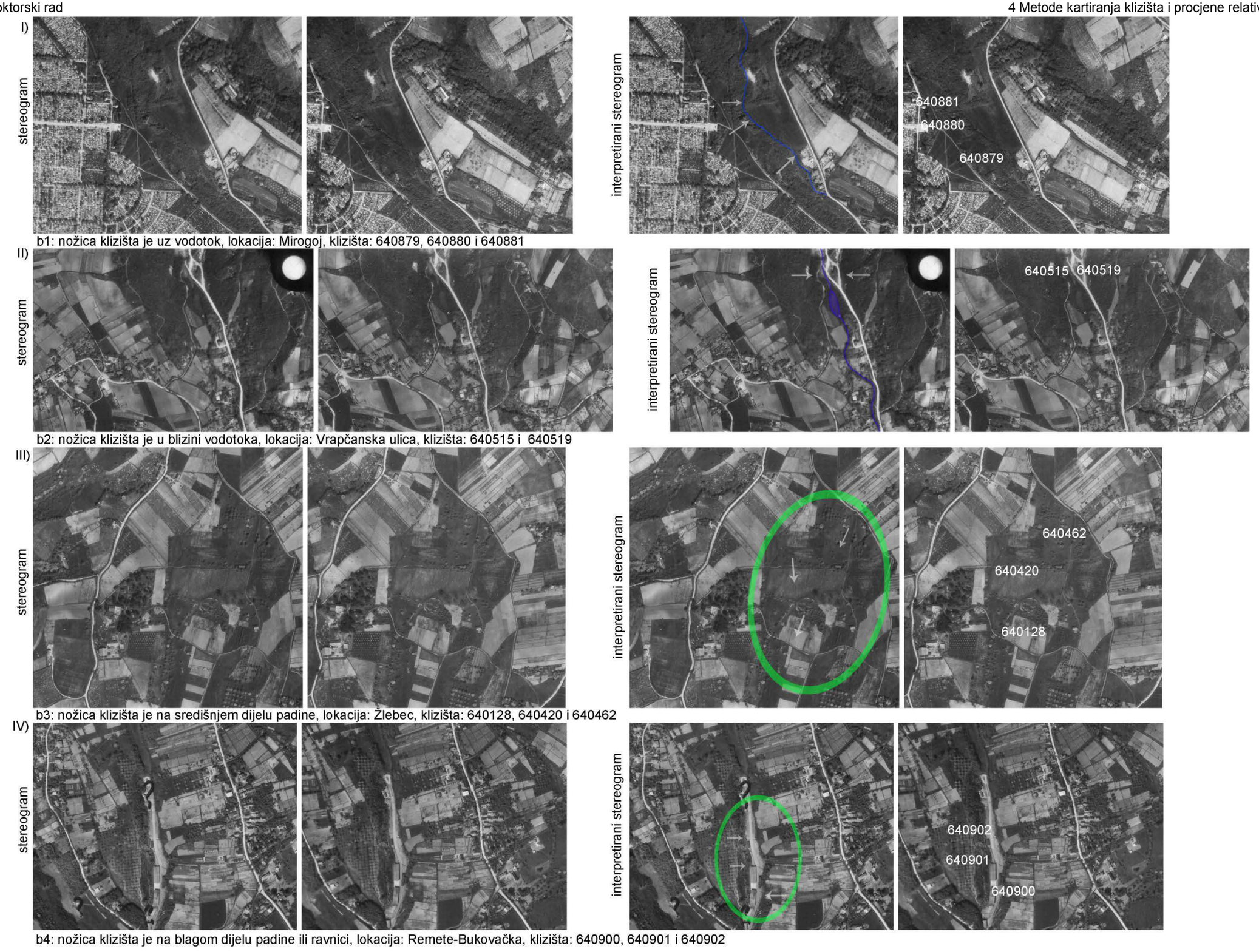
a2: srednji nagib padine, lokacija: Čukovići, klizišta: 640576, 640577, 640583 i 640583

III)



a3: blagi nagib padine, lokacija: Prišlinova ulica, klizišta: 640474, 640475 i 640476

Slika 39 Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1964. godine s primjerima alternativa za podkriterij nagib padine: I) alternativa - a1; II) alternativa - a2; i III) alternativa - a3



Slika 40 Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1964. godine s primjerima alternativa za podkriterij značajke u nožici klizišta: I) alternativa - b1; II) alternativa - b2; III) alternativa - b3; i IV) alternativa - b4

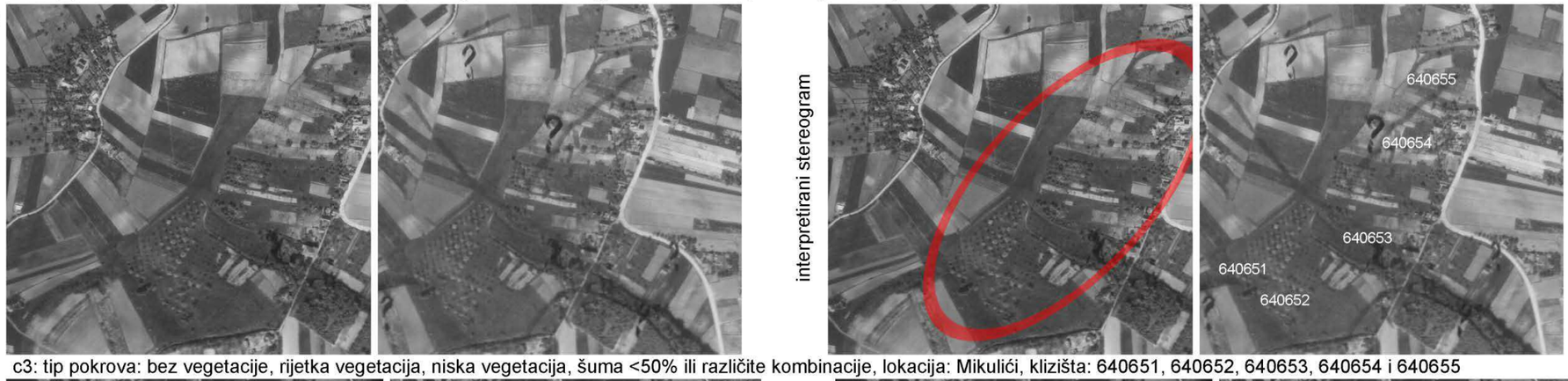
I)

c1: tip pokrova: urbanizirano s prometnicama ≥50%, lokacija: Kozarčeva - Zelengaj, klizišta: 640271, 640273 i 640277

II)

c2: tip pokrova: djelomično urbanizirano <50%, lokacija: Mullerov breg, klizišta: 640230, 640231, 640232, 640233 i 640234

III)



c3: tip pokrova: bez vegetacije, rijetka vegetacija, niska vegetacija, šuma <50% ili različite kombinacije, lokacija: Mikulići, klizišta: 640651, 640652, 640653, 640654 i 640655

IV)

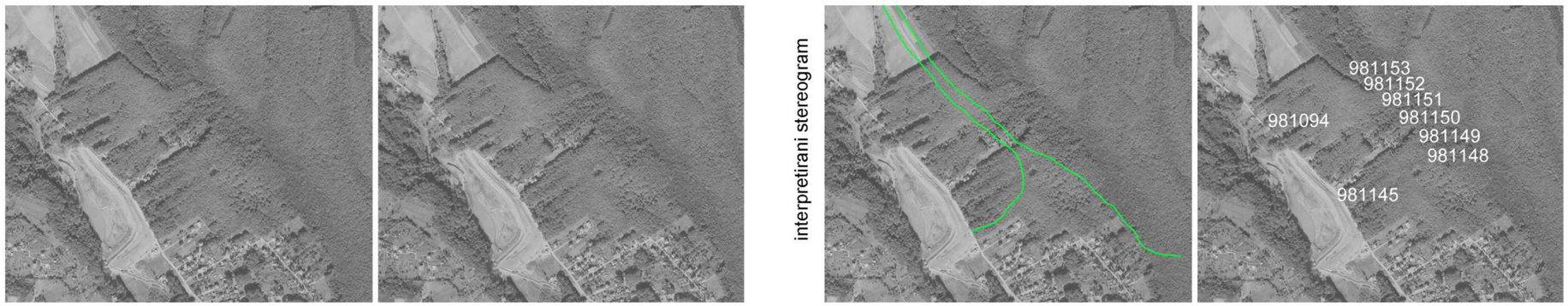
c4: tip pokrova: šuma ≥50%, lokacija: Pantovčak, klizišta: 640779 i 640780

Slika 41 Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1964. godine s primjerima alternativa za podkriterij tip pokrova: I) alternativa - c1; II) alternativa - c2; III) alternativa - c3; i IV) alternativa - c4

I)

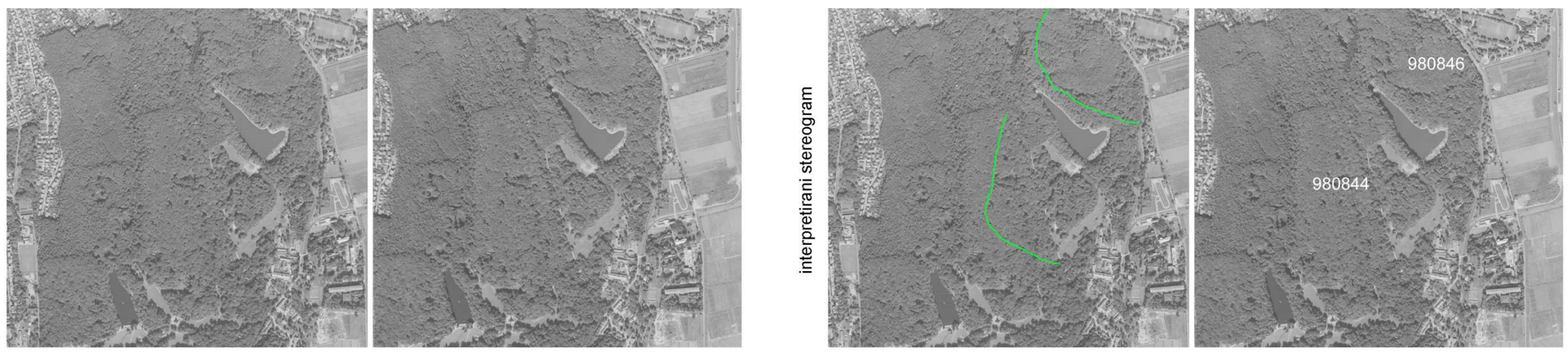
a1: strmi nagib padine, lokacija: Aleja Bologne, klizišta: 980001, 980002, 980003, 980004, 980005, 980006, 980007, 980008, 980009, 980010, 980011, 980012, 980013, 980014, 980016, 980017, 980197, 980198, 980199, 980200 i 980204

II)



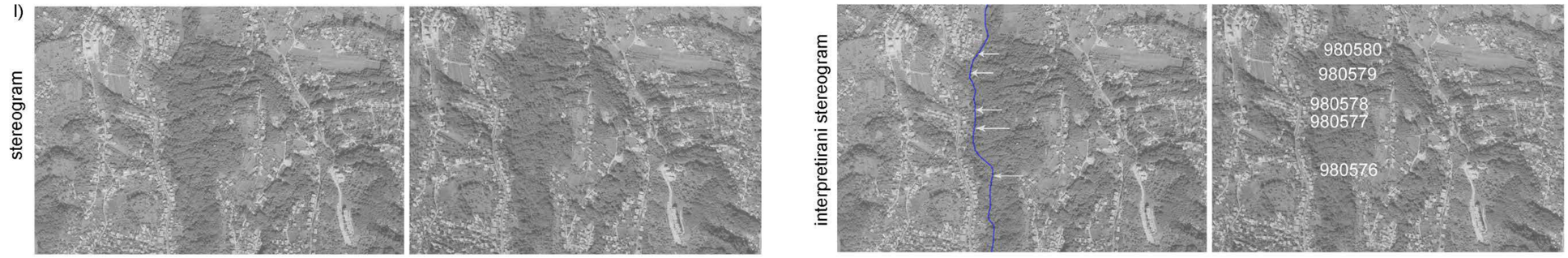
a2: srednji nagib padine, lokacija: Draškovec, klizišta: 981094, 981145, 981148, 981149, 981150, 981151, 981152 i 981153

III)

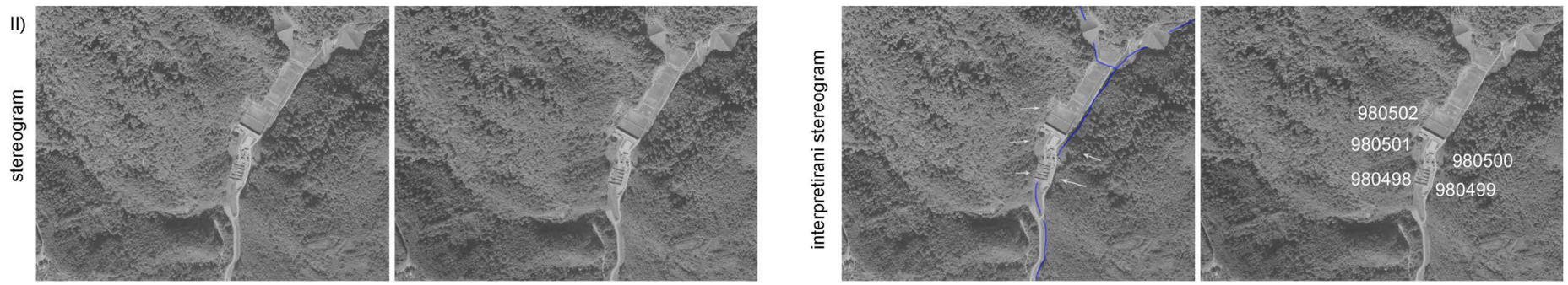


a3: blagi nagib padine, lokacija: Maksimir, klizišta: 980844 i 980846

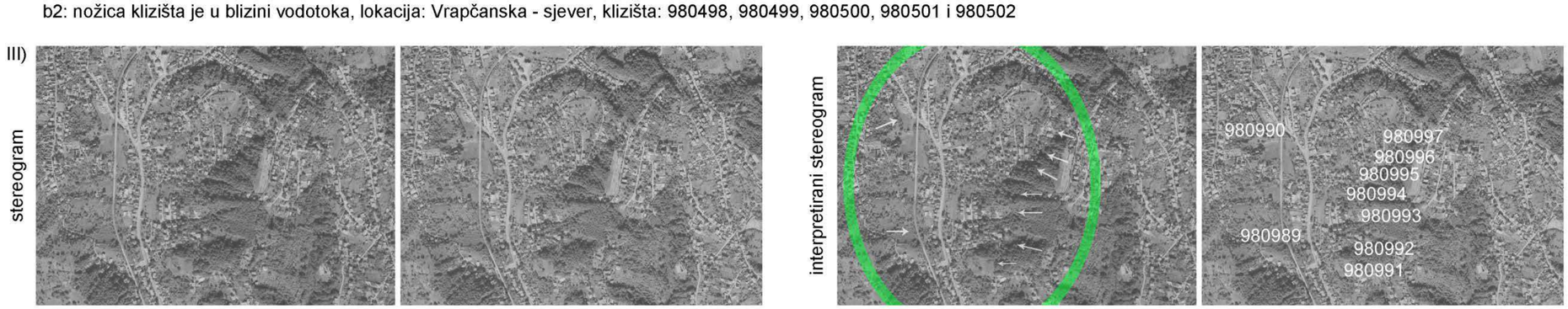
Slika 42 Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1998. godine s primjerima alternativa za podkriterij nagib padine: I) alternativa - a1; II) alternativa - a2; i III) alternativa - a3



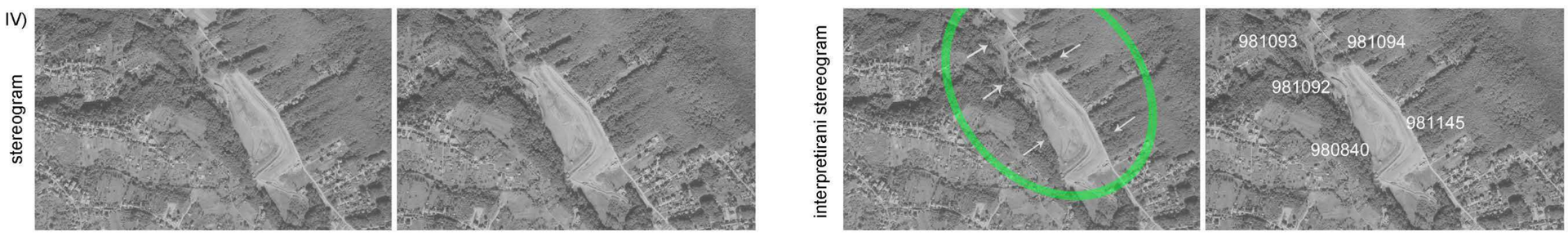
b1: nožica klizišta je uz vodotok, lokacija: Veliki potok, klizišta: 980576, 980577, 980578, 980579 i 980580



b2: nožica klizišta je u blizini vodotoka, lokacija: Vrapčanska - sjever, klizišta: 980498, 980499, 980500, 980501 i 980502



b3: nožica klizišta je na središnjem dijelu padine, lokacija: Gračani, klizišta: 980989, 980990, 980991, 980992, 980993, 980994, 980995, 980996 i 980997



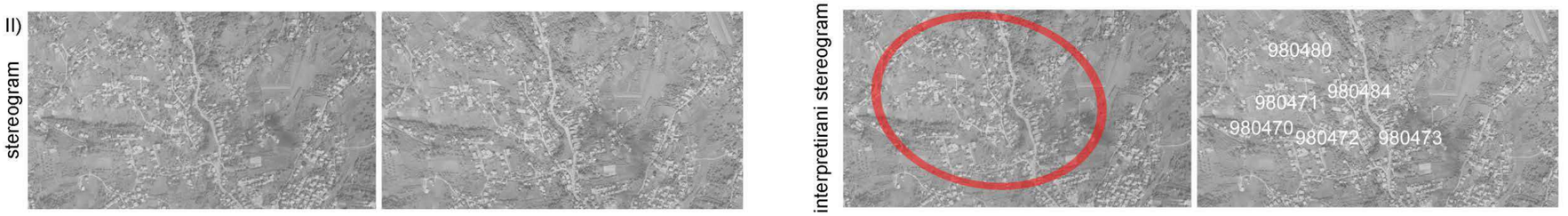
b4: nožica klizišta je na blagom dijelu padine ili ravnici, lokacija: Jazbina, klizišta: 980840, 981092, 981093, 981094 i 981145

Slika 43 Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1998. godine s primjerima alternativa za podkriterij značajke u nožici klizišta: I) alternativa - b1; II) alternativa - b2; III) alternativa - b3; i IV) alternativa - b4

I)

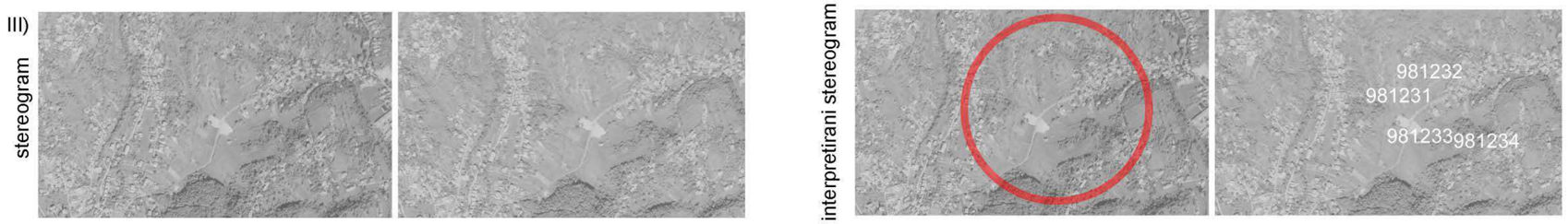
c1: tip pokrova: urbanizirano s prometnicama ≥50%, lokacija: Kozarčeva - Zelengaj, klizišta: 980158 i 980162

II)



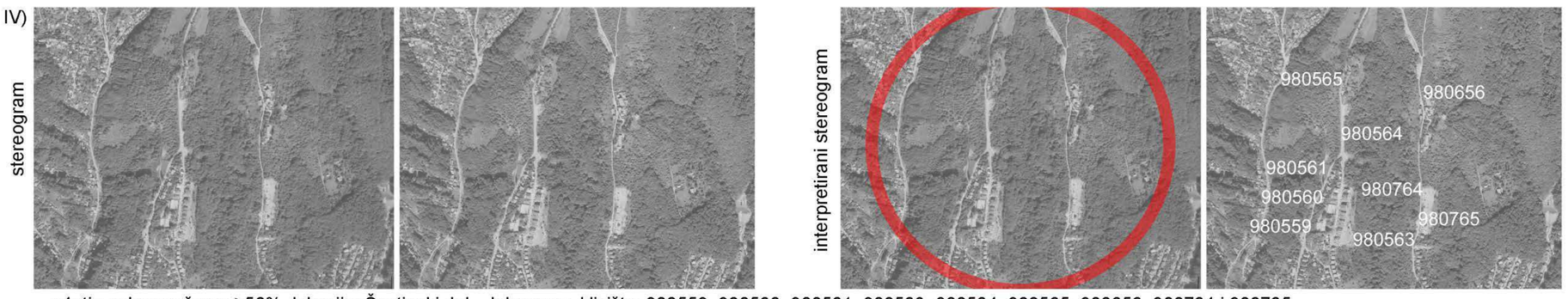
c2: tip pokrova: djelomično urbanizirano <50%, lokacija: Vrapčanska ulica, klizišta: 980470, 980471, 980472, 980473, 980480 i 980484

III)



c3: tip pokrova: bez vegetacije, rijetka vegetacija, niska vegetacija, šuma <50% ili različite kombinacije, lokacija: Ulica Vida Ročića, klizišta: 981231, 981232, 981233 i 981234

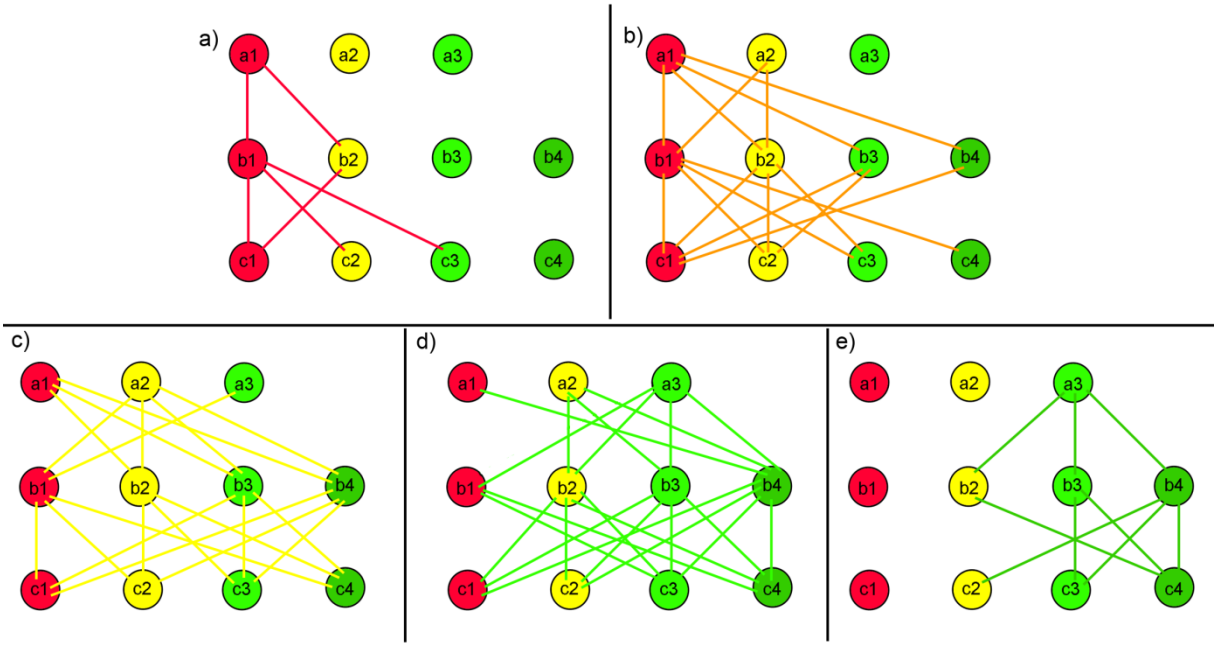
IV)



c4: tip pokrova: šuma ≥50%, lokacija: Šestinski dol - Jelenovac, klizišta: 980559, 980560, 980561, 980563, 980564, 980565, 980656, 980764 i 980765

Slika 44 Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereogramima iz 1998. godine s primjerima alternativa za podkriterij tip pokrova: I) alternativa - c1; II) alternativa - c2; III) alternativa - c3; i IV) alternativa - c4

Za potrebe kvalitativnog opisa mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta bilo je nužno definirati kriterije klasifikacije ukupnih bodova dobivenih AHP metodom, a čija maksimalna vrijednost iznosi 100 bodova. U tu svrhu subjektivno je odabrano sljedećih pet klasa mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta koje relativno dobro opisuju mogućnosti reaktiviranja klizišta na stereomodelima iz 1964. i 1998. godine: (i) vrlo mala mogućnost razvoja klizišta; (ii) mala mogućnost razvoja klizišta; (iii) srednja mogućnost razvoja klizišta; (iv) velika mogućnost razvoja klizišta; i (v) vrlo velika mogućnost razvoja klizišta. Granične vrijednosti navedenih klasa određene su na temelju mogućih kombinacija alternativa, kao što je prikazano na slici 45. Iz shematskih dijagrama se lako uočava da je najmanji broj kombinacija alternativa moguć kod krajnjih klasa, tj. za vrlo malu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta i vrlo veliku mogućnost daljnjeg razvoja klizišta. U tablici 12 prikazane su sve moguće kombinacije alternativa za procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta s pripadajućim ukupnim bodovima, što je poslužilo za određivanje graničnih vrijednosti ovih klasa.



Slika 45 Shematski prikaz mogućih kombinacija alternativa (a1-a3, b1-b4, c1-c4) kod određivanja mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta za: a) vrlo veliku mogućnost daljnjeg razvoja klizišta; b) veliku mogućnost daljnjeg razvoja klizišta; c) srednju mogućnost daljnjeg razvoja klizišta; d) malu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta; i e) vrlo malu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta

Tablica 12 Moguće kombinacije alternativa kod određivanja mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta

Kombinacija	Alternative			Bodovi			Suma	Mogućnost razvoja klizišta
1	a3	b4	c4	3	2	7	12	vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja
2	a3	b3	c4	3	8	7	18	
3	a3	b4	c3	3	2	15	20	
4	a3	b4	c2	3	2	20	25	
5	a3	b3	c3	3	8	15	26	
6	a3	b2	c4	3	16	7	26	
7	a2	b4	c4	19	2	7	28	mala mogućnost daljnjeg razvoja
8	a3	b3	c2	3	8	20	31	
9	a3	b2	c3	3	16	15	34	
10	a2	b3	c4	19	8	7	34	
11	a3	b4	c1	3	2	30	35	
12	a2	b4	c3	19	2	15	36	
13	a3	b2	c2	3	16	20	39	
14	a3	b1	c4	3	30	7	40	
15	a3	b3	c1	3	8	30	41	
16	a2	b4	c2	19	2	20	41	
17	a2	b3	c3	19	8	15	42	
18	a2	b2	c4	19	16	7	42	
19	a2	b3	c2	19	8	20	47	
20	a3	b1	c3	3	30	15	48	
21	a1	b4	c4	40	2	7	49	
22	a3	b2	c1	3	16	30	49	
23	a2	b2	c3	19	16	15	50	srednja mogućnost daljnjeg razvoja
24	a2	b4	c1	19	2	30	51	
25	a3	b1	c2	3	30	20	53	
26	a2	b2	c2	19	16	20	55	
27	a1	b3	c4	40	8	7	55	
28	a2	b1	c4	19	30	7	56	
29	a2	b3	c1	19	8	30	57	
30	a1	b4	c3	40	2	15	57	
31	a1	b4	c2	40	2	20	62	
32	a1	b3	c3	40	8	15	63	
33	a1	b2	c4	40	16	7	63	
34	a3	b1	c1	3	30	30	63	
35	a2	b1	c3	19	30	15	64	velika mogućnost daljnjeg razvoja
36	a2	b2	c1	19	16	30	65	
37	a1	b3	c2	40	8	20	68	
38	a2	b1	c2	19	30	20	69	
39	a1	b2	c3	40	16	15	71	
40	a1	b4	c1	40	2	30	72	
41	a1	b2	c2	40	16	20	76	
42	a1	b1	c4	40	30	7	77	
43	a1	b3	c1	40	8	30	78	
44	a2	b1	c1	19	30	30	79	
45	a1	b1	c3	40	30	15	85	vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja
46	a1	b2	c1	40	16	30	86	
47	a1	b1	c2	40	30	20	90	
48	a1	b1	c1	40	30	30	100	

U slučaju da je padina strmog nagiba (približno >25°) i da se nožica klizišta nalazi uz vodotok ili u blizini vodotoka (za koji se pretpostavlja da erodira nožicu klizišta), te da je područje klizišta prekriveno s <50% šume, urbanizirano ili pokriveno rijetkom vegetacijom, mogućnost daljnjeg razvoja klizišta je vrlo velika, a što obuhvaća četiri moguće kombinacije razmatranih alternativa. U slučaju da je padina blagog nagiba (približno <10°), te da je nožica klizišta udaljena od vodotoka, a područje klizišta je urbanizirano s prometnicama <50% (neovisno o tipu pokrova), mogućnost daljnjeg razvoja klizišta je vrlo mala, što obuhvaća šest mogućih kombinacija razmatranih alternativa. S obzirom da je broj kombinacija aternativa za veliku, srednju i malu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta velik, ovdje se navode samo neki od primjera, koji su karakteristični za istraživano područje:

- Veliku mogućnost daljnjeg razvoja (kombinacija alternativa pod rednim brojem 41 u tablici 12 koja glasi a1+b2+c2=40+16+20=76) ima klizište koje se nalazi na djelomično urbaniziranoj padini strmog nagiba s nožicom klizišta u blizini vodotoka.
- Srednju mogućnost daljnjeg razvoja (kombinacija alternativa pod rednim brojem 26 u tablici 12 koja glasi a2+b2+c2=19+16+20=55) ima klizište koje se nalazi na djelomično urbaniziranoj padini srednjeg nagiba (približno 10°-20°) s nožicom klizišta u blizini vodotoka.
- Malu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta (kombinacija alternativa pod rednim brojem 10 u tablici 12 koja glasi a2+b3+c4=19+8+7=34) ima klizište koje se nalazi na padini srednjeg nagiba (približno 10°-20°) s nožicom klizišta na središnjem dijelu padine, te je uglavnom pokriveno šumom.

S obzirom na korištene kriterije (podkriterije i setove alternativa), te izračunate bodovne vrijednosti pomoću AHP metode, moguće je dobiti samo određeni broj kombinacija tj. vrijednosti bodova, ali je kontinuirani prikaz bodovnih raspona praktičan, jer se također može iskazati i u postotnim udjelima (npr. vrlo veliku mogućnost daljnjeg razvoja imaju klizišta čija je relativna mogućnost razvoja između 85% i 100%). Zbog toga su klase mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta u ovom radu definirane na sljedeći način:

- vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta: 0-26 bodova,
- mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta: 27-49 bodova,

- srednja mogućnost daljnjeg razvoja klizišta: 50-63 bodova,
- velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta: 64-84 bodova i
- vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta: 85-100 bodova.

Primjeri za procijenjenu vrlo malu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su klizišta: 640114, 640115 (Slika 31); 640474, 640475, 640476, (Slika 39); 640420, (Slika 40). Primjeri za procijenjenu malu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su klizišta: 640277, (Slika 32); 640001, (Slika 39); 640271, 640277, 640651, 640652, 640653, (Slika 41). Primjeri za procijenjenu srednju mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su klizišta: 640222, 640223, 640556, 640027, (Slika 30); 640713, 640719, 640312, 640313, , (Slika 31); 640051, 640052, (Slika 32); 640003, 640004, 640008, 640009, 640010, 640577, (Slika 39); 640515, 640519, (Slika 40); 640273, 640654, 640655, 640779, 640780 (Slika 41). Primjeri za procijenjenu veliku mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su klizišta: 640224, (Slika 30); 640714, 640715, 640716, 640717, 640718, 640116, 640117, (Slika 31); 640036, 640037, 640038, 640039, 640040, 640041, 640042, 640043, 640044, 640045, 640329, 640332, 640334, (Slika 32); 640002, 640007, 640576, (Slika 39); 640879, 640881, 640128, 640462, 640900, 640902, (Slika 40); 640230, 640231, 640232, 640233, 640234, (Slika 41). Primjeri za procijenjenu vrlo veliku mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su klizišta: 640629, 640630, (Slika 30); 640333, (Slika 32); 640583, 640584, (Slika 39); 640880, 640901, (Slika 40). Primjeri su poredani prema redoslijedu na slikama.

Primjeri za procijenjenu vrlo malu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su klizišta: 980109, (Slika 33); 980608, 980609, (Slika 34); 980488, (Slika 35); 980840, 981093, (Slika 43); 981233, (Slika 44). Primjeri za procijenjenu malu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su klizišta: 980041, 980114, 980115, (Slika 33); 980592, 980593, 980612 (Slika 34); 980519, (Slika 35); 980011, 980012, 981094, 981145, 980844, 980846, (Slika 42); 980989, 980990, 981092, 981094, 981145, (Slika 43); 980473, 980484, 981232, 981234, 980561, (Slika 44). Primjeri za procijenjenu srednju mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su klizišta: 980657, 980658, 980680, 980034, 980038, 980039, 980040, (Slika 33); 981071, 981072,

981073, 980375, 980376, (Slika 34); 980485, 980689, 980690, 980691, 980692, (Slika 35); 980001, 980004, 980005, 980006, 980007, 980008, 980009, 980013, 980016, 980017, 980198, 980199, 980200, 980204, 981148, 981149, 981150, 981151, 981152, 981153, (Slika 42); 980498, 980499, 980500, 980501, 980502, 980992, 980993, 980994, (Slika 43); 980471, 980559, 980560, 980564, 980565, 980656, (Slika 44). Primjeri za procijenjenu veliku mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su klizišta: 980659, 980660, 980684, 980685, 980108, 980110, 980112, 980113, 980117 (Slika 33); 981074, 981075, 981076, 980361, 980362, 980363, 980377, 980378, 980604, (Slika 34); 980476, 980487, 980588, 980589, 980590, 980591, 980695, 980696, 980697, 980698, 980015 (Slika 35); 980002, 980003, 980010, 980014, 980197, (Slika 42); 980991, 980995, 980996, 980997, (Slika 43); 980158, 980162, 980472, 980480, 981231, 980563, 980764, 980765 (Slika 44). Primjeri za procijenjenu vrlo veliku mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su klizišta: 980035, 980036, 980037, (Slika 33); 980576, 980577, 980578, 980579, 980580, (Slika 43); 980470, (Slika 44). Primjeri su poredani prema redoslijedu na slikama.

Jedna od osnovnih premisa kod istraživanja klizišta je da su prošlost i sadašnjost ključ za budućnost (*Varnes, 1984*), a u širem smislu su pomoću pouzdanosti identifikacije klizišta opisani prošli i sadašnji događaji, a pomoću mogućnosti razvoja klizišta dane su procjene za sadašnje i buduće događaje. Ta premisa vrijedi i za Podsljemensku zonu, tj. iz pregleda postojećih podataka (detaljno opisano u poglavlju 2) je vidljivo da su klizišta bila prisutna i u prošlosti u Podsljemenskoj zoni, a iz praktičnog iskustva znamo da su prisutna i danas, te je logično očekivati i njihovo pojavljivanje u budućnosti. Za buduća događanja je moguće dati samo procjene, a kombinacijom pouzdanosti odredbe klizišta s mogućnošću daljnjeg razvoja moguće je dati procjenu relativne opasnosti od klizišta koja izdvaja lokacije kojima je potrebno posvetiti više pažnje u budućnosti (npr. tijekom izvođenja građevinskih radova).

4.2 Procjena relativne opasnosti klizanja

Karte inventara klizišta također se koriste i kao ulazni podaci za analize kojima se prognozira potencijalna opasnost i ugroženost od klizanja. Metode procjene potencijalne opasnosti i ugroženosti razlikuju se ovisno o tome da li je predmet procjene pojedino klizište ili cijelo područje istraživanja koje obuhvaća veći broj klizišta (*Mihalić Arbanas i Arbanas, 2013*). Općenito se može reći da se procjena opasnosti pojedinog klizišta provodi izravnim opažanjima ove pojave, na terenu ili pomoću metoda daljinskih istraživanja. Procjena opasnosti određenog područja (najčešće veličine od nekoliko desetaka do nekoliko tisuća kilometara kvadratnih), na kojemu se nalazi veliki broj klizišta, provodi se metodama prostornih analiza u GIS-u koje se mogu podijeliti u tri osnovne grupe prema *van Westen (2002)*: heurističke, statističke i determinističke. Rezultati prostornih analiza kojima se procjenjuje potencijalna opasnost područja prikazuju se na kartama zoniranja. Terminologija kojom se definira opasnost i ugroženost od klizanja prvi put je definirana u *Varnes (1984)*, a kasnije i u brojnim drugim radovima od kojih je najznačajnija disertacija *Guzzetti (2006)*. U tablici 13 se navodi terminologija prema *Varnes (1984)* i *Fell (1994)* koja je poslužila kao osnova za razvoj svih novijih definicija i metoda (prema *Mihalić, 1996*).

Iako predmet ovog poglavlja nije zoniranje područja istraživanja s obzirom na opasnost ili ugroženost od klizanja, u nastavku se sažeto opisuju metode, ulazni podaci i rezultati analiza za procjenu opasnosti i ugroženosti područja od klizanja.

Procjena podložnosti nekog područja klizanju zasniva se na prostornoj raspodjeli faktora klizanja sa svrhom određivanja zona podložnosti klizanju, a bez procjene vremenske komponente potencijalnog klizanja (*Radbruch, 1970; Dobrovolny, 1971; Brabb i dr., 1972; McCalpin 1984*) . Ovaj pristup je koristan za područja za koja ne postoji dovoljno podataka o vremenu aktiviranja klizišta i s tim povezanim meteorološkim i seizmološkim procesima. Na karti podložnosti klizanju prikazuju se zone za koje je procijenjena relativna stabilnost padina na određenom području, koja se opisuje kvalitativno (stabilno do nestabilno) i/ili kvantitativno. Karte podložnosti klizanju prikazuju gdje se klizišta mogu pojaviti. Prema *Spieker i Gori (2000, 2003a,b*) zone podložnosti klizanju prikazuju se najčešće sljedećim bojama: toplije boje

(crvena, narančasta i žuta boja) za nestabilna i granično nestabilna područja; te hladnije boje (plava, zelena) za stabilna područja. Podložnost klizanju također se razmatra kao izraz relativne opasnosti ili hazarda (*Einstein 1988; Hartlen i Viberg, 1988*), gustoće klizišta po pravilnoj mreži ili vjerojatnosti pojavljivanja klizišta s obzirom na izdvojene ključne faktore (npr. prema nagibu padine i litološkim karakteristikama materijala prema *Evans i King 1998; Evans i dr., 1997*).

Tablica 13 Terminologija prema *Varnes (1984)* i *Fell (1994)*, usporedba prema *Mihalić (1996)*

VARNES (1984)	FELL (1994)
	KLASIFIKACIJA: opis postojećih i potencijalnih klizanja (preuzima klasifikaciju VARNES, 1978).
	MAGNITUDA (M): volumen klizanja (m^3).
	VJEROJATNOST (P): vjerojatnost klizanja unutar promatranog perioda.
PRIRODNI HAZARD (H): vjerojatnost potencijalno štetne prirodne pojave na nekom području u određenom vremenu.	**HAZARD (H)**: opis magnitude i vjerojatnosti klizanja (u širem smislu H=M*P).
RANJIVOST (V): stupanj gubitka pojedinog elementa (čovjek, područje i sl.) ili skupine elemenata izloženih riziku koji će nastati kao posljedica štetene prirodne pojave određene magnitude. Izražava se na ljestvici od 0 (nema oštećenja) do 1 (potpuni gubitak).	**RANJIVOST (V)**: stupanj gubitka pojedinog elementa (čovjek, područje i sl.) ili skupine elemenata na području zahvaćenom klizanjem. Izražava se na ljestvici od 0 (nema oštećenja) do 1 (potpuni gubitak). U slučaju kada je čovjek element izložen riziku ranjivost je vjerojatnost da netko smrtno nastrada zbog klizanja.
SPECIFIČNI RIZIK (R_S): očekivani stupanj gubitka nastao djelovanjem štetne prirodne pojave za koju je definirana vjerojatnost pojavljivanja. Može se izraziti kao H*V.	**SPECIFIČNI RIZIK (R_S)**: vjerojatnost (P) * ranjivost (V) promatranog elementa.
ELEMENTI IZLOŽENI RIZIKU (E): populacija, dobra, ekonomske aktivnosti, uključujući javne službe itd. izloženi riziku na promatranom području.	**ELEMENTI IZLOŽENI RIZIKU (E)**: populacija, dobra, ekonomske aktivnosti, uključujući javne službe itd. koji se nalaze na području utjecaja postojećeg ili potencijalnog klizanja.
UKUPNI RIZIK (R_t): očekivani broj izgubljenih života, ozlijeđenih osoba, šteta na dobrima ili šteta nastalih uslijed prekida ekonomskih aktivnosti, a koje je prouzročila štetna prirodna pojava. Ukupni rizik je stoga produkt specifičnog rizika (R_s) i elemenata izloženih riziku (E). **$R_t=(E)*(R_S)=(E)*(H*V)$**	**UKUPNI RIZIK (R_t)**: očekivani broj izgubljenih života, ozlijeđenih osoba, šteta na dobrima, šteta nastalih uslijed prekida ekonomskih aktivnosti ili šteta u okolišu. Ukupni rizik je produkt specifičnog rizika (R_s) i elemenata izloženih riziku (E) svih klizanja, postojećih i potencijalnih, na istraživanom području. **$R_t=\Sigma(E*R_S)=\Sigma(E*P*V)$**

Opasnost od klizanja ili hazard klizanja je posebna vrsta prirodnog hazarda koji se definira kao vjerojatnost nastanka klizišta unutar određenog vremenskog razdoblja i na određenom području (*Varnes, 1984; Guzzetti, 2006*). Karte hazarda klizanja bi trebale prikazivati zone koje prikazuju vjerojatnost klizanja na određenom području u određenom vremenu, kao što je npr. godišnja vjerojatnost. Idealna karta hazarda klizanja treba prikazivati vjerojatnost klizanja na cijelom području utjecaja klizišta, čime je obuhvaćeno postojeće klizište i potencijalno područje za koje je procijenjeno

da će biti zahvaćeno (npr. veća je vjerojatnost da će klizanjem biti zahvaćeno područje niz padinu, prema *Spieker i Gori 2000, 2003a,b*). Karte hazarda klizanja mogu biti temeljene i na fizičkim modelima (*Terlien i dr., 1995; Terlien, 1996, 1997; Frattini i dr., 2004*), modelima stabilnosti padine (*Borga i dr., 2002*), hidrološkim modelima (*Gritzner i dr., 2001; Lan i dr,. 2004; Xie i dr., 2004*), seizmičkim modelima (*Jibson i dr., 1998; Refice i Capolongo, 2002*), a svi modeli moraju uključivati i vremensku komponenetu.

Karta ugroženosti od klizanja ili karta rizika klizanja prikazuje očekivane gubitke nastale kao posljedica klizanja na zahvaćenom području, iskazane za određeno vremensko razdoblje, te objedinjuje informacije vjerojatnosti iz karata hazarda klizanja s analizama svih mogućih posljedica, izravnih (šteta na imovini, gubitak života) i neizravnih (npr. gubitak radnih mjesta, *Spieker i Gori, 2000*). Ove analize zasnivaju se na analizama elemenata izloženih riziku, njihove ranjivosti i specifičnog rizika, kao i ukupnog rizika (*Morgan i dr, 1992; Fell, 1994*). Elementi koji su izloženi riziku su: ljudi, materijalna dobra i ekonomske aktivnosti na određenom području. Izloženost riziku definira stupnjeve ranjivosti pri pojavi prirodne nepogode, npr. klizišta. Element koji je izložen riziku trebao bi imati drugačije vrijednosti ranjivosti ovisno o određenom tipu prijetnje. Specifični rizik, za element koji je izložen riziku, ovisi o vjerojatnosti pojavljivanja određenog klizišta i ranjivosti tog elementa pod rizikom. Ukupni rizik, za dano klizište, uključuje sve specifične rizike za različite elemente izložene riziku, ovisno o njihovoj prostornoj distribuciji na ugroženom području. Prema *Varnes (1984)* definiciji ranjivosti potrebno je razmatrati četiri faktora ranjivosti: fizički, sociološki, okolišni i ekonomski. Ranjivost svakog od ovih elemenata može varirati između 0% (bez štete) i 100% (totalna šteta). Za što kvalitetniju procjenu potrebno je prikupiti što više podataka o mogućem utjecaju klizišta na potencijalno ugrožene elemente. Iako su općenite definicije prema *Varnes (1984)* korisne za izradu karata rizika klizanja, načine procjene stupnja rizika se preporučuje prilagoditi potrebama određenog projekata. *Fell (1994)* je predložio terminologiju (*prema Morgan i dr., 1992*) za procjenu rizika klizanja na osnovi opisa opasnosti ili moguće štete, te je također uveo i koncept "prihvatljivog rizika" klizanja. *Fell (1994)* nadalje predlaže sljedeće sljedeći način procjene rizika klizanja: (i) prostorna ranjivost predstavlja ranjivost proizašlu iz prostornog smještaja elementa izloženog riziku u odnosu na klizište, (ii) vremenska ranjivost predstavlja vjerojatnost

pojave klizišta u određenom vremenskom razdoblju, uzimajući u obzir vremenske promjene elementa izloženog riziku (npr., ovisno o vremenu događaja u kući se mogu nalaziti i njezini stanovnici) i (ii) ranjivost života predstavlja vjerojatnost gubitka života pojedine osobe u pogođenom elementu ili omjer vrijednosti pogođenog elementa (elementa koji je izgubljen). Zbroj prostorne ranjivosti, vremenske ranjivosti i ranjivosti života predstavlja ukupnu ranjivost.

Prema *Guzzetti (2006)* na temelju podataka iz inventara klizišta moguće je izraditi karte gustoće klizišta na dva osnovna načina: (i) računanjem gustoće klizišta po pravilnoj mreži jedinica (npr. kvadratna mreža ili pikesli određene rezolucije, *engl. grid cells*); i (ii) računanjem gustoće po kartografskim jedinicama dobivenim na temelju morfologije područja, kao što su npr. slivovi krupnog mjerila (*eng. slope units*). S obzirom da su karte gustoće klizišta samo gruba i vrlo nepouzdana indikacija prostorne distribucije opasnosti od klizanja ukoliko se rade po pravilnoj mreži ćelija, a za potrebe ovoga rada nisu izrađivane kartografske jedinice na temelju homogenih dijelova slivova, u ovom radu procijenjena je opasnost pojedinačnih klizišta primjenom izravnih opažanja svakog pojedinog interpretiranog klizišta, te subjektivnom ocjenom uvjeta u kojima su klizišta nastala, dok je kvantifikacija vrijednosti provedena pomoću AHP metode. U tu svrhu korišteni su kriteriji pouzdanosti identifikacije klizišta sa stereomodela iz 1964. i 1998., kao i kriteriji procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta određene pomoću AHP metode. Specifičnim kombinacijama ocjena ove dvije grupe kriterija za svaki stereomodel zasebno, dobivena je relativna opasnost svakog pojedinog klizišta sadržanog u inventaru.

4.2.1 Općenito o procjeni relativne opasnosti od klizišta u Podsljemenskoj zoni

Na području istraživanja u Podsljemenskoj zoni identificirano je 963 klizišta na temelju stereomodela iz 1964. godine i 1229 klizišta na temelju stereomodela iz 1998. godine. Ova klizišta međusobno se razlikuju s obzirom na njihove stvarne karakteristike, pod čime se podrazumijeva veličina klizišta (površina, dubina klizne plohe i volumen) kao i stanje, stil i distribucija aktivnosti klizišta. S obzirom na ograničene mogućnosti identifikacije klizišta sa stereomodela, te nepouzdanosti interpretacije granica klizišta, kao i interpretacije samo nekih od navedenih stvarnih karakteristika, kod procjene relativne opasnosti od klizišta također treba uzeti u obzir i njegove procijenjene karakteristike koje uključuju pouzdanost identifikacije i mogućnost daljnjeg razvoja.

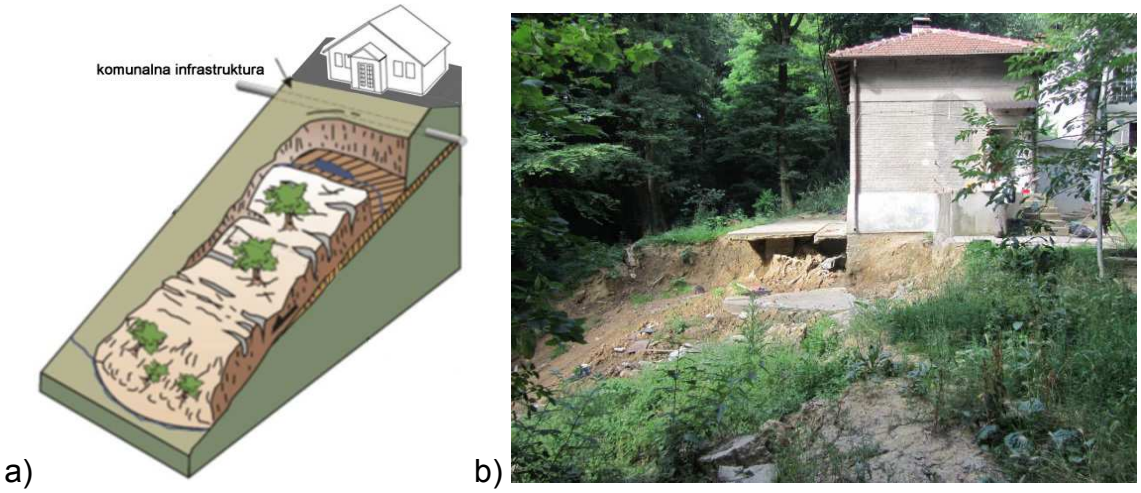
Na potencijalnu opasnost, iskazanu kao relativnu opasnost od pojedinog klizišta, koja podrazumijeva vjerojatnost njegova reaktiviranja, utječe prvenstveno stanje aktivnosti klizišta, te su potencijalno najopasnija sljedeća stanja aktivnosti (idući od više prema nižoj razini opasnosti): aktivna, trenutačno neaktivna, i reaktivirana klizišta. Neaktivna klizišta također se odlikuju određenom razinom opasnosti, zbog toga što stanje njihove stabilnosti može biti narušeno nepovoljnim djelovanjem prirodnih ili antropogenih uvjeta. Za određivanje stila aktivnosti klizišta nužno je usporediti podatke o istom klizištu iz različitih razdoblja, kako bi se utvrdilo mijenja li se tijekom njegovog reaktiviranja površina i volumen kliznog tijela, odnosno položaj klizišta u prostoru. Potencijalno su opasna klizišta s velikom glavnom pukotinom i/ili bočnim pukotinama, s denivelacijom metarskog reda veličine, zbog toga što su ovi dijelovi klizišta najčešće nestabilni i predstavljaju mjesta potencijalnog sloma.

Potencijalna opasnost od klizišta najvećim dijelom ovisi o prirodnim i antropogenim uzrocima klizišta. Od prirodnih uzorka klizišta u Podsljemenskoj zoni sa stereomodela identificiran je nagib padine i erozija nožice klizišta površinskim tokovima. Općenito se može reći da je na strmije nagnutim padinama veća potencijalna opasnost od reaktiviranja klizišta, od potencijalne opasnosti od klizišta koja se nalaze na blagim padinama. Povećani nagibi padina također su prisutni unutar zona glavne pukotine i bočnih pukotina na kojima je došlo do formiranja lokalnih strmih odsječaka. Ovo se prvenstveno odnosi na velika klizišta kod kojih su

nakon klizanja formirani strmi odsječci metarskih dimenzija. Erozija nožice klizišta će kod velikih klizišta doprinijeti reaktiviranju pokrenute mase klizišta, a kod malih klizišta može prouzročiti njihovo povećanje. S obzirom na to da je Podsljemenska zona urbanizirano područje, te da je urbanizacija osobito velika u razdoblju nakon 60-tih godina prošlog stoljeća, ona se može smatrati jednim od glavnih uzroka reaktiviranja klizišta. Najčešće posljedice urbanizacije koje doprinose reaktiviranju klizišta su: uklanjanje šumskog pokrova, nekontrolirana odvodnja površinskih voda i nekontrolirana odvodnja oborinskih voda. Rjeđi su primjeri klizišta koja su prouzročena opterećenjem u gornjem dijelu ili iznad klizišta (npr. nasipavanjem) ili zasijecanjem nožičnog dijela padine.

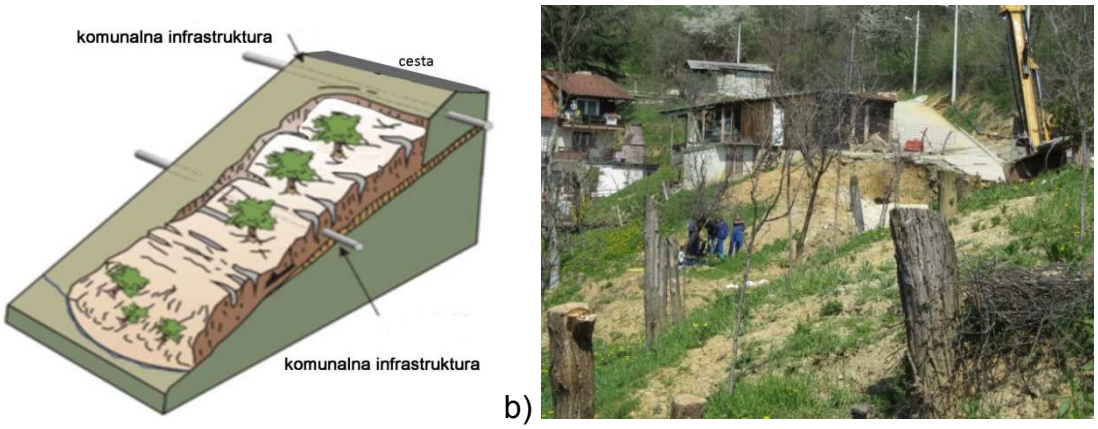
U odnosu na prirodne i antropogene uzroke klizanja u Podsljemenskoj zoni, razlikuju se tri slučaja koji predstavljaju najveću razinu relativne opasnosti od klizišta uslijed njegovog potencijalnog reaktiviranja: (i) građevine i/ili prometnica iznad klizišta na strmoj padini; (ii) građevine i/ili prometnica iznad klizišta na srednje nagnutoj padini; i (iii) erozija nožice klizišta površinskim tokom.

Ukoliko se stambene građevine i komunalna infrastruktura nalaze neposredno iznad klizišta na strmoj padini ili iznad strme glavne pukotine, metarskog reda veličine, postoji povećana vjerojatnost slijevanja površinskih voda u tijelo klizišta, a u nekim slučajevima i istjecanje voda iz vodovodne i kanalizacijske mreže. Karakterističan primjer prikazan je na slici 46a. Primjer klizišta koje je reaktivirano zbog nereguliranog otjecanja površinskih voda i istjecanja iz komunalne infrastrukture je klizište u ulici Grmoščica desna bb, prikazano na slici 46b (stereogram dan u poglavlju 5.1.2, primjer 2). Nagib padine prije reaktiviranja klizišta u proljeće 2013. godine iznosio je približno 30°, što je u klasifikaciji uvjeta opisanoj u prethodnom poglavlju svrstano u klasu „strmog nagiba“. Relativno malo klizište je aktivirano na bočnom dijelu starijeg umirenog velikog klizišta. Na mjestu reaktivacije klizišta je i padina strmija, nego na umirenom dijelu klizišta. Klizanje je oštetilo kuću na vrhu padine, a stanari su iseljeni. Kuća se nalazi u bivšem proizvodnom kompleksu koji nije više u svojoj primarnoj funkciji. Pretpostavlja se da odvodnja površinskih voda nije funkcionirala, a postoji mogućnost i procurivanja iz komunalne infrastukture. U neposrednoj okolici oštećenog objekta, nalaze se i drugi objekti u krugu kompleksa na kojima se primjećuju pukotine izazvane retrogresivnim proširenjem starog klizišta, identificiranog na steremodelima iz 1964. i 1998. godine.



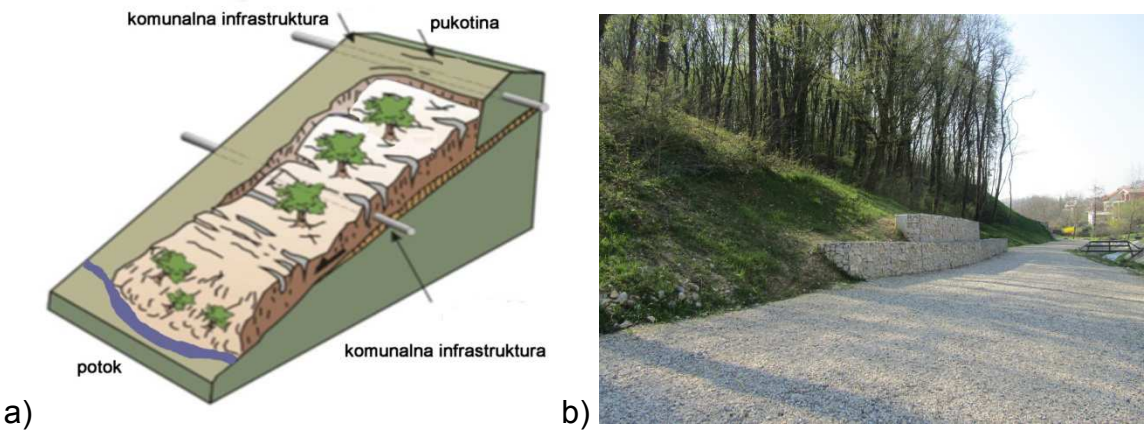
Slika 46 Ilustracija nepovoljnog utjecaja građevina smještenih iznad klizišta na reaktiviranje klizišta: a) shematski prikaz klizišta na padini strmog nagiba s komunalnom insfrastrukturom iznad kojeg se nalazi kuća; b) klizište u ulici Grmoščica desna bb koje ugrožava kuću na vrhu padine, a reaktivirano je u proljeće 2013. godine na strmoj padini uslijed velike količine oborina i nepravilne odvodnje površinskih voda

Ukoliko se stambene građevine i komunalna infrastruktura nalaze neposredno iznad klizišta na padini srednjeg nagiba, neovisno o veličini glavne pukotine, postoji povećana vjerojatnost slijevanja površinskih voda u tijelo klizišta s prometnica, a u nekim slučajevima i istjecanje voda iz vodovodne i kanalizacijske mreže. Slična razina opasnosti je i u slučaju kada su građevine smještene unutar kliznog tijela. Karakterističan primjer prikazan je na slici 47a. Primjer klizišta koje je reaktivirano zbog otjecanja površinskih voda s prometnice je klizište u Kvaternikovoj ulici kod k.br. 49, prikazano na slici 47b (stereogram dan u poglavlju 5.1.2, primjer 1). Nagib padine prije reaktiviranja klizišta u proljeće 2013. godine iznosio je približno 20°, što je u klasifikaciji uvjeta opisanoj u prethodnom poglavlju svrstano u klasu „srednjeg nagiba“. Nakon intenzivnih padalina u proljeće 2013. godine na padini ispod prometnice je reaktivirano klizište, čija glavna pukotina se nalazila neposredno uz cestu, a mjestimice je zahvatila i cestu.

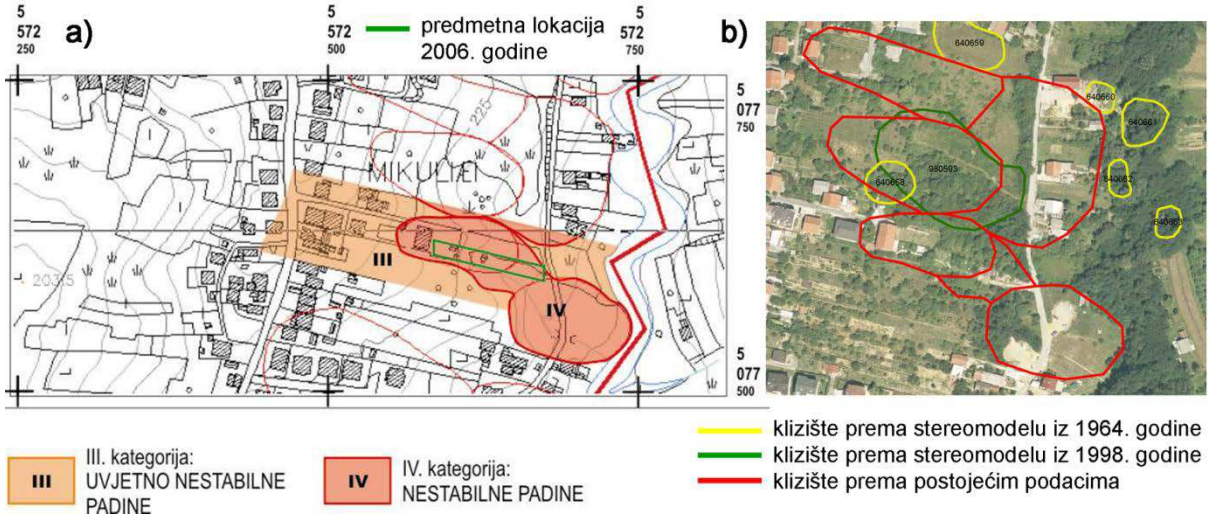


Slika 47 Ilustracija nepovoljnog utjecaja prometnica smještenih iznad klizišta na reaktiviranje klizišta: a) shematski prikaz klizišta na padini srednjeg nagiba s komunalnom insfrastrukturom iznad kojeg se nalazi prometnica; b) klizište u Kvaternikovoj ulici kod k.br. 49 reaktivirano u proljeće, 2013. godine na padini srednjeg nagiba uslijed nepravilne odvodnje površinskih voda s prometnice

Ukoliko se neuređeni površinski vodotok nalazi neposredno ispod klizišta na padini strmog, srednjeg ili čak i blagog nagiba, postoji povećana vjerojatnost erozije nožice klizišta. Karakterističan primjer prikazan je na slici 48a. Primjer klizišta na strmoj padini koje je reaktivirano zbog erozije nožice potoka je klizište na istočnoj padini kraj Velikog potoka (stereogram dan u poglavlju 3.1.1). Primjer klizišta na padini srednjeg nagiba koje je reaktivirano zbog erozije nožice potoka je klizište uz potok Jelenovac (stereogram dan u poglavlju 5.5.2, primjer 3). Primjer klizišta na padini blagog nagiba koje je reaktivirano zbog erozije nožice potoka je klizište na zapadnoj padini uz Veliki potok u Vaupotićevoj ulici kod k.br 25 (prikazano na slici 49b), označeno kao klizište broj 640658 prema stereomodelu iz 1964. godine odnosno klizište broj 980593 prema stereomodelu iz 1998. godine. Na steremodelu iz 1964. godine je klizište manje površine nego na stereomodelu iz 1998. godine. Na blagoj padini između Vaupotićeve ulice i Velikog potoka je registrirano niz klizišta (prikazano na slici 49a) od kojih je jedno sanirano 1994. godine (*Mihalić, 2003*) i 2008. godine (*Hršak, 2008*). Na ovoj dionici vodotoka Velikog potoka je 2009. godine uređena obala i korito potoka, zbog prevencije erozije dna padina i u svrhu smanjivanja opasnosti od klizanja na objema padinama uz potok. Ovim mjerama (prikazano na slici 48b) je spriječena mogućnost reaktivacije klizišta do kojih je dolazilo i na blago položenim padinama.



Slika 48 Ilustracija nepovoljnog utjecaja vodotoka smještenog ispod nožice klizišta s obzirom na reaktiviranje klizišta: a) shematski prikaz klizišta na padini srednjeg nagiba ispod kojeg se nalazi vodotok; b) uređena obala i korito Velikog potoka radi sanacije i prevencije erozije i klizanja na objema padinama uz potok



Slika 49 Ilustracija više generacija klizišta na blagoj padini u Vaupotićevoj ulici: a) istraživanja i granice klizišta iz 2006. godine (*Mihalić, 2003*), u podlozi HOK; b) identificirana klizišta na stereomodelima iz 1964. i 1998. godine u odnosu na postojeće podatke, u podlozi ortofoto iz 2007. godine

4.2.2 Kriteriji procjene relativne opasnosti od klizišta primjenom AHP metode

Pod pojmom relativne opasnosti od klizišta, ovdje se podrazumijeva relativna vjerojatnost reaktiviranja klizišta identificiranih na stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Za oba seta povijesnih avionskih snimaka definirati su isti kriteriji za procjenu relativne opasnosti, a koji obuhvaćaju: (i) pouzdanost identificiranih klizišta; i (ii) mogućnost daljnjeg razvoja klizišta. Relativna opasnost od klizišta izravno ovisi o mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta. Međutim, nju je potrebno korigirati ovisno o tome s kojom pouzdanošću su identificirana klizišta. Za procjenu relativne opasnosti od klizišta korištena je AHP metoda, koja se sastojala od koraka definiranih u *Miyagi i dr. (2004)* i *Saaty (2008)*, te prilagođenih potrebama ovog istraživanja na sljedeći način:

1. Definicija problema: Procjena relativne opasnosti od klizišta.
2. Utvrđivanje hijerarhije odluke (od vrha prema dolje): određivanje glavnog kriterija (I), s podkriterijima (P i R) i setovima alternativa (p1-p5 i r1-r5) koji su navedeni u tablici 14. Kriterij I je „Procjena relativne opasnosti od klizišta“ i sadrži dva podkriterija „P – pouzdanost identificarnih klizišta“ i „R – mogućnost daljnjeg razvoja klizišta“. U ovom koraku procijenjeno je da je dovoljan jedan glavni kriterij (I=100).
3. Konstrukcija matrice usporedbe parova podkriterija P i R u kojoj su definirani omjeri svih kombinacija podkriterija, na temelju čega su izračunati njihovi težinski faktori i bodovi. Omjeri svih kombinacija podkriterija procijenjeni su na način da su podkriteriji P i R jednako važni, što izraženo u bodovima iznosi: P=R=50 bodova. Matrica usporedbe parova podkriterija P i R s težinskim faktorima i bodovima prikazana je na slici 50.
4. Konstrukcija niza matrica usporedbe parova na nižoj razini, odnosno za svaki set alternativa p1-p5 i r1-r5 zasebno, u kojima su definirani omjeri svih kombinacija pojedinih setova alternativa, na temelju čega su izračunati njihovi težinski faktori. Bodovi svake pojedine alternative izračunati su iz njihovih težinskih faktora i bodova odgovarajućeg podkriterija. Matrice usporedbe parova svih setova alternativa s težinskim faktorima i bodovima prikazane su na slici 50, a u tablici 14 sažeto su prikazani svi kriteriji, podkriteriji i alternative s pripadajućim bodovima.

Tablica 14 AHP kriteriji procjene relativne opasnosti od klizišta na području istraživanja u Podsljemenskoj zoni za stereomodele iz 1964. i 1998. godine

Kriterij I	**Procjena relativne opasnosti od klizišta**				Kriterij I
Podkriterij P	Tablica A		Tablica D		Podkriterij R
Set alternativa	Pouzdanost identificiranih klizišta	Broj bodova	Mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	Broj bodova	Set alternativa
p1	*vrlo nepouzdano određeno klizište*	5	*vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta*	6	r1
p2	*nepouzdano određeno klizište*	11	*mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta*	15	r2
p3	*slabo pouzdano određeno klizište*	22	*srednja mogućnost daljnjeg razvoja klizišta*	28	r3
p4	*pouzdano određeno klizište*	43	*velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta*	38	r4
p5	*vrlo pouzdano određeno klizište*	50	*vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta*	50	r5

< AHP za stereo parove >

Procjena relativne opasnosti od klizišta

<1-1> Kriterij I=100

<2-1> Podkriteriji P i R

	P	R
P	1	1
R	1	1

	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
	1,000	0,500	50,0	50,0	50
	1,000	0,500	50,0	50,0	50
Suma	2,000	1,000	100,0		

<3-1> Set alternativa p1, p2, p3, p4 i p5

	p5	p4	p3	p2	p1
p5	1	1 1/4	2	5	9
p4	4/5	1	2	4	8
p3	1/2	1/2	1	2	4
p2	1/5	1/4	1/2	1	2
p1	1/9	1/8	1/4	1/2	1

	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
	2,572	0,398	39,8	50,0	50
	2,197	0,340	34,0	42,7	43
	1,149	0,178	17,8	22,3	22
	0,549	0,085	8,5	10,7	11
	0,280	0,043	4,3	5,4	5
Suma	6,467	1,000	100,0		

<3-2> Set alternativa r1, r2, r3, r4 i r5

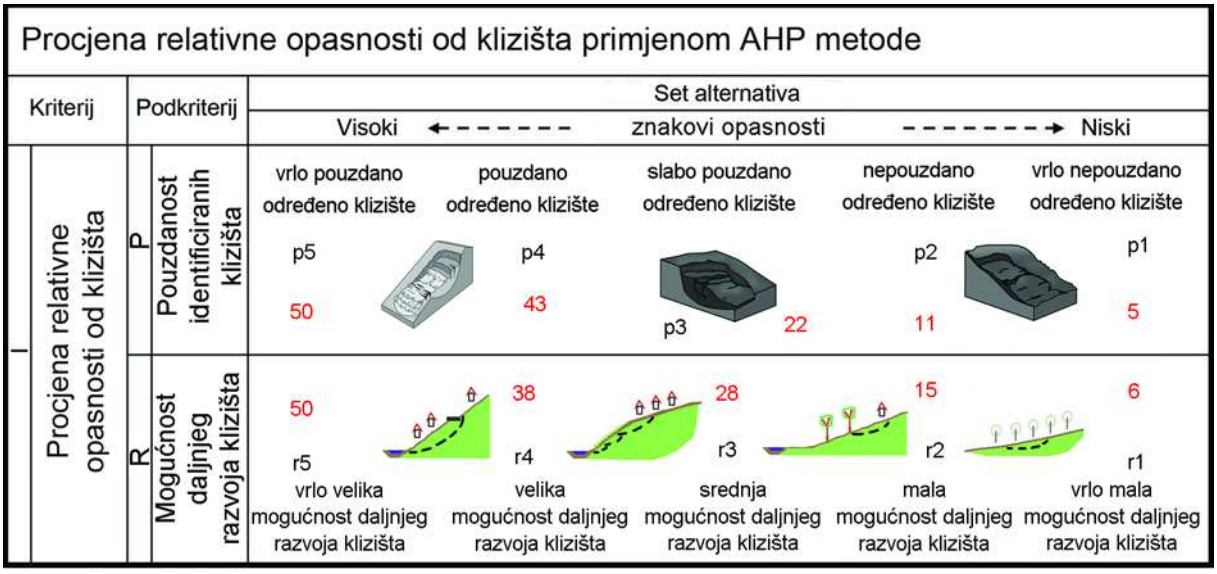
	r5	r4	r3	r2	r1
r5	1	1 1/4	1 4/5	3	9
r4	4/5	1	1 1/4	2	8
r3	5/9	4/5	1	2	4
r2	1/3	1/2	1/2	1	2
r1	1/9	1/8	1/6	1/2	1

	Geometrijska sredina	Težinski faktor	Postotak (%)	Bodovi	Korigirani bodovi
	2,274	0,379	37,9	50,0	50
	1,741	0,290	29,0	38,3	38
	1,286	0,214	21,4	28,3	28
	0,697	0,116	11,6	15,3	15
	0,258	0,043	4,3	5,7	6
Suma	5,998	1,000	100,0		

Slika 50 Matrica usporedbe parova, težinski faktori i bodovi korišteni kod procjene relativne opasnosti od klizišta za stereomodele iz 1964. i 1998. godine

Podkriterji P i R kriterija „Procjena relativne opasnosti od klizišta“ su temeljeni na klasama pouzdanosti identificiranih klizišta i na klasama mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta koji su detaljno opisani u poglavljima 3.1.3 i 3.1.4, a shematski su prikazani na slikama 29 i 38. Klase pouzdanosti identificiranih klizišta su određene na temelju izraženosti klizišta na fotografijama i pokrovu zemljišta, a uključivale su vrednovanje izraženosti značajki klizišta u tijelu klizišta, vrednovanje izraženosti granice klizišta i vrednovanje tipa pokrova korištenjem AHP metode. Klase mogućnosti daljnjeg

razvoja klizišta su određene na temelju značajki okoliša u kojem se klizište nalazi i pokrovu zemljišta, a uključivale su vrednovanje nagiba padine, vrednovanje značajki u nožici klizišta i vrednovanje tipa pokrova, korištenjem AHP metode, ali različito nego kod određivanja pouzdanosti identifikacije klizišta. Težinski faktori i bodovi alternativa podkriterija P i R razlikuju se u ovoj analizi u odnosu na prethodno provedene analize, a definirani su kao što je prikazano na slici 50. Radi boljeg uvida u ocjene korištene za procjenu relativne opasnosti klizanja, na slici 51 prikazan je predložak s ilustriranim prikazima podkriterija P i R i njihovih korigiranih bodova za svaku identificiranu alternativu.



Slika 51 Kriteriji i bodovi procjene relativne opasnosti od klizišta za stereomodele iz 1964. i 1998. godine određeni AHP metodom

Za potrebe kvalitativnog opisa procjene relativne opasnosti od klizišta bilo je nužno definirati kriterije klasifikacije ukupnih bodova dobivenih AHP metodom, a čija maksimalna vrijednost iznosi 100 bodova. U tu svrhu subjektivno je odabrano sljedećih četiri klase procjene relativne opasnosti od klizišta koje najbolje opisuju opasnost klizanja na stereomodelima iz 1964. i 1998. godine: (i) vrlo mala relativna opasnost od klizišta; (ii) mala relativna opasnost od klizišta; (iii) srednja relativna opasnost od klizišta; i (iv) velika relativna opasnost od klizišta. Granične vrijednosti navedenih klasa određene su na temelju mogućih kombinacija alternativa, a u tablici 15 prikazane su sve moguće kombinacije alternativa za procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta s pripadajućim ukupnim bodovima, što je poslužilo za određivanje graničnih vrijednosti ovih klasa.

Tablica 15 Moguće kombinacije alternativa kod određivanja relativne opasnosti od klizišta identificiranih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine na temelju pokriterija P-pouzdanost identificiranih klizišta i pokriterija R-mogućnost daljnjeg razvoja klizišta

Kombinacija	Alternative		Bodovi		Suma	Relativna opasnost od klizišta
1	p1	r1	5	6	11	vrlo mala
2	p2	r1	11	6	17	
3	p1	r2	5	15	20	
4	p2	r2	11	15	26	mala
5	p3	r1	22	6	28	
6	p1	r3	5	28	33	
7	p3	r2	22	15	37	
8	p2	r3	11	28	39	
9	p1	r4	5	38	43	
10	p4	r1	43	6	49	
11	p2	r4	11	38	49	
12	p3	r3	22	28	50	
13	p1	r5	5	50	55	srednja
14	p5	r1	50	6	56	
15	p4	r2	43	15	58	
16	p3	r4	22	38	60	
17	p2	r5	11	50	61	
18	p5	r2	50	15	65	
19	p4	r3	43	28	71	
20	p3	r5	22	50	72	
21	p5	r3	50	28	78	velika
22	p4	r4	43	38	81	
23	p5	r4	50	38	88	
24	p4	r5	43	50	93	
25	p5	r5	50	50	100	

U slučajevima kada je klizište određeno vrlo pouzdano ili pouzdano (alternative p4 i p5), te kada je mogućnost daljnjeg razvoja klizišta vrlo velika ili velika (alternative r4 i r5) relativna opasnost od klizišta je velika, što obuhvaća četiri moguće kombinacije razmatranih alternativa. Također je relativna opasnost od klizišta velika ako je klizište vrlo pouzdano određeno (alternativa p5), a mogućnost daljnjeg razvoja je srednja (alternativa r3), što obuhvaća jednu moguću kombinaciju razmatranih alternativa. Iz navedenog proizlazi da je relativna opasnost od klizišta velika samo za pet mogućih kombinacija razmatranih alternativa. U slučaju kada je klizište određeno vrlo nepouzdano ili nepouzdano (alternative p1 i p2), te kada je mogućnost daljnjeg razvoja vrlo mala ili mala (alternative r1 i r2) relativna opasnost od klizišta je vrlo mala, što obuhvaća tri moguće kombinacije razmatranih alternativa. S obzirom da je

broj kombinacija alternativa za srednju i malu relativnu opasnost od klizišta velik, ovdje se navode samo neki od primjera, koji su karakteristični za istraživano područje:

- Srednja relativna opasnost je određena za klizište (kombinacija alternativa pod rednim brojem 16 u tablici 15 koja glasi p3+r4=22+38=60) čija je identifikacija slabo pouzdana, ali je procijenjena velika mogućnost njegovog daljnjeg razvoja.
- Mala relativna opasnost je određena za klizište (kombinacija alternativa pod rednim brojem 8 u tablici 15 koja glasi p2+r3=11+28=39) čija je identifikacija nepouzdana, te je procijenjena srednja mogućnost njegovog daljnjeg razvoja.

S obzirom na korišteni kriterij definiran podkriterijima i setovima alternativa, te izračunate bodovne vrijednosti pomoću AHP metode, moguće je dobiti samo određeni broj kombinacija tj. vrijednosti bodova, ali je kontinuirani prikaz bodovnih raspona praktičan jer se također može iskazati i u postotnim udjelima (npr. relativno su vrlo malo opasna klizišta čija je relativna opasnost između 0% i 25%). Zbog toga su klase relativne opasnosti od klizišta u ovom radu definirane na sljedeći način:

- vrlo mala relativna opasnost od klizišta: 0-25 bodova,
- mala relativna opasnost od klizišta: 26-50 bodova,
- srednja relativna opasnost od klizišta: 51-75 bodova i
- velika relativna opasnost od klizišta: 76-100 bodova.

Primjeri za procijenjenu vrlo malu relativnu opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su klizišta: 640114, 640115, (Slika 31); 640277 (Slika 32); 640008, 640476, (Slika 39); 640271, 640277, (Slika 41). Primjeri za procijenjenu malu relativnu opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su klizišta: 640027, (Slika 30); 640312, 640313, 640116, (Slika 31); 640001, 640003, 640577, 640474, 640475, (Slika 39); 640879, 640519, 640128, 640420, 640462, (Slika 40); 640273, 640232, 640233, 640652, 640653, 640654, (Slika 41). Primjeri za procijenjenu srednju relativnu opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su klizišta: 640222, 640223, 640556, (Slika 30); 640117, (Slika 31); 640329, (Slika 32); 640007, 640576, 640583, 640584, (Slika 39); 640515, 640900, 640902, (Slika 40); 640651, (Slika 41). Primjeri za procijenjenu veliku relativnu opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su klizišta: 640629, 640630, 640224,

(Slika 30); 640713, 640714, 640715, 640716, 640717, 640718, 640719, (Slika 31); 640036, 640037, 640038, 640039, 640040, 640041, 640042, 640043, 640044, 640045, 640051, 640052, 640332, 640333, 640334, (Slika 32); 640002, 640004, 640009, 640010, (Slika 39); 640880, 640881, 640901, (Slika 40); 640230, 640231, 640234, 640655, 640779, 640780 (Slika 41). Primjeri su poredani prema redoslijedu na slikama.

Primjeri za procijenjenu vrlo malu relativnu opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su klizišta: 980109, 980112, 980113, 980114, 980115, 980117, (Slika 33); 980498, 980499, 980500, 980501, 980502, (Slika 43); 980480, 980484, (Slika 44). Primjeri za procijenjenu malu relativnu opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su klizišta: 041, (Slika 33); 981071, 980375, 980376, 980377, 980592, 980593, 980608, 980609, 980612, (Slika 34); 980476, 980487, 980488, 980519, 980015, (Slika 35); 980001, 980002, 980003, 980004, 980005, 980006, 980007, 980008, 980009, 980010, 980011, 980012, 980013, 980014, 980016, 980198, 980199, 980200, 980204, 981094, 981145, 981148, 981150, (Slika 42); 980989, 980990, 980993, 980996, 981093, 981094, 981145, (Slika 43); 980158, 980162, 981233, 981234, 980559, 980560, 980561, 980564, 980565, (Slika 44). Primjeri za procijenjenu srednju relativnu opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su klizišta: 980659, 980034, 980038, 980039, 980040, 980108, 980110, (Slika 33); 980981072, 980981073, 980361, 980362, 980363, 980378, 980604, (Slika 34); 980485, 980692, 980695, 980696, 980697, 980698, (Slika 35); 980017, 980197, 980844, 980846, (Slika 42); 980576, 980577, 980578, 980579, 980580, 980992, 980995, 980840, 981092, (Slika 43); 980471, 980472, 980473, 981232, 980656, 980765 (Slika 44). Primjeri za procijenjenu veliku relativnu opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su klizišta: 980657, 980658, 980660, 980680, 980684, 980685, 980035, 980036, 980037, (Slika 33); 981074, 981075, 981076, (Slika 34); 980588, 980589, 980590, 980591, 980689, 980690, 980691, (Slika 35); 981149, 981151, 981152, 981153, (Slika 42); 980991, 980994, 980997, (Slika 43); 980470, 981231, 980563, 980764, (Slika 44). Primjeri su poredani prema redoslijedu na slikama.

5 REZULTATI ANALIZE STEREOMODELA I PRIMJENE AHP METODE

Uvijek sam vjerovao,

ako ste uložili trud,

rezultati će doći.

Michael Jordan

(1963.-)

5.1 Karte inventara klizišta prema stereomodelima

Karte inventara klizišta načinjene su stereoskopskom analizom stereomodela iz 1964. i 1998. godine, prema metodi opisanoj u poglavlju 3. Za svako klizište identificirano na stereomodelima iz navedena dva razdoblja procijenjena je pouzdanost identifikacije i mogućnost daljnjeg razvoja klizišta. Za identifikaciju klizišta korišten je zrcalni stereoskop (Topcon Model 3), zbog čega su klizišta crtana na analognim fotografijama, te su naknadno digitalizirana i pohranjena u bazu podataka načinjenu u kartografskoj bazi podataka u ArcGIS 9.3 softveru. Uz grafički prikaz klizišta u bazi podataka pohranjeni su i opisni podaci, koji su neophodni za analize inventara klizišta, kao i za druge prostorne analize podataka dobivenih procjenama na temelju AHP metode (detaljno opisano u poglavljima 3.1.3 i 3.1.4).

Baze podataka za inventare klizišta iz 1964. i 1998. godine su istog sadržaja i strukture, sa sljedećim opisnim podacima o svakom identificiranom klizištu: (i) identifikacijski broj klizišta; (ii) prostorni smještaj klizišta; (iii) stratigrafska pripadnost i vrsta naslaga na području klizišta; (iv) dimenzijama klizišta na površini terena; (v) značajkama klizišta s pridruženim bodovnim vrijednostima prema AHP metodi; (vi) klasifikacija klizišta s obzirom na pouzdanost identifikacije; (vii) klasifikacija klizišta s obzirom na mogućnost daljnjeg razvoja klizišta; (viii) klasifikacija klizišta s obzirom na procijenjenu relativnu opasnost; i (ix) napomena.

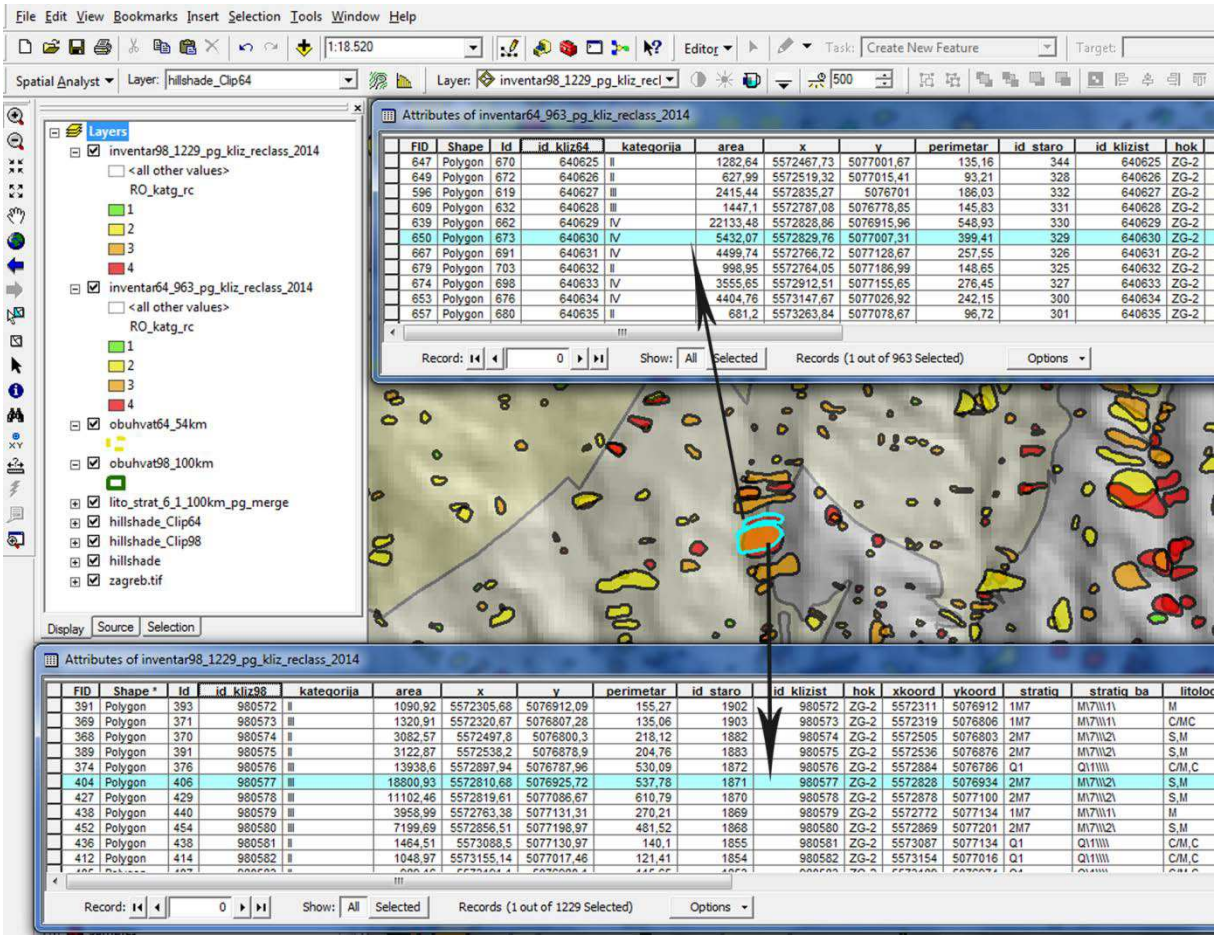
Podaci o prostornom smještaju klizišta sadrže podatke (naziv i broj lista) o listu Hrvatske osnovne karte (HOK) mjerila 1:5.000 na kojemu se nalazi klizište, te geografske koordinate (x,y) u UTM (*eng. Universal Transverse Mercator*) koordinatnom sustavu jedne točke unutar tijela klizišta. Podaci o stratigrafskoj pripadnosti i vrsti stijena tj. naslaga unutar granice klizišta su preuzeti s: Osnovne geološke karte (OGK) mjerila 1:100.000 s lista Zagreb (*Šikić i dr. 1972*) i lista Ivanić Grad (*Basch, 1976*); Osnovne inženjerskogeološke karte (OIGK) mjerila 1:100.00 s lista Zagreb (*Miklin i Šikić, 1997*) i lista Ivanić Grad (*Miklin, u pripremi*); Detaljne inženjerskogeološke karte (DIGK) mjerila 1.5.000 s listova Zagreb (brojevi: 5, 6, 13, 14, 15, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 31, 32, 33, 34, 35, 36) i listova Samobor (brojevi: 29, 30, 39 i 40), prema *Miklin i dr., (2007)*, te Geološke karte (GK-DIGK) mjerila 1:25.000 (*Miklin i dr., 2007*). Podaci o dimenzijama klizišta na površini terena su

sljedeći: površina klizišta (izraženo u hektarima i metrima kvadratnim), duljina i širina klizišta (izraženo u metrima), te visinska razlika između vrha i dna klizišta (izraženo u metrima). Podaci o značajkama klizišta sadrže podatke dobivene primjenom AHP metode, odnosno odabrane alternative za procjenu pouzdanosti identificiranih klizišta, procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjenu relativne opasnosti od klizišta, kao i bodovne vrijednosti za pojedine odabrane alternative (detaljno opisano u poglavljima 4.1.3, 4.1.4 i 4.2.2).

Za procjenu pouzdanosti identificiranih klizišta su bila korištena dva kriterija. Kriterij koji opisuje izraženost klizišta na fotografiji sadrži dva podkriterija kojima se opisuje izraženost značajki klizišta u tijelu klizišta i izraženost granice klizišta. Kriterij koji opisuje pokrov zemljišta sadrži samo jedan podkriterij i to za opis tipa pokrova. Svaki od navedenih podkriterija sadrži setove alternativa s bodovima određenim prema AHP metodi.

Za procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta su bila korištena dva kriterija. Kriterij koji opisuje značajke okoliša u kojem se nalazi klizište sadrži dva podkriterija i to za opis nagiba padine i za opis značajki u nožici klizišta. Kriterij koji opisuje pokrov zemljišta sadrži jedan podkriterij za opis tipa pokrova. Svaki od navedenih podkriterija sadrži setove alternativa s bodovima određenim prema AHP metodi, ali su bodovne vrijednosti različite od bodova za određivanje pouzdanosti identificiranih klizišta, zbog toga što je kod procjene pouzdanosti identifikacije klizišta važnija izraženost značajki klizišta na stereomodelu, a kod procjene mogućnosti daljnjeg razvoja važnije su topografske karakteristike lokacije.

U bazi podataka je također dan zbroj bodova alternativa određenih AHP metodom i prema tomu pripadajuća klasifikacija klizišta (detaljnije opisano u poglavljima 4.1.3, 4.1.4 i 4.2.2). Baza podataka o klizištima je organizirana tako da može poslužiti i kao inventar za identificiranih klizišta. Prema potrebi je moguće i modificirati procijenjene značajke klizišta, a sve promjene se lako prate i ažuriraju jer je svakom klizištu u bazi podataka pridružen njegov jedinstveni identifikacijski broj (ID). Podaci o identificiranim klizištima, organizirani u GIS bazu podataka, omogućavaju i lako rukovanje, analizu i ažuriranje podataka, te brzo i jednostavno kreiranje obrasca za svako pojedino identificirano klizište. Na slici 52 prikazan je primjer organizacije podataka u ArcGIS 9.3 softveru za potrebe ovog rada.



Slika 52 Prikaz organizacije podataka u bazi podataka inventara klizišta iz 1964. i 1998. godine, izrađenoj u ArcGIS 9.3 softveru, s prikazom dijela opisnih podataka za identificirana klizišta iz inventara prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine

U nastavku ovog poglavlja prikazana je analiza podataka o identificiranim klizištima iz baze podataka provedena na temelju stereomodela iz 1964. i 1998. godine. Provedene su dvije vrste analiza podataka inventara klizišta: (i) analize učestalosti i raspodjele površina klizišta u inventaru; (ii) analize učestalosti klizišta u stratigrafskim jedinicama. Uz normalni prikaz učestalosti, korišten je i logaritamski prikaz koji je prema *Guzzettiju (2006)* osnova za određivanje raspodjele površina klizišta zastupljenih u nekom inventaru. *Guzzetti (2006)* preporučuje prikaz raspodjele površina klizišta pomoću učestalosti gustoća površina (*eng. frequency density*) i pomoću vjerojatnosti gustoća površina (*eng. probability density*). Raspodjela površina klizišta se prikazuje kao učestalost razreda površina čije granične vrijednosti su određene temeljem logaritamske podjele (*eng. bin*) i njihovom normalizacijom. Normalizacija broja klizišta u određenom razredu površine klizišta provodi se pomoću vrijednosti raspona razreda, te se na taj način dobiva vrijednost učestalosti gustoće površina (*eng. frequency density*). Daljnjom normalizacijom

učestalosti gustoće pomoću ukupnog broja klizišta u inventaru dobiva se vrijednost vjerojatnosti gustoće površina (*eng. probability density*)

Analiza učestalosti klizišta u stratigrafskim jedinicama provedena je zbog pretpostavke da vrsta inženjerskog tla i stijene utječe na nastanak klizišta, što se odražava različitim učestalostima (ili gustoćama) klizišta u stratigrafskim jedinicama. Gustoća se može izraziti na dva načina: kao udio površine klizišta ili kao broj klizišta unutar neke zone (ili klase faktora). Uz pojam učestalosti ili gustoće klizišta, u literaturi se koristi i pojam uvjetna vjerojatnost klizišta (*Yin i Yan, 1988*; *van Westen 1993*; *Carrara i dr., 1995*; *Mihalić, 1996*). U ovom radu, učestalost klizišta u određenoj stratigrafskoj (geološkoj) jedinici, koja se u ovom slučaju tretira kao klasa ili razred faktorske karte, izračunata je prema sljedećem iz izrazu:

$$K_{U\ \text{učestalost klizišta}} = K_{P\ \text{površina klizišta}} / K_{FK\ \text{površina jedinice}} \qquad \text{formula 3}$$

Prema Bayes-ovom teoremu (*Morgan, 1968*) učestalost klizišta je jednaka uvjetnoj vjerojatnosti (V_u) pojave klizišta (K) u određenoj klasi faktorske karte, koja predstavlja određeni set značajki okoliša (npr. vrsta naslaga, nagib padine, nagib slojeva, i sl.), prema sljedećem izrazu:

$$V_U\ (K \mid K_{FK}) = K_{P\ \text{površina klizišta}} / K_{FK\ \text{površina jedinice}} \qquad \text{formula 4}$$

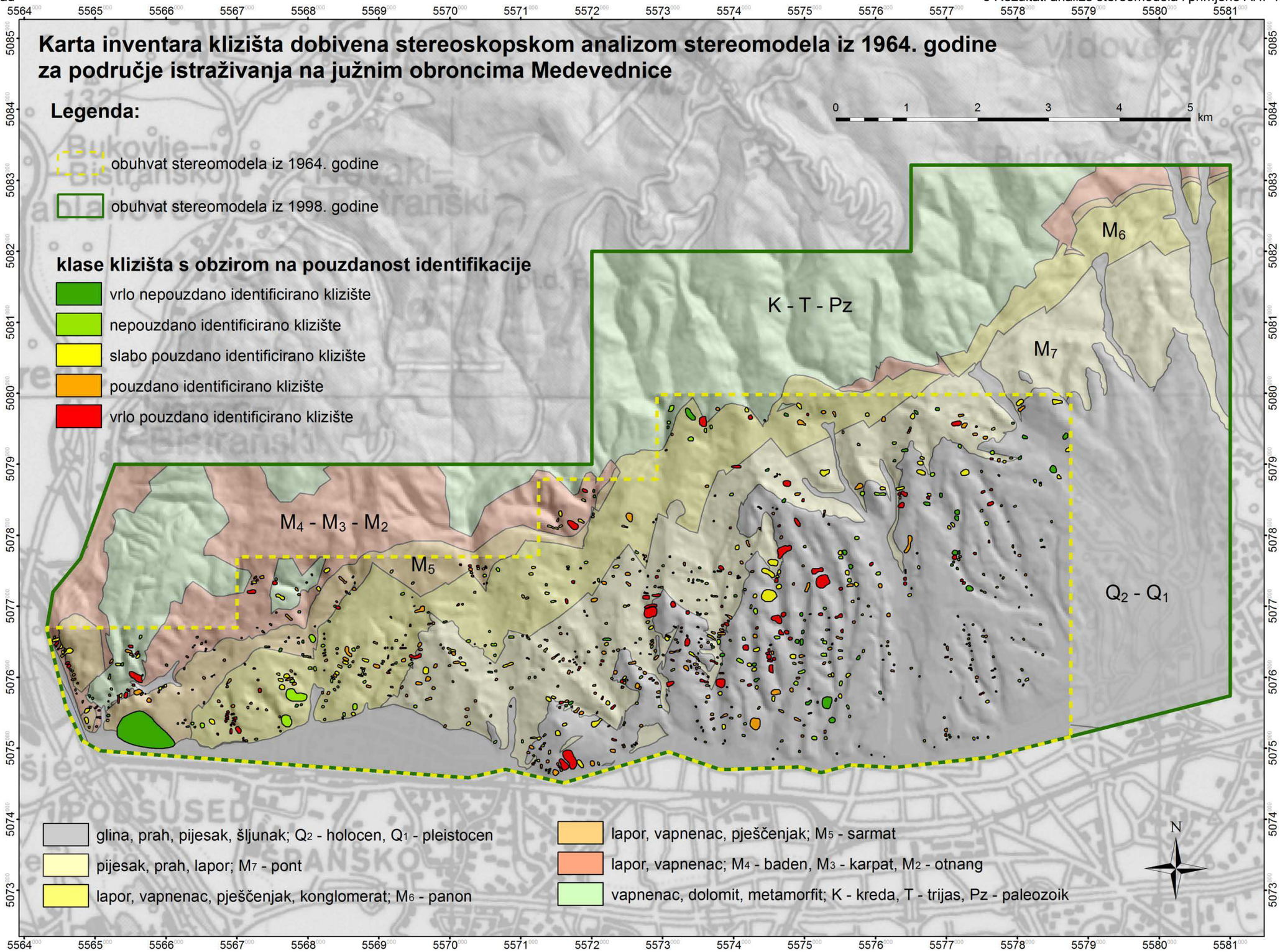
Uvjetne vjerojatnosti klasa faktorskih karata uobičajeno se uspoređuju s gustoćom klizišta unutar istraživanog područja, koja se računa prema sljedećem izrazu:

$$V_U\ (K \mid P_I) = K_{P\ \text{površina klizišta}} / P_{I\ \text{područje istraživanja}} \qquad \text{formula 5}$$

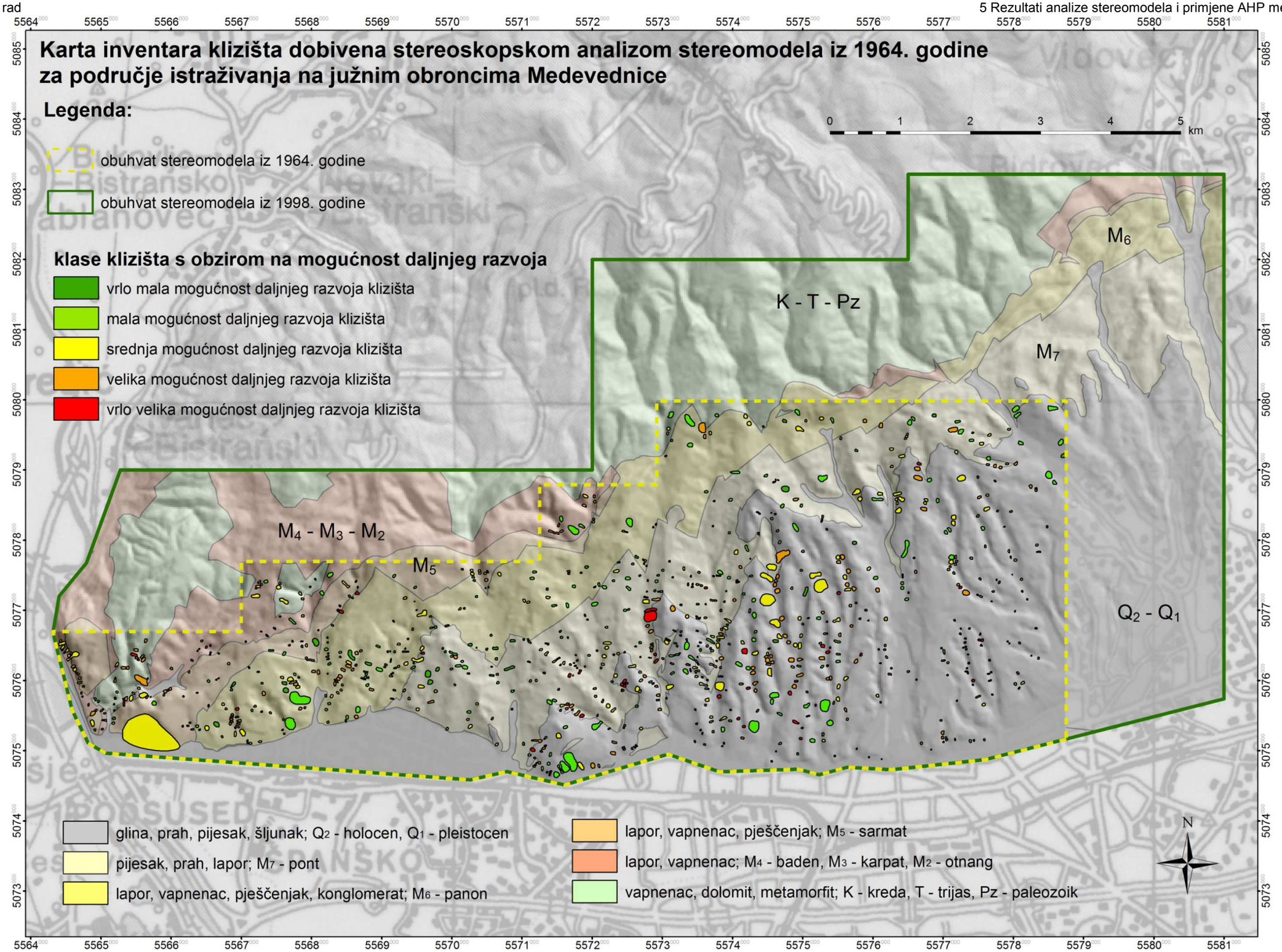
5.1.1 Karta inventara klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine

Na slikama 53 i 54 prikazane su karte klizišta izrađene prema stereoskopskoj analizi stereomodela iz 1964. godine kojom je identificirano 963 klizišta na području ukupne površine 54,14 km^2. Prema ovim podacima proizlazi da je gustoća klizišta na istraživanom području 17,8 klizišta/km^2. Ukupna površina klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine je 2,05 km^2, što iznosi 3,8% udjela površine stereomodela. Maksimalna gustoća klizišta izračunata na pravilnoj mreži veličine ćelije 1x1 km, iznosi 4,8% na području Šestinskog dola.

Podaci o klizištima analizirani su s obzirom na: učestalost površina klizišta u inventaru, gustoću klizišta u pojedinim vrstama stijena/tala prema generaliziranim geološkim jedinicama, raspone dimenzija klizišta (ukupna duljina klizišta, širina pokrenute mase i visinska razlika između vrha i dna klizišta) u razredima površina klizišta, učeszalost klizišta u inventaru s obzirom na procijenjenu pouzdanosti identifikacije i mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta, a u odnosu na razrede površina klizišta i vrste stijena/tala. Na slici 53 klizišta su klasificirana prema pouzdanosti identifikacije klizišta, a na slici 54 prema mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta.

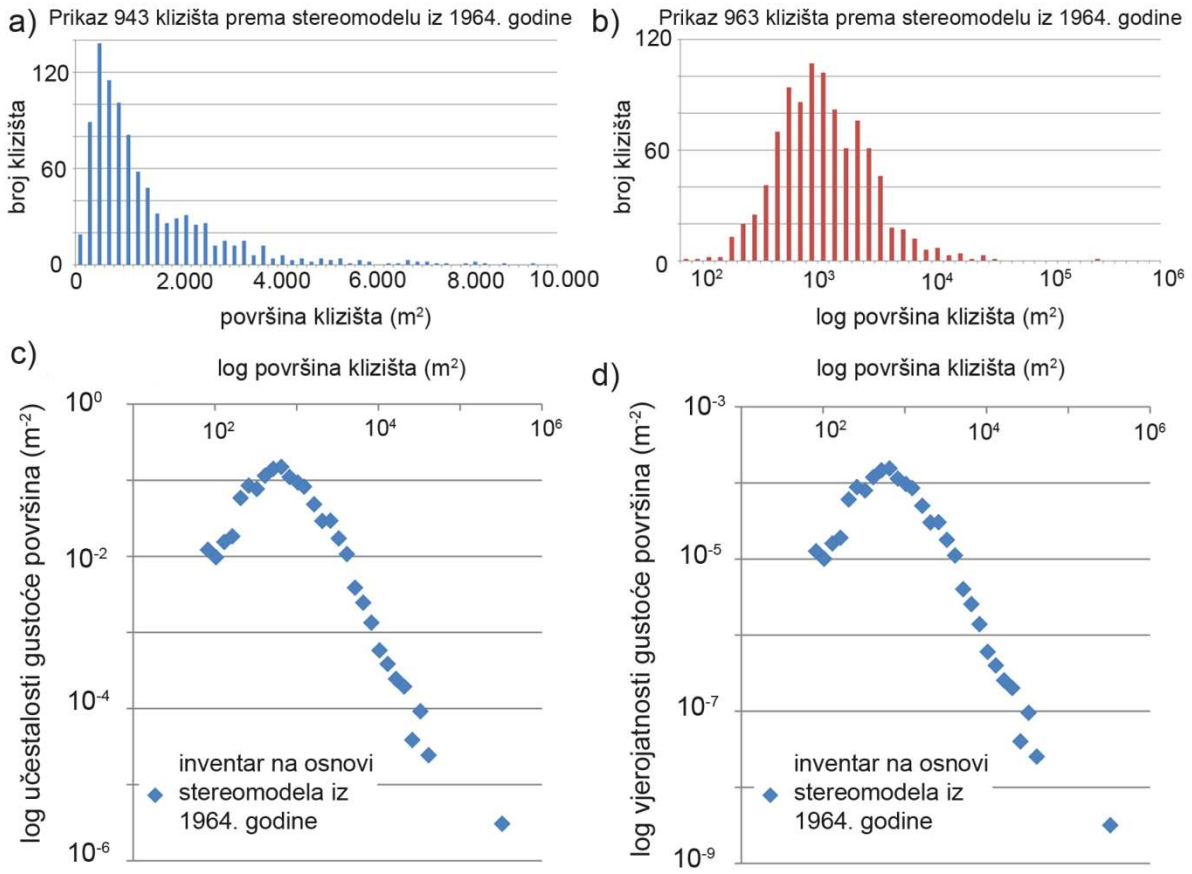


Slika 53 Karta inventara klizišta dobivena analizom steremodela iz 1964. godine za područje istraživanja na južnim obroncima Medvednice s prikazom klasifikacije klizišta s obzirom na pouzdanost identifikacije procijenjenu pomoću AHP metode (detaljno opisano u poglavlju 4.1.3)



Slika 54 Karta inventara klizišta dobivena analizom steremodela iz 1964. godine za područje istraživanja na južnim obroncima Medvednice s prikazom klasifikacije klizišta s obzirom na mogućnost daljnjeg razvoja procijenjenu pomoću AHP metode (detaljno opisano u poglavlju 4.1.4)

Raspodjela površina klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine je prikazana na slici 55. Zbog širokog raspona vrijednosti površina, napravljen je prikaz učestalosti 943 klizišta u klasama po 200 m^2, a do maksimalne površine klizišta od 10.000 m^2 (prikazano na slici 55a). Na slici 55b je prikaz učestalosti svih 963 klizišta u logaritamskom mjerilu. Slike 55c i 55d prikazuju učestalosti gustoće površina (*eng. frequency density*) i vjerojatnosti gustoće površina (*eng. probability density*) prema *Guzzetti (2006)*.



Slika 55 Raspodjela površina klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine: (a) učestalosti površina klizišta za klase od 200 m^2; (b) logaritamski prikaz učestalosti površina klizišta; (c) logaritamski prikaz učestalosti gustoće površina; d) logatiramski prikaz vjerojatnosti gustoće površina

Prema inventaru iz stereomodela iz 1964. godine na području obuhvata inventara površine klizišta su u rasponu od 78 do 281.886 m^2. U klasama po 200 m^2 maksimalna učestalost klizišta u pojedinim klasama je 138 klizišta. U ovom inventaru više od 15 klizišta prisutno je u rasponu površina 200-3.600 m^2. Ukoliko pretpostavimo da je omjer širine i duljine klizišta jednak 1:2, proizlazi da ovom rasponu pripadaju klizišta približnih dimenzija od 10x20 m do 42x85 m. U analiziranom inventaru je ukupno 90,6% klizišta navedenih dimenzija, nema klizišta manjih dimenzija, a 9,5% klizišta je veće od karakterističnih dimenzija. Maksimalnu

učestalost prema logaritamskoj raspodjeli imaju klizišta u rasponu površina 794-1.000 m^2 u kojemu ima 107 klizišta (ili približno 11%). Vrh krivulje vjerojatnosti gustoće površina predstavlja najučestalije površine klizišta u inventaru. Prema analizi inventara prema stereomodelu iz 1964. godine to su klizišta približne površine u rasponu od 600-800 m^2. Analiza prema vjerojatnosti gustoće površina je napravljena prema *Guzzetti (2006)*.

U tablici 16 je dan pregled obuhvata stereomodela iz 1964. godine s obzirom na izdvojene geološke jedinice prema vrsti stijena i stratigrafskoj pripadnosti naslaga. Na području istraživanja je izdvojeno sljedećih šest geoloških jedinica prema postojećim geološkim kartama navedenim u uvodnom dijelu ovog poglavlja: (i) jedinica holocenske (Q_2) i pleistocenske (Q_1) starosti izgrađena pretežito od naslaga gline, praha, pijeska i šljunka; (ii) jedinica pontske (M_7) starosti izgrađena pretežito od naslaga pijeska, praha i lapora; (iii) jedinica panonske (M_6) starosti izgrađena pretežito od naslaga lapora, vapnenca, pješčenjaka i konglomerata; (iv) jedinica sarmatske (M_5) starosti izgrađena pretežito od naslaga lapora, vapnenca i pješčenjaka; (v) jedinica badenske (M_4), karpatske (M_3) i otnangske (M_2) starosti izgrađena pretežito od naslaga lapora i vapnenca; i (vi) jedinica kredske (K), trijaske (T) i paleozojske (Pz) starosti izgrađena pretežito od naslaga vapnenca, dolomita i metmorfita. Ove jedinice dobivene su generalizacijom stratigrafskih jedinica, a karakteristične su po grupama vrsta stijena od kojih su izgrađene. Površinske naslage, koje su osobito važne za nastanak klizišta, nisu analizirane zbog toga što takva karta nije dostupna. Na temelju geološkog sastava i starosti matične stijene, moguće je pretpostaviti sastav površinskih naslaga. Debljina površinskih naslaga varira prvenstveno ovisno o topografskim značajkama lokacije i o geološkoj građi (vrsta stijena/tala i geološke strukture).

Najveći broj identificiranih klizišta (811 klizišta odnosno 84,2% klizišta ili 1,54 km^2 odnosno 75,1% površine klizišta) nalazi se u mlađim naslagama kvartarne, pontske i panonske starosti, koje su izgrađene od inženjerskih tala i mekih stijena (lapora), kao što je prikazano u tablici 16. Najveći broj klizišta (43,3%) je u kvartarnim naslagama, odnosno pleistocenskim sedimetima izgrađenim dominantno od sitnozrnatih tala. Prema broju klizišta zatim slijede pontske naslage (s 22,1%) i panonske naslage (s 18,8%), izgrađene dominantno od sitnozrnatih tala, mješavina sitnozrnatih i krupnozrnatih tala i mekih stijena (lapora). Gustoća klizišta u ove tri

geološke jedinice (kvartar, pont, panon) varira od 15,8-19,5 klizišta/km^2. Nešto veća gustoća klizišta (17,3-23,2 klizišta/km^2) u ostalim izdvojenim geološkim jedinicima (sarmat, baden-karpat-otnang, predneogen) je posljedica male zastupljenosti ovih jedinica na području istraživanja, te se stoga ne može smatrati reprezentativnom.

Tablica 16 Pregled obuhvata stereomodela iz 1964. godine s obzirom na izdvojene geološke jedinice i klizišta zastupljena u pojedinim geološkim jedinicama

područje obuhvata stereomodela iz 1964. godine		geološka jedinica		gustoća klizišta u geološkoj jedinici					
vrsta stijene	stratigrafska pripadnost	površina P_{GJ} (km^2)	udjel U_{GJ} (%)	površina klizišta K_P (km^2)	udjel površina klizišta K_{UP} (%)	odnos površina K_P / P_{GJ} (%)	broj klizišta K_B	udjel broja klizišta K_{UB} (%)	broj K_B / P_{GJ}
glina, prah pijesak, šljunak	Q_2; Q_1 (holocen; pleistocen)	26,32	48,6	0,86	42,0	3,3	417	43,3	15,8
pijesak, prah, lapor	M_7 (pont)	10,91	20,2	0,35	17,1	3,2	213	22,1	19,5
lapor, vapnenac, pješčenjak, konglomerat	M_6 (panon)	9,78	18,1	0,33	16,1	3,4	181	18,8	18,5
lapor, vapnenac, pješčenjak	M_5 (sarmat)	3,27	6,0	0,40	19,5	12,2	76	7,9	23,2
lapor, vapnenac	M_4; M_3; M_2 (baden; karpat; otnang)	2,23	4,1	0,06	2,9	2,7	49	5,1	22,0
vapnenac, dolomit, metamorfit	K, T, Pz (kreda; trijas; paleozoik)	1,56	2,9	0,05	2,4	3,2	27	2,8	17,3
vodene površine		0,07	0,1	0,00	0,0	0,0	0	0,0	0,0
suma	6	54,14	100,0	2,05	100,0	3,8	963	100,0	17,8

Na temelju svih kvantitativnih pokazatelja, te uzimajući u obzir ograničenja zbog male zastupljenosti pojedinih stratigrafskih jedinica za područje obuhvata stereomodela iz 1964. godine reprezentativnim vrijednostima gustoće klizišta u generaliziranim geološkim jedinicama smatraju se podaci u rasponu 3,2-3,4%, što izraženo brojem klizišta iznosi 15,8-19,5 klizišta po kilometru kvadratnom. Iz navedenog se zaključuje da je gustoća klizišta slična u naslagama kvartarne, pontske i panonske starosti, koje su na modelu zastupljene s površinama u rasponu 9,78-26,32 km^2. Gustoća klizišta u naslagama sarmatske starosti nije reprezentativna zbog male zastupljenosti ovih naslaga na stereomodelu koja iznosi samo 3,27 km^2. Gustoća klizišta u naslagama badenske, karpatske, otnangske i predneogenske starosti je upitna s obzirom na reprezentativnost, također zbog male zastupljenosti ovih geoloških jedinica na stereomodelu iz 1964. godine, jer njihove površine variraju u rasponu 1,56-2,23 km^2.

U tablici 17 je dan pregled raspona sljedećih dimenzija klizišta identificiranih na području istraživanja prema stereomodelu iz 1964. godine: površina klizišta (m^2), duljina i širina klizišta (m), te visinska razlika između vrha i dna klizišta (m). Sve dimenzije mjerene su u tlocrtu, izuzev visinske razlike između vrha i dna klizišta koja je očitana s HOK-a. Za sve vrijednosti navedenih dimenzija također je dana i srednja vrijednost, te standardna devijacija. Površine klizišta variraju u širokom rasponu od 78,43 m^2 do 281.885,75 m^2. Interpretacija malih klizišta sa stereoparova aerosnimki mjerila 1:8.000 omogućena je na način da su uvećani pojedini dijelovi fotografija, te su na taj način umanjena ograničenja uslijed originalnog mjerila fotografija. U tablici 18 prikazan je i raspon geometrijskih vrijednosti.

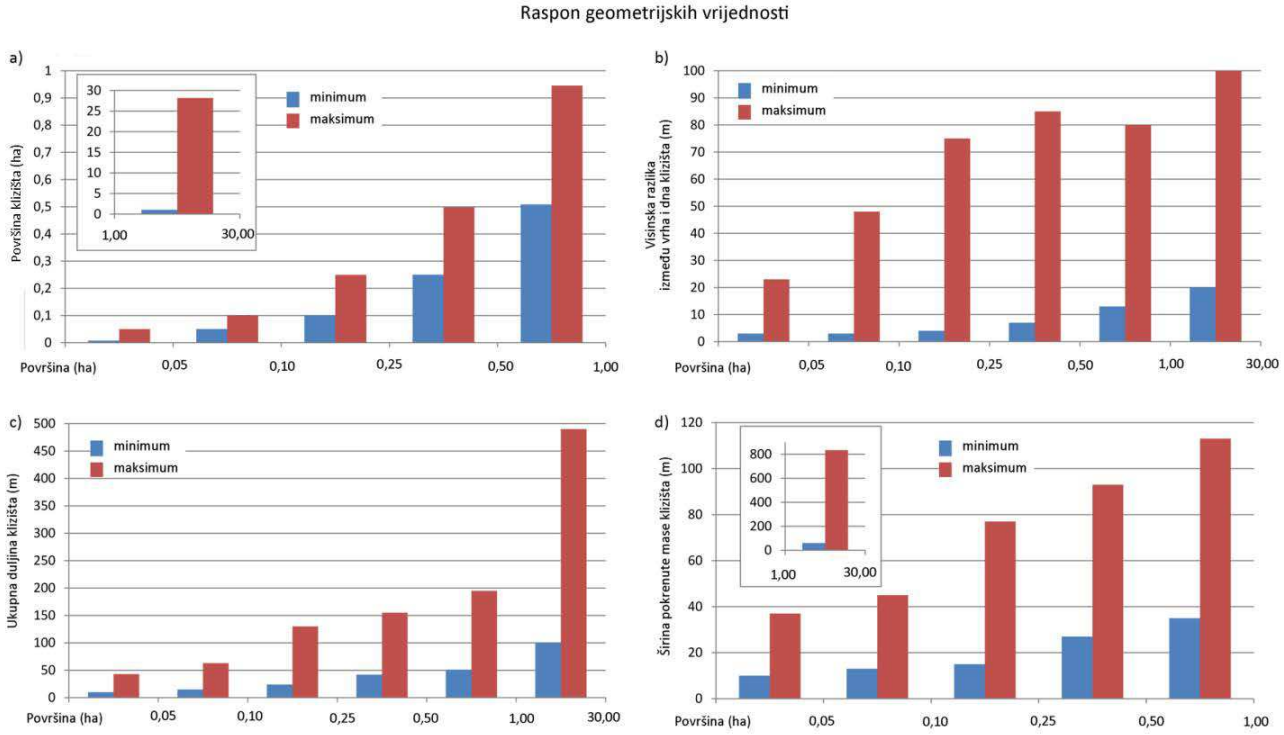
Tablica 17 Raspon dimenzija identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine

Dimenzije klizišta	Minimalna veličina	Maksimalna veličina	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
površina klizišta (m^2)	78	281.886	2.132	9.475
ukupna duljina klizišta (m)	10	490	52	38
širina pokrenute mase klizišta (m)	10	835	37	35
visinska razlika između vrha i dna klizišta (m)	3	100	17	12

Tablica 18 Zastupljenost dimenzija 963 klizišta u klasama površina klizišta identificiranih na temelju stereomodela iz 1964. godine

Klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine					
Raspon geometrijskih vrijednosti		Površina klizišta (m^2)		Visinska razlika između vrha i dna klizišta (m)	
Klase površina (m^2)	Broj klizišta	Minimalna veličina	Maksimalna veličina	Minimalna veličina	Maksimalna veličina
0-500	174	78	500	3	23
501-1.000	288	501	999	3	48
1.001-2.500	319	1.004	2.496	4	75
2.501-5.000	127	2.501	4.975	7	85
5.001-10.000	35	5.086	9.455	13	80
10.001-300.000	20	10.293	281.886	20	100
Raspon geometrijskih vrijednosti		Ukupna duljina klizišta (m)		Širina pokrenute mase klizišta (m)	
Klase površina (m^2)	Broj klizišta	Minimalna veličina	Maksimalna veličina	Minimalna veličina	Maksimalna veličina
0-500	174	10	43	10	37
501-1.000	288	15	63	13	45
1.001-2.500	319	24	130	15	77
2.501-5.000	127	42	155	27	93
5.001-10.000	35	51	195	35	113
10.001-300.000	20	100	490	60	835

U tablici 18 prikazana je klasifikacija identificiranih klizišta prema površini klizišta, pri čemu su za analizu korištene sljedeće proizvoljno odabrane klase površina: (i) 0-500 m^2, (ii) 501-1.000 m^2, (iii) 1.001-2.500 m^2, (iv) 2.501-5.000 m^2 (v) 5.001-10.000 m^2 i (vi) 10.001-300.000 m^2. Svrha ove klasifikacije bila je dobivanje boljeg uvida u zastupljenost površina klizišta, osobito malih klizišta. Za svaku klasu površina klizišta prikazan je broj klizišta, minimalna i maksimalna površina klizišta, minimalna i maksimalna duljina i širina klizišta, te minimalna i maksimalna visinska razlika između vrha i dna klizišta. Odgovarajući grafički prikazi su dani na slici 56.



Slika 56 Grafički prikaz raspona dimenzija klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1964. godine: a) površina klizišta; b) visinska razlika između vrha i dna klizišta; c) ukupna duljina klizišta; i d) širina pokrenute mase klizišta

Za grafički prikaz površina klizišta, identificiranih prema stereomodelu iz 1964. godine, na dijagramima na slici 56 granične vrijednosti površina izražene su u hektarima. Također je posljednja klasa površina izdvojena kao zaseban detalj na dijagramima koji prikazuju površinu klizišta i širinu pokrenute mase zbog prevelikih razlika u vrijednosti. Na dijagramu je vidljivo da su kod klizišta manjih površina odstupanja između minimalnih i maksimalnih vrijednosti manja, a s povećanjem površina klizišta, povećavaju se i razlike između minimalnih i maksimalnih vrijednosti dimenzija, što je osobito izraženo na dijagramu na kojemu su prikazane visinske razlike između vrha i dna klizišta. Na dijagramu je vidljivo da su razlike između minimalnih i maksimalnih vrijednosti duljina klizišta višestruke, ali manje su kod

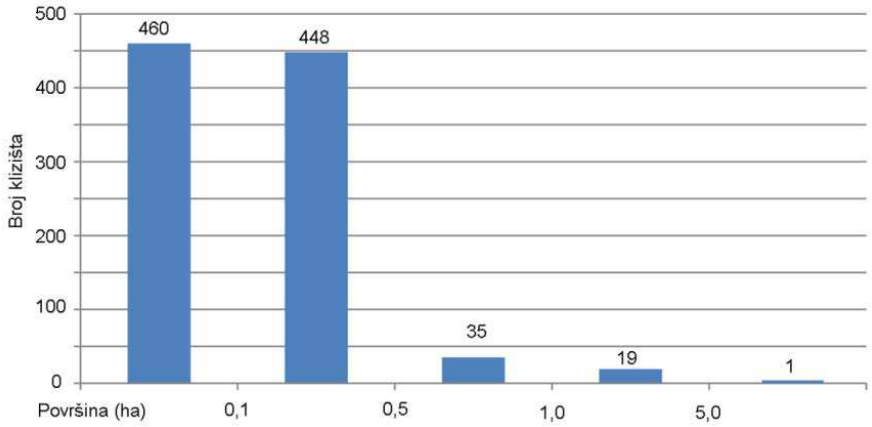
klizišta manjih površina, te se povećavaju s povećanjem površina klizišta, a osobito kod klizišta čija površina je u rasponu 1-30 ha. Na dijagramu je vidljivo da su razlike između minimalnih i maksimalnih vrijednosti širina pokrenute mase višestruke, i to u omjeru približno 1:4, osim za posljednju klasu gdje je taj omjer približno 1:14.

Analizom stereomodela u mjerilu 1:8.000 iz 1964. godine je identificirano 963 klizišta koja su različita s obzirom na pouzdanost identifikacije i na mogućnost daljnjeg razvoja. Pregled klizišta prema procjeni pouzdanosti identifikacije i prema procjeni mogućnosti daljnjeg razvoja, primjenom AHP metode je dan u tablici 19. S obzirom na pouzdanost odredbe, na stereomodelu iz 1964. godine pouzdano i vrlo pouzdano su identificirana 469 klizišta (ili 48,7%), odnosno svako drugo klizište. Slabo pouzdano, nepouzdano i vrlo nepouzdano su identificirana 494 klizišta (ili 51,3%). Udjel pouzdano identificiranih klizišta je relativno velik (ili približno 50%), što je i očekivano s obzirom na krupno mjerilo korištenih fotografija (1:8.000). Na temelju istog stereomodela iz 1964. godine napravljena je i procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta. S obzirom na mogućnost daljnjeg razvoja klizišta moguće je razlikovati dvije glavne grupe: (i) klizišta s relativno malom mogućnošću daljnjeg razvoja, koja obuhvaćaju klizišta klasificirana kao klizišta s vrlo malom, malom i srednjom mogućnošću daljnjeg razvoja, zastupljena su s 636 klizištem (ili 66,1%); i (ii) klizišta s relativno velikom mogućnošću daljnjeg razvoja, koja obuhvaćaju klizišta s velikom i vrlo velikom mogućnošću daljnjeg razvoja, zastupljena su sa 327 klizišta (ili 33,9%). Na temelju ove generalizacije proizlazi da za približno jednu trećinu identificiranih klizišta postoji mogućnost daljnjeg razvoja, što se smatra relativno velikim udjelom, jer to implicira potencijalnu opasnost od ukupno 327 klizišta na području površine 54,14 km^2, odnosno prosječno 6,0 klizišta/km^2. Na temelju korištenih kriterija AHP analize, topografske značajke lokacija klizišta za koja postoji velika mogućnost daljnjeg razvoja na analiziranom području u Podsljemenskoj zoni su generalno sljedeće: strmi nagib padine uz čiju je nožicu ili u blizini vodotok. Suprotno tome, topografske značajke lokacija klizišta za koja ne postoji velika mogućnost daljnjeg razvoja na analiziranom području u Podsljemenskoj zoni su generalno sljedeće: blagi nagib padine čija je nožica udaljena od vodotoka.

Tablica 19 Pregled identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine prema procjeni pouzdanosti identifikacije i prema procjeni mogućnosti daljnjeg razvoja

Klizišta prema stereoskopskoj analizi fotografija iz 1964. godine		
Pouzdanost identificiranih klizišta	**Broj**	**Udjel (%)**
vrlo nepouzdano identificirano klizište	78	8,1
nepouzdano identificirano klizište	181	18,8
slabo pouzdano identificirano klizište	235	24,4
pouzdano identificirano klizište	293	30,4
vrlo pouzdano identificirano klizište	176	18,3
Suma	**963**	**100**
Mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	**Broj**	**Udjel (%)**
vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	65	6,8
mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	256	26,6
srednja mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	315	32,7
velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	245	25,4
vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	82	8,5
Suma	**963**	**100**

Raspodjela površina identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine je prikazana na slici 57. Sa slike 57 je vidljivo da je većina klizišta (908 klizišta ili 94,3% od ukupnog broja klizišta) površinom manja od 0,5 ha, od čega je 460 klizište (ili 47,8%) manje površine od 0,1 ha. Svega 35 klizišta (ili 3,6%) je površine u rasponu većem od 0,5 ha, s površinom do 1,0 ha, te je 19 klizišta (ili 2,0%) površine u rasponu većem od 1,0 ha, s površinom do 5,0 ha. Samo je jedno identificirano klizište (ili 0,1%) površinom veće od 5,0 ha. Na temelju ove analize proizlazi da su klizišta površine veće od 1,0 ha relativno rijetka pojava na istraživanom području, dok su najučestalija klizišta površina do 0,5 ha.



Slika 57 Prikaz raspodjele površina identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine

Područje istraživanja iz 1964. godine (ukupne površine 54,14 km^2) pretežito obuhvaća terene izgrađene od inženjerskog tla (kvartarne starosti tj. holocen –

pleistocen; Q_1-Q_2) i mekih stijena miocenske starosti (tj. pont – otnang; M_2-M_7). Analiza zastupljenosti identificiranih klizišta u jedinicama inženjerskog tla i mekih stijena (naslage kvartara i miocena) i stijena (naslage krede, trijasa i paleozoika) je prikazana u tablici 20. Klizišta identificirana analizom stereomodela iz 1964. godine se uglavnom nalaze u inženjerskom tlu i mekim stijenama (96,4% klizišta), što je logično i za očekivati jer stereomodel iz 1964. godine skoro u cijelosti pokriva područje inženjerskog tla i mekih stijena (97,1%). U tablici 21 je prikazana zastupljenost identificiranih klizišta s obzirom na površine u inženjerskom tlu s mekim stijenama i stijene. Većina identificiranih klizišta u inženjerskom tlu s mekim stijenama (94,4%) i stijeni (97,1%) je površinom manja od 0,5 ha (tj. samo svako dvadeseto identificirano klizište je površinom veće od 0,5 ha). Velika klizišta (površine od 1-5 ha) su rijetka, a od izrazito velikih klizišta (površine >5 ha) je identificrano samo jedno (u inženjerskom tlu s mekim stijenama).

Tablica 20 Zastupljenost identificiranih klizišta iz 1964. godine s obzirom na inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene

inventar klizišta iz 1964. godine				
broj klizišta	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
963	928	96,4	35	3,6

Tablica 21 Zastupljenost klizišta određene površine s obzirom na inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene, na temelju inventara klizišta iz 1964. godine

inventar klizišta iz 1964. godine				
površina (ha)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
<0,10	445	48,0	15	42,9
0,10-0,50	430	46,3	18	51,4
0,51-1,00	34	3,7	1	2,9
1,01-5,00	18	1,9	1	2,9
>5,00	1	0,1	0	0,0
suma	928	100,0	35	100,0

Zastupljenost klizišta u klasama pouzdanosti identifikacije klizišta i mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta, te s obzirom na inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene je prikazana u tablici 22. Kod detaljnije analize prikazane u tablici 22 se uočava da su klizišta površine manje do 0,5 ha najzastupljenija u inženjerskom tlu s mekim stijenama neovisono o klasi pouzdanosti ili klasi mogućnosti razvoja. Veća klizišta su jako malo zastupljena, što se osobito odnosi na klizišta identificirana u terenima izgrađenim od stijena. S obzirom na ovu analizu, proizlazi da su na području obuhvata stereomodela iz 1964. godine identificirana klizišta čije površine su manje od 0,5 ha.

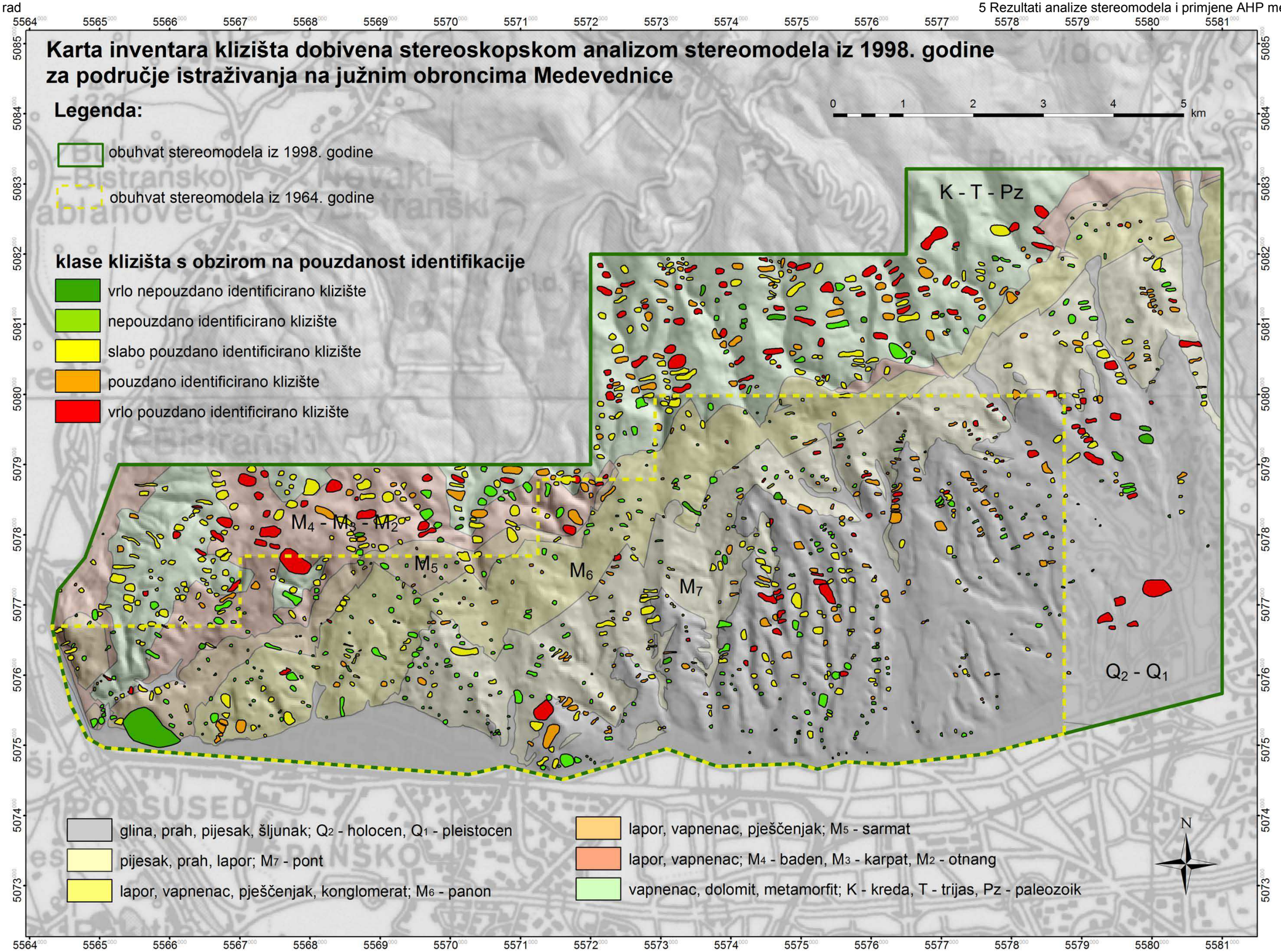
Tablica 22 Zastupljenost identificiranih klizišta iz 1964. godine s obzirom na površine, pouzdanost identifikacije klizišta, mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, te inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene

1964	vrlo nepouzdano identificirano klizište				vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja			
površina (ha)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
<0,10	**28**	**37,3**	2	66,7	**31**	**47,7**	0	0,0
0,10-0,50	**41**	**54,7**	1	33,3	**30**	**46,2**	0	0,0
0,51-1,00	3	4,0	0	0,0	4	6,2	0	0,0
1,01-5,00	2	2,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
>5,00	1	1,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
suma	75	100,0	3	100,0	65	100,0	0	0,0
1964	nepouzdano identificirano klizište				mala mogućnost daljnjeg razvoja			
površina (ha)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
<0,10	**95**	**54,0**	2	40,0	**108**	**43,2**	4	66,7
0,10-0,50	**77**	**43,8**	3	60,0	**121**	**48,4**	2	33,3
0,51-1,00	2	1,1	0	0,0	12	4,8	0	0,0
1,01-5,00	2	1,1	0	0,0	9	3,6	0	0,0
>5,00	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0,0
suma	176	100,0	5	100,0	250	100,0	6	100,0
1964	slabo pouzdano identificirano klizište				srednja mogućnost daljnjeg razvoja			
površina (ha)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
<0,10	**103**	**45,4**	3	37,5	**151**	**50,2**	8	57,1
0,10-0,50	**112**	**49,3**	4	50,0	**130**	**43,2**	5	35,7
0,51-1,00	9	4,0	1	12,5	13	4,3	1	7,1
1,01-5,00	3	1,3	0	0,0	6	2,0	0	0,0
>5,00	0	0,0	0	0,0	1	0,3	0	0,0
suma	227	100,0	8	100,0	301	100,0	14	100,0
1964	pouzdano identificirano klizište				velika mogućnost daljnjeg razvoja			
površina (ha)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
<0,10	**147**	**52,1**	7	63,6	**111**	**47,6**	2	16,7
0,10-0,50	**125**	**44,3**	4	36,4	**117**	**50,2**	9	75,0
0,51-1,00	8	2,8	0	0,0	3	1,3	0	0,0
1,01-5,00	2	0,7	0	0,0	2	0,9	1	8,3
>5,00	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
suma	282	100,0	11	100,0	233	100,0	12	100,0
1964	vrlo pouzdano identificirano klizište				vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja			
površina (ha)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
<0,10	**72**	**44,9**	1	12,5	**44**	**55,7**	1	33,3
0,10-0,50	**75**	**44,6**	6	75,0	**32**	**40,5**	2	66,7
0,51-1,00	12	7,1	0	0,0	2	2,5	0	0,0
1,01-5,00	9	5,4	1	12,5	1	1,3	0	0,0
>5,00	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0,0
suma	168	100,0	8	100,0	79	100,0	3	100,0

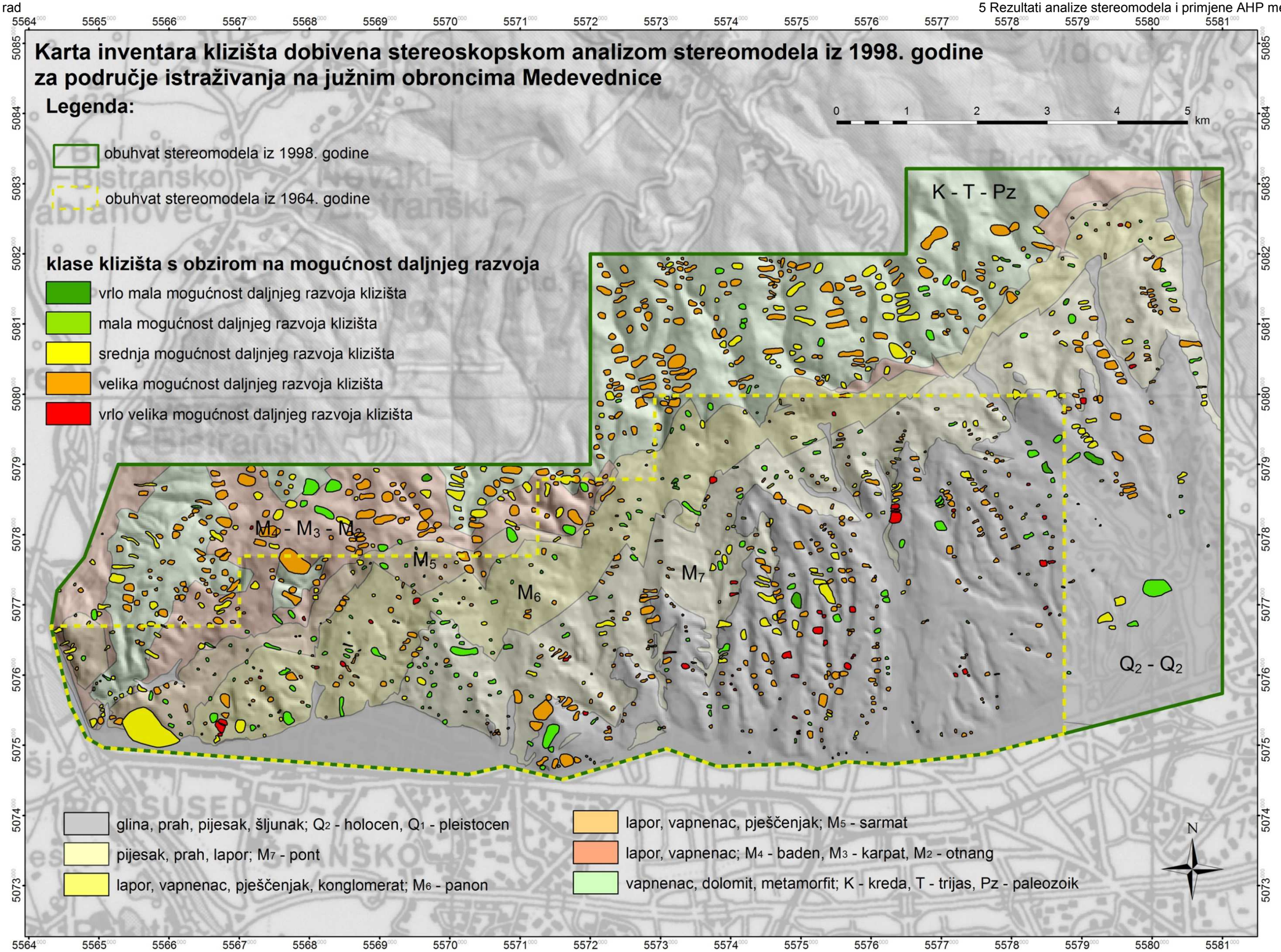
5.1.2 Karta inventara klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine

Na slikama 58 i 59 prikazane su karte klizišta izrađene prema stereoskopskoj analizi stereomodela iz 1998. godine kojom je identificirano 1.229 klizišta na području ukupne površine 99,79 km^2. Prema ovim podacima proizlazi da je gustoća klizišta na istraživanom području 12,3 klizišta/km^2. Ukupna površina klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine je 7,28 km^2, što iznosi 7,3% udjela površine stereomodela. Maksimalna gustoća klizišta izračunata na pravilnoj mreži veličine ćelija 1x1 km iznosi 9,1% na području Pantovčaka.

Podaci o klizištima analizirani su s obzirom na: učestalost površina klizišta u inventaru, gustoću klizišta u pojedinim vrstama stijena/tala prema generaliziranim geološkim jedinicama, raspone dimenzija klizišta (ukupna duljina klizišta, širina pokrenute mase i visinska razlika između vrha i dna klizišta) u razredima površina klizišta, učestalost klizišta u inventaru s obzirom na procijenjenu pouzdanosti identifikacije i mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta, a u odnosu na razrede površina klizišta i vrste stijena/tala. Na slici 58 klizišta su klasificirana prema pouzdanosti identifikacije klizišta, a na slici 59 prema mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta.

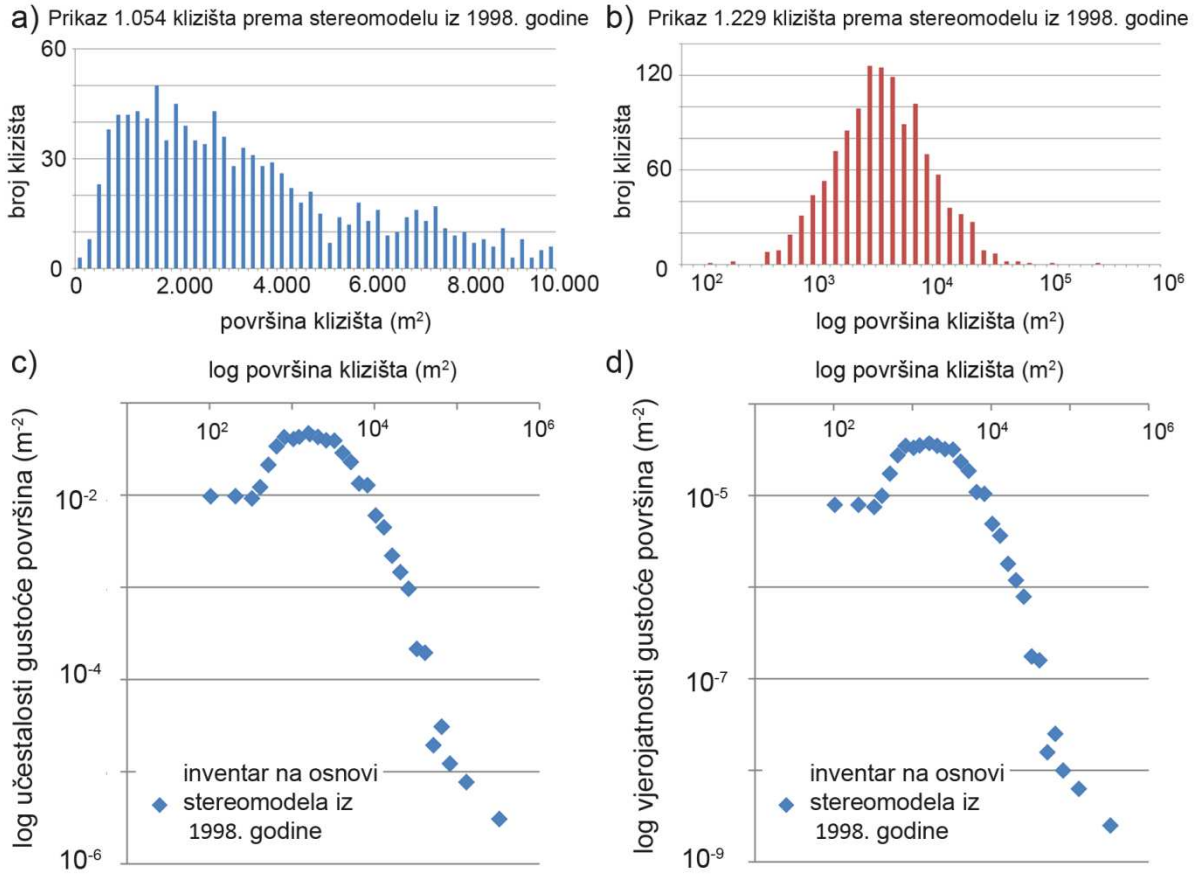


Slika 58 Karta inventara klizišta dobivena analizom steremodela iz 1998. godine za područje istraživanja na južnim obroncima Medvednice s prikazom klasifikacije klizišta s obzirom na pouzdanost identifikacije procijenjenu pomoću AHP metode (detaljno opisano u poglavlju 4.1.3)



Slika 59 Karta inventara klizišta dobivena analizom steremodela iz 1998. godine za područje istraživanja na južnim obroncima Medvednice s prikazom klasifikacije klizišta s obzirom na mogućnost daljnjeg razvoja procijenjenu pomoću AHP metode (detaljno opisano u poglavlju 4.1.4)

Raspodjela površina klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine je prikazana na slici 60. Zbog širokog raspona vrijednosti površina, napravljen je prikaz učestalosti 1229 klizišta u klasama po 200 m^2, a do maksimalne površine klizišta od 10.000 m^2 (prikazano na slici 60a). Na slici 60b je prikaz učestalosti svih 1.229 klizišta u logaritamskom mjerilu. Slike 60c i 60d prikazuju učestalosti gustoće površina (*eng. frequency density*) i vjerojatnosti gustoće površina (*eng. probability density*) prema *Guzzetti (2006)*.



Slika 60 Raspodjela površina klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine: (a) učestalosti površina klizišta za klase od 200 m^2; (b) logaritamski prikaz učestalosti površina klizišta; (c) logaritamski prikaz učestalosti gustoće površina; d) logatiramski prikaz vjerojatnosti gustoće površina

Prema inventaru iz stereomodela uz 1998. godine na području obuhvata inventara površine klizišta su u rasponu od 103 do 276.643 m^2. U klasama po 200 m^2 maksimalna učestalost klizišta u pojedinim klasama je 50 klizišta. U ovom inventaru više od 15 klizišta prisutno je u rasponu površina 600-3.600 m^2. Ukoliko pretpostavimo da je omjer širine i duljine klizišta jednak 1:2, proizlazi da ovom rasponu pripadaju klizišta približnih dimenzija od 17x35 m do 42x85 m. U analiziranom inventaru je ukupno 77,8% klizišta navedenih dimenzija, 0,9% klizišta manjih dimenzija, a 21,3% klizišta je veće od karakterističnih dimenzija. Maksimalnu

učestalost prema logaritamskoj raspodjeli imaju klizišta u rasponu površina 2.512-3.162 m^2 u kojemu ima 126 klizišta (ili približno 10%). Vrh krivulje vjerojatnosti gustoće površina predstavlja najučestalije površine klizišta u inventaru. Prema analizi inventara prema stereomodelu iz 1998. godine to su klizišta približne površine u rasponu od 1.600-2.000 m^2. Analiza prema vjerojatnosti gustoće površina je napravljena prema *Guzzetti (2006)*.

U tablici 23 je dan pregled obuhvata stereomodela iz 1998. godine s obzirom na izdvojene geološke jedinice prema vrsti stijena i stratigrafskoj pripadnosti naslaga. Na području istraživanja je izdvojeno sljedećih šest geoloških jedinica prema postojećim geološkim kartama navedenim u uvodnom dijelu ovog poglavlja: (i) jedinica holocenske (Q_2) i pleistocenske (Q_1) starosti izgrađena pretežito od naslaga gline, praha, pijeska i šljunka; (ii) jedinica pontske (M_7) starosti izgrađena pretežito od naslaga pijeska, praha i lapora; (iii) jedinica panonske (M_6) starosti izgrađena pretežito od naslaga lapora, vapnenca, pješčenjaka i konglomerata; (iv) jedinica sarmatske (M_5) starosti izgrađena pretežito od naslaga lapora, vapnenca i pješčenjaka; (v) jedinica badenske (M_4), karpatske (M_3) i otnangske (M_2) starosti izgrađena pretežito od naslaga lapora i vapnenca; i (vi) jedinica kredske (K), trijaske (T) i paleozojske (Pz) starosti izgrađena pretežito od naslaga vapnenca, dolomita i metmorfita. Ove jedinice dobivene su generalizacijom stratigrafskih jedinica, a karakteristične su po grupama vrsta stijena od kojih su izgrađene. Površinske naslage, koje su osobito važne za nastanak klizišta, nisu analizirane zbog toga što takva karta nije dostupna. Na temelju geološkog sastava i starosti matične stijene, moguće je pretpostaviti sastav površinskih naslaga. Debljina površinskih naslaga varira prvenstveno ovisno o topografskim značajkama lokacije i o geološkoj građi (vrsta stijena/tala i geološke strukture).

Više od pola identificiranih klizišta (721 klizišta odnosno 58,7% klizišta ili 3,10 km^2 odnosno 42,6% površine klizišta) nalazi se u mlađim naslagama kvartarne, pontske i panonske starosti, koje su izgrađene od inženjerskih tala i mekih stijena (lapora), prikazano u tablici 23. Najveći broj klizišta (28,7%) je u kvartarnim naslagama, odnosno pleistocenskim sedimetima izgrađenim dominantno od sitnozrnatih tala. Značajan broj klizišta je u pontskim naslagama (s 18,7%) i panonskim naslagama (s 11,2%), koje su izgrađene dominantno od sitnozrnatih tala, mješavina sitnozrnatih i krupnozrnatih tala i mekih stijena (lapora). U naslagama

predneogenske starosti je identificirano 313 klizišta (odnosno 25,5% klizišta ili 2,49 km^2 odnosno 34,2% površine klizišta).

Tablica 23 Pregled obuhvata stereomodela iz 1998. godine s obzirom na izdvojene geološke jedinice i klizišta zastupljena u pojedinim geološkim jedinicama

područje obuhvata stereomodela iz 1998. godine		geološka jedinica		gustoća klizišta u geološkoj jedinici					
vrsta stijene	stratigrafska pripadnost	površina P_{GJ} (km^2)	udjel U_{GJ} (%)	površina klizišta K_P (km^2)	udjel površina klizišta K_{UP} (%)	odnos površina K_P / P_{GJ} (%)	broj klizišta K_B	udjel broja klizišta K_{UB} (%)	broj K_B / P_{GJ}
glina, prah pijesak, šljunak	Q_2; Q_1 (holocen; pleistocen)	38,42	38,5	1,59	21,8	4,1	353	28,7	9,2
pijesak, prah, lapor	M_7 (pont)	15,32	15,3	1,00	13,7	6,5	230	18,7	15,0
lapor, vapnenac, pješčenjak, konglomerat	M_6 (panon)	12,88	13,0	0,51	7,0	4,0	138	11,2	10,7
lapor, vapnenac, pješčenjak	M_5 (sarmat)	4,02	4,0	0,55	7,6	13,7	65	5,3	16,2
lapor, vapnenac	M_4; M_3; M_2 (baden; karpat; otnang)	9,27	9,3	1,14	15,7	12,3	130	10,6	14,0
vapnenac, dolomit, metamorfit	K, T, Pz (kreda; trijas; paleozoik)	19,81	19,8	2,49	34,2	12,6	313	25,5	15,8
vodene površine		0,07	0,07	0,0	0,00	0,0	0,0	0	0,0
suma	6	99,79	100,0	7,28	100,0	7,3	1229	100,0	12,3

Razlog tako velikog broja identificiranih klizišta velikih površina je prvenstveno geološka građa, jer je većina njih identificirana u području izgrađenom od stijena predneogenske starosti. Osim toga, na području obuhvata stereomodela iz 1998. godine područje izgrađeno od stijena je uglavnom unutar Parka priode Medvednica gdje je dominantan šumski pokrivač, zbog čega je i stupanj urabnizacije bitno manji nego na ostalom dijelu područja istraživanja. Zbog šumskog pokrova većina klizišta koja je identificirana u predneogenskim naslagama identificirana je na temelju razlika u visini pokrova, što iziskuje veće dimenzije klizišta da bi ona uopće bila vidljiva na stereomodelu. Gustoća klizišta u prve tri geološke jedinice (kvartar, pont, panon) varira u rasponu 9,2-15,0 klizišta/km^2. Nešto veća gustoća klizišta (14,0-16,2 klizišta/km^2) u geološkim jedinicima sarmata i baden-karpat-otnanga je posljedica male zastupljenosti ovih jedinica na području istraživanja, te se stoga ne može smatrati reprezentativnom. Gustoća klizišta u području predneogenskih stijena je 15,8 klizišta/km^2, što se može smatrati karakterističnom vrijednosti s obzirom na

geološku građu, reljef i šumski pokrov. Pretpostavlja se da neizgrađenost područja ovdje doprinosi većem broju klizišta, odnosno da bi se njihov broj smanjio s povećanjem stupnja urbanizacije. Ova prosječna vrijednost (15,8 klizišta/km^2) je približna gustoći klizišta u geološkoj jedinici pontskih mekih stijena i inženjerskih tala (15,0 klizišta/km^2).

Na temelju svih kvantitativnih pokazatelja, te uzimajući u obzir ograničenja zbog male zastupljenosti pojedinih stratigrafskih jedinica za područje obuhvata stereomodela iz 1998. godine reprezentativnim vrijednostima gustoće klizišta u generaliziranim geološkim jedinicama smatraju se podaci u rasponu 4,1-6,5%, što izraženo brojem klizišta iznosi 9,2-15,0 klizišta po kilometru kvadratnom. Naslage kvartarne, pontske i panonske starosti su na modelu zastupljene s površinama u rasponu od 12,88-38,42 km^2. Gustoća klizišta u naslagama predneogenske starosti reprezentativna je za nenaseljeno područje Parka prirode Medvednica, ali je dobivena vrijednost (15,8 klizišta/km^2) slična reprezentativnim vrijednostima broja klizišta u urbaniziranom području. Površina ovih naslaga na stereomodelu je 19,81 km^2. Gustoća klizišta u naslagama sarmatske i badenske, karpatske, otnangske starosti je upitna s obzirom na reprezentativnost, zbog male zastupljenosti ovih geoloških jedinica na stereomodelu iz 1998. godine, jer njihove površine variraju u rasponu 4,02-9,27 km^2.

Različite vrijednosti gustoće klizišta intepretiranih prema stereomodelu iz 1964. godine (15,8-19,5 klizišta/km^2 u naslagama kvartarne, pontske i panonske starosti) i 1998. godine (9,2-15,0 klizišta/km^2 u naslagama kvartarne, pontske i panonske starosti) su izravna posljedica mjerila razmatranih stereomodela (1:8.000 u odnosu na 1:20.000), a dijelom i površina obuhvata stereomodela (54,14 km^2 u odnosu na 99,79 km^2).

U tablici 24 je dan pregled raspona sljedećih dimenzija klizišta identificiranih na području istraživanja prema stereomodelu iz 1998. godine: površina klizišta (m^2), duljina i širina klizišta (m), te visinska razlika između vrha i dna klizišta (m). Sve dimenzije mjerene su u tlocrtu, izuzev visinske razlike između vrha i dna klizišta koja je očitana s HOK-a. Za sve vrijednosti navedenih dimenzija također je dana i srednja vrijednost, te standardna devijacija. Površine klizišta variraju u širokom rasponu od 102,73 m^2 do 276.642,93 m^2. Interpretacija malih klizišta sa stereoparova aerosnimki

mjerila 1:20.000 omogućena je na način da su uvećani pojedini dijelovi fotografija, te su na taj način umanjena ograničenja uslijed originalnog mjerila fotografija. U tablici 25 prikazan je i raspon geometrijskih vrijednosti.

Tablica 24 Raspon dimenzija identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine

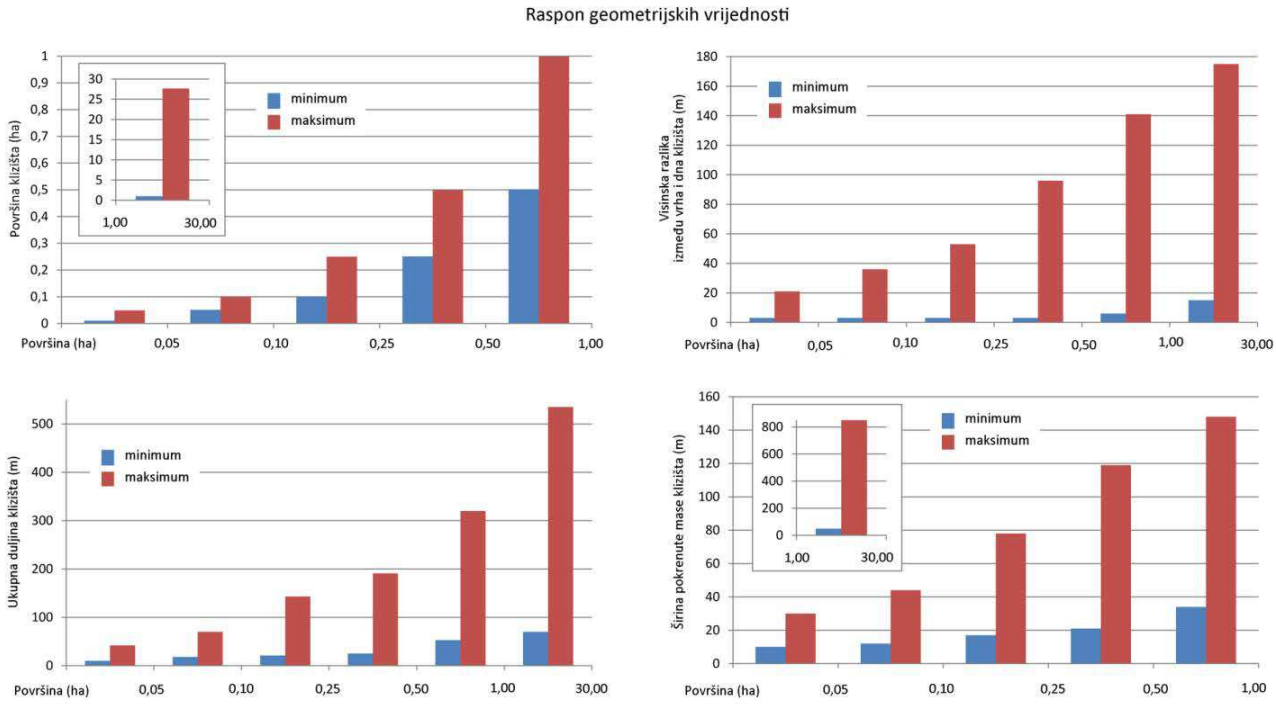
Dimenzije klizišta	Minimalna veličina	Maksimalna veličina	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
površina klizišta (m^2)	103	276.643	5.909	10.424
ukupna duljina klizišta (m)	10	535	96	63
širina pokrenute mase klizišta (m)	10	860	61	41
visinska razlika između vrha i dna klizišta (m)	3	175	32	24

Tablica 25 Zastupljenost dimenzija 1.229 klizišta u klasama površina klizišta identificiranih na temelju stereomodela iz 1998. godine

Klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine					
Raspon geometrijskih vrijednosti		Površina klizišta (m^2)		Visinska razlika između vrha i dna klizišta (m)	
Klase površina (m^2)	Broj klizišta	Minimalna veličina	Maksimalna veličina	Minimalna veličina	Maksimalna veličina
0-500	20	103	489	3	21
501-1.000	94	507	998	3	36
1.001-2.500	308	1.001	2.497	3	53
2.501-5.000	371	2.506	4.985	3	96
5.001-10.000	261	5.019	9.998	6	141
10.001-300.000	175	10.040	276.643	15	175
Raspon geometrijskih vrijednosti		Ukupna duljina klizišta (m)		Širina pokrenute mase klizišta (m)	
Klase površina (m^2)	Broj klizišta	Minimalna veličina	Maksimalna veličina	Minimalna veličina	Maksimalna veličina
0-500	20	10	42	10	30
501-1.000	94	18	70	12	44
1.001-2.500	308	21	143	17	78
2.501-5.000	371	25	191	21	119
5.001-10.000	261	53	320	34	148
10.001-300.000	175	70	535	49	860

U tablici 25 prikazana je klasifikacija identificiranih klizišta prema površini klizišta, pri čemu su za analizu korištene sljedeće proizvoljno odabrane klase: (i) 0-500 m^2, (ii) 501-1.000 m^2, (iii) 1.001-2.500 m^2, (iv) 2.501-5.000 m^2 (v) 5.001-10.000 m^2 i (vi) 10.001-300.000 m^2. Svrha ove klasifikacije bila je dobivanje boljeg uvida u zastupljenost površina klizišta, osobito malih klizišta. Za svaku klasu površina klizišta prikazan je broj klizišta, minimalna i maksimalna površina klizišta, minimalna i

maksimalna duljina i širina klizišta, te minimalna i maksimalna visinska razlika između vrha i dna klizišta. Odgovarajući grafički prikazi su dani na slici 61.



Slika 61 Grafički prikaz raspona dimenzija klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1998. godine: a) površina klizišta; b) visinska razlika između vrha i dna klizišta; c) ukupna duljina klizišta; i d) širina pokrenute mase klizišta

Za grafički prikaz površina klizišta, identificiranih prema stereomodelu iz 1998. godine, na dijagramima na slici 61 granične vrijednosti površina izražene su u hektarima. Također je posljednja klasa površina izdvojena kao zaseban detalj na dijagramima koji prikazuju površinu klizišta i širinu pokrenute mase zbog prevelikih razlika u vrijednosti. Na dijagramu je vidljivo da su kod klizišta manjih površina odstupanja između minimalnih i maksimalnih vrijednosti manja, a s povećanjem površina klizišta, povećavaju se i razlike između minimalnih i maksimalnih vrijednosti dimenzija, što je osobito izraženo na dijagramu na kojemu su prikazane visinske razlike između vrha i dna klizišta. Na dijagramu je vidljivo da su razlike između minimalnih i maksimalnih vrijednosti duljina klizišta višestruke, ali manje su kod klizišta manjih površina, te se povećavaju s povećanjem površina klizišta, a osobito kod klizišta čija površina je u rasponu 1-30 ha. Na dijagramu je vidljivo da su razlike između minimalnih i maksimalnih vrijednosti širina pokrenute mase višestruke, i to u omjeru približno 1:4, osim za posljednju klasu gdje je taj omjer približno 1:18.

Analizom stereomodela u mjerilu 1:20.000 iz 1998. godine je identificirano 1229 klizišta koja su različita s obzirom na pouzdanost identifikacije i na mogućnost daljnjeg razvoja. Pregled klizišta prema procjeni pouzdanosti identifikacije i prema procjeni mogućnosti daljnjeg razvoja, primjenom AHP metode je dan u tablici 26. S obzirom na pouzdanost odredbe, na stereomodelu iz 1998. godine pouzdano i vrlo pouzdano su identificirana 389 klizišta (ili 31,6%), odnosno svako treće klizište. Slabo pouzdano, nepouzdano i vrlo nepouzdano su identificirana 840 klizišta (ili 68,4%). Udjel pouzdano identificiranih klizišta je manji na steremodelu iz 1998. godine nego na stereomodelu iz 1964. godine (približno 30% u donosu na približno 50%), što je i očekivano s obzirom na sitnije mjerilo stereomodela iz 1998. godine (1:20.000 u odnosu na 1:1.8000). Na temelju istog stereomodela iz 1998. godine napravljena je i procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta. S obzirom na mogućnost daljnjeg razvoja klizišta moguće je razlikovati dvije glavne grupe: (i) klizišta s relativno malom mogućnošću daljnjeg razvoja, koja obuhvaćaju klizišta klasificirana kao klizišta s vrlo malom, malom i srednjom mogućnošću daljnjeg razvoja, zastupljena su s 491 klizištem (ili 40,0%); i (ii) klizišta s relativno velikom mogućnošću daljnjeg razvoja, koja obuhvaćaju klizišta s velikom i vrlo velikom mogućnošću daljnjeg razvoja, zastupljena su sa 738 klizišta (ili 60,0%). Na temelju ove generalizacije proizlazi da za približno tri petine identificiranih klizišta postoji mogućnost daljnjeg razvoja, što se smatra relativno velikim udjelom, jer to implicira potencijalnu opasnost od ukupno 738 klizišta na području površine 99,79 km^2, odnosno prosječno 7,4 klizišta/km^2. Omjer broja klizišta po kilometru kvadratnom s mogućnošću daljnjeg razvoja za stereomodel iz 1998. godine je približno isti kao i za stereomodel iz 1964. godine, odnosno prosječno 6,0 klizišta/km^2. Na temelju korištenih kriterija AHP analize, topografske značajke lokacija klizišta za koja postoji velika mogućnost daljnjeg razvoja na analiziranom području u Podsljemenskoj zoni su generalno sljedeće: strmi nagib padine uz čiju je nožicu ili u blizini vodotok (isto kao i za stereomodel iz 1964. godine). Suprotno tome, topografske značajke lokacija klizišta za koja ne postoji velika mogućnost daljnjeg razvoja na analiziranom području u Podsljemenskoj zoni su generalno sljedeće: blagi nagib padine čija je nožica udaljena od vodotoka (isto kao i za stereomodel iz 1964. godine).

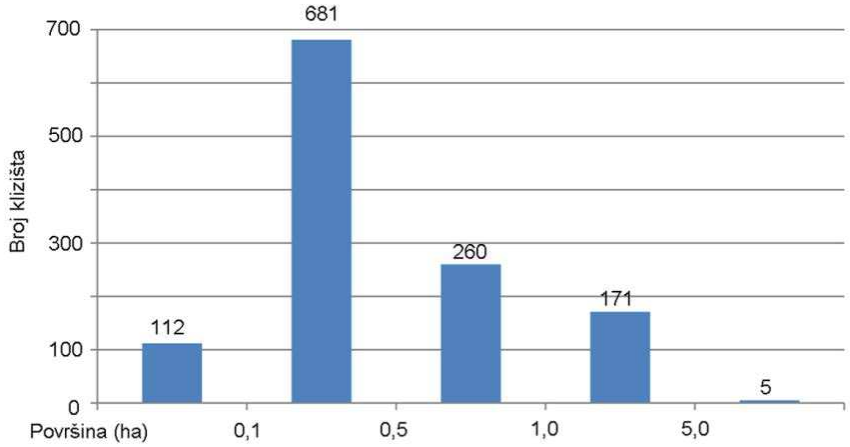
Tablica 26 Pregled identificiranih klizišta prema procjeni pouzdanosti i prema procjeni mogućnosti daljnjeg razvoja prema broju i udjelu prema stereomodelu iz 1998. godine

Klizišta prema stereoskopskoj analizi fotografija iz 1998. godine		
Pouzdanost identificiranih klizišta	**Broj**	**Udjel (%)**
vrlo nepouzdano identificirano klizište	74	6,0
nepouzdano identificirano klizište	325	26,5
slabo pouzdano identificirano klizište	441	35,9
pouzdano identificirano klizište	240	19,5
vrlo pouzdano identificirano klizište	149	12,1
Suma	**1229**	**100**
Mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	**Broj**	**Udjel (%)**
vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	15	1,2
mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	211	17,2
srednja mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	265	21,6
velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	683	55,5
vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	55	4,5
Suma	**1229**	**100**

Iz rezultata ovih analiza proizlazi dau su klizišta na stereomodelu iz 1964. godine identificirana gotovo dva puta pouzdanije nego na stereomodelu iz 1998. godine, a procijenjena mogućnost daljnjeg razvoja klizišta je približno dva puta veća za klizišta određena prema stereomodelu iz 1998. godine. Razlog za veću pouzdanost odrebe klizišta na stereomodelu iz 1964. godine je krupnije mjerilo stereomodela, što omogućava precizniju identifikaciju granica klizišta. Razlog za veću procijenjenu mogućnost razvoja klizišta na stereomodelu iz 1998. godine je taj što se u obuhvatu stereomodela iz 1998. godine nalazi više padina s strmim nagibom uz čiju je nožicu ili u blizini vodotok, što se prvenstveno odnosi na područje Parka prirode Medvednica, koje je u ovom stereomodelu zastupljeno s 20% ukupne površine stereomodela.

Raspodjela površina identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine je prikazana na slici 62. Sa slike 62 je vidljivo da je većina klizišta (1053 klizišta ili 85,6% od ukupnog broja klizišta) površinom manja od 1,0 ha, od čega je 793 klizišta (ili 64,5%) manje površine od 0,5 ha. Relativno je mali broj klizišta površinom manji od 0,1 ha (112 klizišta ili 9,1%). Najveći broj klizišta je površine u rasponu od 0,1 ha, do 0,5 ha (681 klizišta ili 55,4%). Kako klase površina rastu broj klizišta opada, te je 260 klizišta (ili 21,2%) površine u rasponu većem od 0,5 ha, a površinom do 1,0 ha, dok je 171 klizište (ili 13,9%) u rasponu većem od 1,0 ha, a površinom do 5,0 ha. Samo 5 identificiranih klizišta (ili 0,4%) ima površinu veću od 5,0 ha. Na temelju ove analize proizlazi da su klizišta površine veće od 5,0 ha

relativno rijetka pojava na istraživanom području, učestala su klizišta površina do 5,0 ha, dok su najučestalija klizišta površina do 5,0 ha. Zbog sitnijeg mjerila stereomodela iz 1998. godine manja klizišta se slabije uočavaju, što je vidljivo i iz raspodjele površina identificiranih klizišta.



Slika 62 Prikaz raspodjele površina identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine

Područje istraživanja iz 1998. godine (ukupne površine 99,79 km^2) pretežito obuhvaća terene izgrađene od inženjerskog tla (kvartarne starosti tj. holocen – pleistocen; Q_1-Q_2) i mekih stijena miocenske starosti (tj. pont – otnang; M_2-M_7), ali su unutar njega prisutni i tereni izgrađeni od stijena predneogenske starosti (tj. kreda; K – paleozoik; Pz; ukupne površine 19,75 km^2 na steremodelu). Analiza zastupljenosti identificiranih klizišta u jedinicama inženjerskog tla i mekih stijena (naslage kvartara i miocena) i stijena (naslage krede, trijasa i paleozoika) je prikazana u tablici 27. Klizišta identificirana analizom stereomodela iz 1998. godine se većinom nalaze u inženjerskom tlu i mekim stijenama (74,1% klizišta), što je logično i za očekivati jer stereomodel iz 1998. godine pokriva područje inženjerskog tla i mekih stijena u velikom udjelu (80,2%).

Tablica 27 Zastupljenost identificiranih klizišta iz 1998. godine s obzirom na inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene

inventar klizišta iz 1998. godine				
broj klizišta	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
1229	911	74,1	318	25,9

U tablici 28 je prikazana zastpljenost identificiranih klizišta s obzirom na površine u inženjerskom tlu s mekim stijenama i stijene. Najveći broj identificiranih klizišta i za inženjersko tlo s mekim stijenama (60,2%) i za stijene (41,8%) je u rasponu površina od 0,1-0,5 ha. Ostale klase površina za inženjersko tlo s mekim

stijenama su zastupljene relativno ravnomjerno, osim izrazito velikih klizišta (površine veće od 5 ha) kojih je na području istraživanja identificarno samo tri. Za područje stereomodela izgrađeo od stijena je distribucija površina klizišta nešto drugačija, jer su dominantno (75,1% klizišta) zastupljena klizišta u rasponu površina 0,51-1,00 ha. Veće površine identificiranih klizišta u odnosu na stereomodel iz 1964. godine su posljedica sitnijeg mjerila stereomodela iz 1998. godine. Osim toga, proizlazi da su veća klizišta identificirana u području izgrađeno od stijena, kao što je prethodno i navedeno.

Tablica 28 Zastupljenost klizišta određene površine s obzirom na inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene, na temelju inventara klizišta iz 1998. godine

inventar klizišta iz 1998. godine				
površina (ha)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
<0,10	109	12,0	3	0,9
0,10-0,50	548	60,2	133	41,8
0,51-1,00	154	16,9	106	33,3
1,01-5,00	97	10,6	74	23,3
>5,00	3	0,3	2	0,6
suma	911	100,0	318	100,0

Zastupljenost klizišta u klasama pouzdanosti identifikacije klizišta i klasama mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta, te s obzirom na inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene je prikazana u tablici 29. Kod detaljnije analize prikazane u tablici 29 se uočava da su za inženjersko tlo s mekim stijenama najzastupljenija klizišta u rasponu površina 0,1-0,5 ha neovisno o klasi pouzdanosti ili klasi mogućnosti razvoja. Najzastupljenija vrlo nepouzdano i nepouzdano identificirana klizišta u stijenama su površine do 1,0 ha. Najzastupljenija slabo pouzdano i pouzdano identificirana klizišta su površina do 5,0 ha. Kod mogućnosti razvoja klizišta u stijenama zastupljenost površina je u rasponu 0,1-5,0 ha. Treba istaknuti da za niti jedno klizište u stijenama nije identificirana vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja, a razlog za to je što su to klizišta sa šumskim pokrovom, koji značajno umanjuje mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, s obzirom na definirane kriterije procjene. Klizišta površine veće od 5,0 ha su malo zastupljena. S obzirom na ovu analizu, proizlazi da su na području obuhvata stereomodela iz 1998. godine identificirana klizišta čije površine su manje od 0,5 ha na područjima izgrađenim od inženjerskih tala s mekim stijenama i klizišta čije površine su manje od 5,0 ha na područjima izgrađenim od stijena.

Tablica 29 Zastupljenost identificiranih klizišta iz 1998. godine s obzirom na površine, pouzdanost identifikacije klizišta, mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, te inženjersko tlo s mekim stijenama i stijene

1998	vrlo nepouzdano identificirano klizište				vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja			
površina (ha)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
<0,10	12	20,0	1	7,1	1	7,7	0	0,0
0,10-0,50	**37**	**61,7**	**7**	**50,0**	**6**	**46,2**	2	100,0
0,51-1,00	7	11,7	**5**	**35,7**	6	46,2	0	0,0
1,01-5,00	3	5,0	1	7,1	0	0,0	0	0,0
>5,00	1	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
suma	60	100,0	14	100,0	13	100,0	2	100,0
1998	nepouzdano identificirano klizište				mala mogućnost daljnjeg razvoja			
površina (ha)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
<0,10	68	22,7	0	0,0	31	15,2	0	0,0
0,10-0,50	**184**	**61,3**	**10**	**40,0**	**115**	**56,4**	9	52,9
0,51-1,00	28	9,3	**9**	**36,0**	30	14,7	5	29,4
1,01-5,00	20	6,7	6	24,0	27	13,2	3	17,6
>5,00	0	0,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0
suma	300	100,0	25	100,0	194	100,0	17	100,0
1998	slabo pouzdano identificirano klizište				srednja mogućnost daljnjeg razvoja			
površina (ha)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
<0,10	14	4,8	1	0,7	16	8,8	2	2,7
0,10-0,50	**182**	**62,3**	**76**	**51,0**	**113**	**62,1**	**26**	**35,6**
0,51-1,00	64	21,9	**50**	**33,6**	31	17,0	**24**	**32,9**
1,01-5,00	32	11,0	**22**	**14,8**	21	11,5	**21**	**28,8**
>5,00	0	0,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0
suma	292	100,0	149	100,0	192	100,0	73	100,0
1998	pouzdano identificirano klizište				velika mogućnost daljnjeg razvoja			
površina (ha)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
<0,10	14	7,7	1	1,7	51	11,2	1	0,4
0,10-0,50	**114**	**62,6**	**21**	**36,2**	**282**	**61,7**	**96**	**42,5**
0,51-1,00	34	18,7	**17**	**29,3**	78	17,1	**77**	**34,1**
1,01-5,00	20	11,0	**19**	**32,8**	45	9,8	**50**	**22,1**
>5,00	0	0,0	0	0,0	1	0,2	2	0,9
suma	182	100,0	58	100,0	457	100,0	226	100,0
1998	vrlo pouzdano identificirano klizište				vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja			
površina (ha)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)	inž. tlo (broj)	udjel (%)	stijena (broj)	udjel (%)
<0,10	1	1,3	0	0,0	10	18,2	0	0,0
0,10-0,50	**31**	**40,3**	19	26,4	**32**	**58,2**	0	0,0
0,51-1,00	21	27,3	25	34,7	9	16,4	0	0,0
1,01-5,00	22	28,6	26	36,1	4	7,3	0	0,0
>5,00	2	2,6	2	2,8	0	0,0	0	0,0
suma	77	100,0	72	100,0	55	100,0	0	0,0

5.2 Karta relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelima

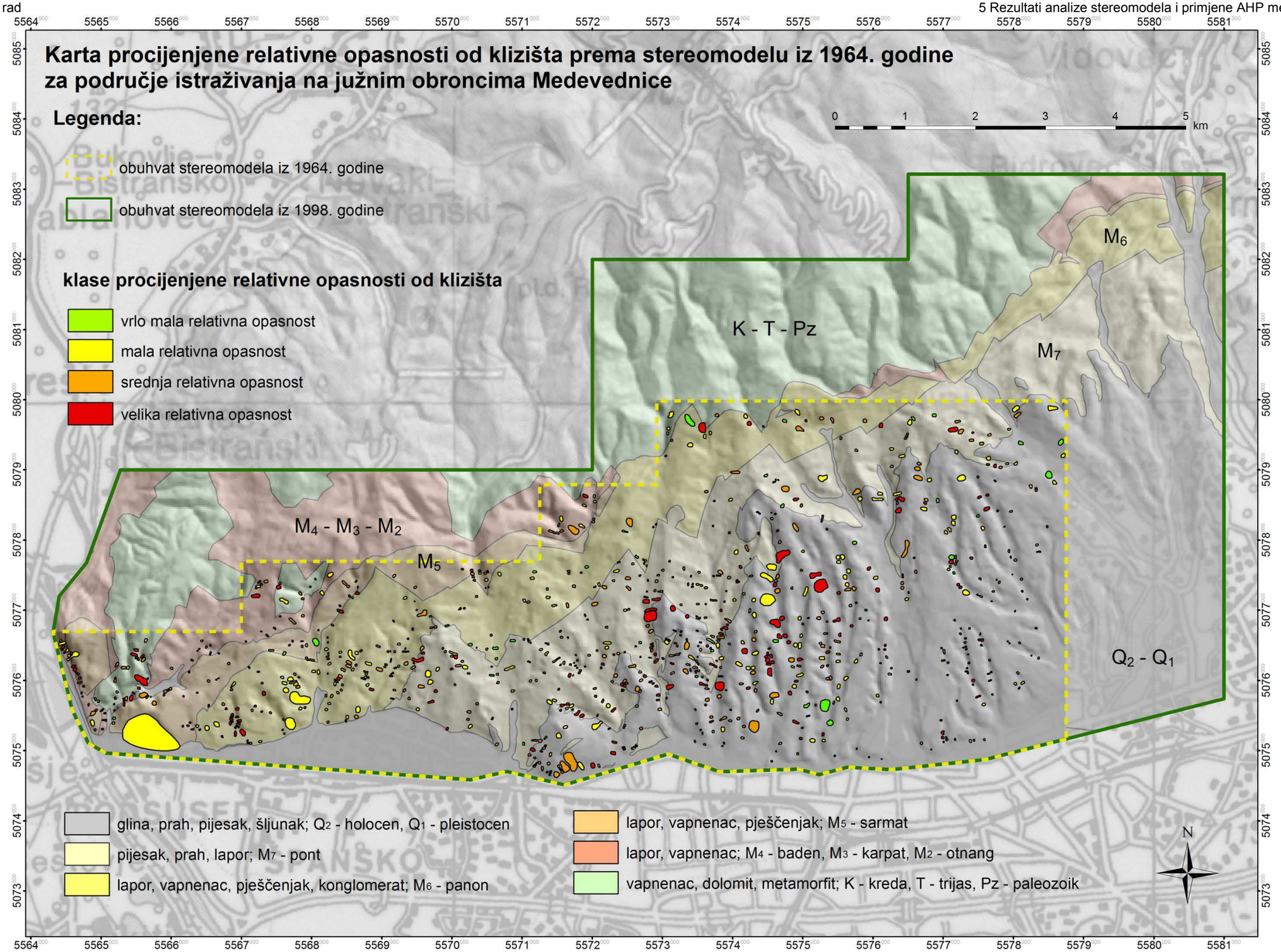
Karte relativne opasnosti od klizišta načinjene su na temelju analiza stereomodela iz 1964. i 1998. godine, prema kriterijima opisanim u poglavlju 3.2.2. Za svako klizište identificirano na stereomodelima iz navedena dva razdoblja procijenjena je relativna opasnost od klizišta kao funkcija pouzdanosti identifikacije klizišta i mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta pomoću AHP metode. Sva identificirana klizišta klasificirana su u sljedeće četiri klase relativne opasnosti od klizišta: (i) vrlo mala relativna opasnost od klizišta, (ii) mala relativna opasnost od klizišta, (iii) srednja relativna opasnost od klizišta i (iv) velika relativna opasnost od klizišta. Ove klase detaljno su opisane u poglavlju 3. Inventar klizišta i prateća baza podataka, izrađena za stereomodele iz 1964. i 1998. godine, uz grafički prikaz klizišta sadrži i opisne podatke svih pojedinih alternativa korištenih podkriterija, odnosno bodove kojima je definiran relativan utjecaj značajki klizišta i uvjeta u kojima se klizišta nalaze u odnosu na relativnu opasnost od klizišta. Relativna opasnost od klizišta je procijenjena s obziorom na mogućnost reaktiviranja klizišta, koja, uz stvarne značajke klizišta, uzima u obzir pouzdanost identifikacije klizišta na stereomodelu i topografske značajke lokacije. S obzirom na to, važno je napomenuti da ovom metodom nije moguće analizirati mogućnost pojave klizišta na lokacijama na kojima do sada nije bilo klizišta.

U nastavku ovog poglavlja prikazana je analiza podataka o klizištima s obzirom na procijenjenu relativnu opasnost od klizišta za dva inventara izrađena na temelju stereomodela iz 1964. i 1998. godine. Za svaki model posebno izvršena je analiza učestalosti klizišta određene razine procijenjene relativne opasnosti. Pri tome je važno razlikovati klizišta u područjima izgrađenim od inženjerskih tala s mekim stijenama (naslage kvartarne i miocenske starosti) od klizišta u područjima izgrađenim od stijena (naslage kredne, trijaske i paleozoiske starosti). Naime, analiza veličine klizišta u inventaru iz 1998. godine, opisana u okviru poglavlja 4.1.2, pokazala je da su klizišta u stijenama bitno veća u odnosu na klizišta u tlu i mekim stijenama (identificirano je ukupno 318 klizišta u stijenama, ili 25,9% od ukupnog broja klizišta identificiranih na stereomodelu iz 1998. godine).

5.2.1 Karta relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine

Rezultati procjene relativne opasnosti od klizišta temeljene na stereoskopskoj analizi stereomodela iz 1964. godine ukupne površine 54,14 km^2 (ili 100% površine obuhvata stereomodela) prikazani su na karti klizišta na slici 63. Budući da se identificirana klizišta nalaze na područjima izgrađenim od inženjerskih tala s mekim stijenama i na područjima izgrađenim od stijena, smatra se da se klizišta značajno razlikuju s obzirom na materijale koji izgrađuju klizište, odnosno materijale koji se nalaze u podlozi klizišta, te su stoga zasebno provedene analize učestalosti za klizišta u inženjerskom tlu s mekim stijenama (naslage starosti od otnanga do holocena ukupnih površina 52,59 km^2 ili 97,1% površine obuhvata stereomodela) i klizišta u stijenama (naslage starosti od paleozoika do krede ukupnih površina 1,55 km^2 ili 2,9% površine obuhvata stereomodela).

Broj klizišta i relativni udio klizišta u terenima izgrađenim od inženjerskih tala s mekim stijenama, u klasama relativne opasnosti prikazan je u tablici 30. Prema ovim podacima proizlazi da je na području ukupne površine 52,59 km^2 1964. godine postojalo 238 klizišta (ili 25,7% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao vrlo opasna, odnosno 271 klizište (ili 29,2% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao srednje opasna, 366 klizišta (ili 39,4% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao malo opasna i 53 klizišta (ili 5,7% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao vrlo malo opasna. Ukoliko se pretpostavi da je potencijal reaktiviranja klizišta prisutan kod klizišta za koja je procijenjena srednja i velika relativna opasnost, tada proizlazi da je opasno ukupno 509 klizišta (ili 54,8% od ukupnog broja klizišta), odnosno svako drugo klizište na području istraživanja ukupne površine P_I=52,59 km^2. Iz navedenog proizlazi da je gustoća klizišta za koja je pretpostavljena mogućnost reaktiviranja približno 10 klizišta po kilometru kvadratnom (K_B/P_I=9,7).



Slika 63 Karta procijenjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine za područje istraživanja na južnim obroncima Medvednice s prikazom klasifikacije klizišta utvrđenom pomoću AHP metode (detaljno opisano u poglavlju 4.2.2)

Tablica 30 Broj i udjel klizišta na terenima izgrađenim od inženjerskih tala s mekim stijenama prikazan prema relativnoj opasnosti od klizišta identificiran na stereomodelu iz 1964. godine za 928 klizišta

Relativna opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine za inženjerska tla s mekim stijenama	Broj klizišta K_B	Udjel K_{UB} (%)	Učestalost na stereomodelu		
			gustoća klizišta K_B / P_I	površina klizišta K_P (km^2)	gustoća klizišta K_P / P_I (%)
vrlo mala relativna opasnost	53	5,7	1,0	0,12	0,23
mala relativna opasnost	366	39,4	7,0	0,94	1,79
srednja relativna opasnost	271	29,2	5,2	0,49	0,93
velika relativna opasnost	238	25,7	4,5	0,43	0,82
Suma	928	100	17,6	1,98	3,77

Broj klizišta i relativni udio klizišta u terenima izgrađenim od stijena, u klasama relativne opasnosti prikazan je u tablici 31. Iz ovog prikaza je vidljivo da je u terenima izgrađenim od stijena prema stereomodelu iz 1964. godine identificiran vrlo mali broj klizišta, odnosno svega 35 klizišta (ili 3,6% od ukupnog broja identificiranih klizišta u ovom inventaru). Prema ovim podacima proizlazi da je na području ukupne površine 1,55 km^2 1964. godine postojalo 11 klizišta (ili 31,4% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao vrlo opasna, odnosno 12 klizišta (ili 34,3% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao srednje opasna, 11 klizišta (ili 31,4% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao malo opasna i 1 klizište (ili 2,9% od ukupnog broja klizišta) koje je procijenjeno kao vrlo malo opasno. Ukoliko se pretpostavi da je potencijal reaktiviranja klizišta prisutan kod klizišta za koja je procijenjena srednja i velika relativna opasnost, tada proizlazi da je opasno ukupno 23 klizišta (ili 65,7% od ukupnog broja klizišta) odnosno dva od tri identificirana klizišta na području istraživanja ukupne površine P_I=1,55 km^2. Iz navedenog proizlazi da je gustoća klizišta za koja je pretpostavljena mogućnost reaktiviranja približno 15 klizišta po kilometru kvadratnom (K_B/P_I=14,8). Ograničavajući faktor ove analize je mala površina područja izgrađenog od stijena, zbog čega je upitna reprezentativnost rezultata analize.

Tablica 31 Broj i udjel klizišta na terenima izgrađenim od stijena prikazan prema relativnoj opasnosti od klizišta identificiran na stereomodelu iz 1964. godine za 35 klizišta

Relativna opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine za stijene	Broj klizišta K_B	Udjel K_{UB} (%)	Učestalost na stereomodelu		
			gustoća klizišta K_B / P_I	površina klizišta K_P (km^2)	gustoća klizišta K_P / P_I (%)
vrlo mala relativna opasnost	1	2,9	0,6	0,001	0,07
mala relativna opasnost	11	31,4	7,1	0,018	1,16
srednja relativna opasnost	12	34,3	7,7	0,016	1,03
velika relativna opasnost	11	31,4	7,1	0,035	2,26
Suma	35	100	22,5	0,070	4,52

Iz gustoća klizišta prikazanih u tablicama 30 i 31 je vidljivo da su dobivene nešto veće gustoće klizišta za klizišta identificirana u terenima izgrađenim od stijena (0,6-7,7 klizišta/km^2) od gustoća klizišta u terenima izgrađenim od tala i mekih stijena (1,0-7,0 klizišta/km^2), te da je i mogućnost reaktiviranja klizišta veća za stijene (14,8 u odnosu na 9,7 klizišta), ali dobiveni rezultati su posljedica male zastupljenosti područja izgrađenih od stijena. Zbog navedenog rezultate prikazane u tablici 31 treba uzeti u obzir kao preliminarne, a reprezentativne analize klizišta identificiranih u terenima izgrađenim od stijena provedene su u okviru analize inventara iz 1998. godine.

Sumarni prikaz broja i udjela procjene relativne opasnosti od klizišta identificiranih stereoskopskom analizom stereomodela iz 1964. godine, ukupne površine P_I=54,14 km^2, je dan u tablici 32.

Tablica 32 Zastupljenost relativne opasnosti od klizišta prema procjeni 963 identificirana klizišta za stereomodel iz 1964. godine

Relativna opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine	Broj klizišta K_B	Udjel K_{UB} (%)	Učestalost na stereomodelu		
			gustoća klizišta K_B / P_I	površina klizišta K_P (km^2)	gustoća klizišta K_P / P_I (%)
vrlo mala relativna opasnost	54	5,6	1,0	0,12	0,22
mala relativna opasnost	377	39,1	7,0	0,96	1,77
srednja relativna opasnost	283	29,4	5,2	0,51	0,94
velika relativna opasnost	249	25,9	4,6	0,46	0,86
Suma	963	100	17,8	2,05	3,79

Ukoliko se pretpostavi da je potencijal reaktiviranja klizišta prisutan kod klizišta za koja je procijenjena srednja i velika relativna opasnost, tada proizlazi da je opasno ukupno 532 klizišta (ili 55,2% od ukupnog broja klizišta) odnosno svako drugo klizište na području istraživanja ukupne površine PI=54,14 km^2. Iz navedenog proizlazi da je gustoća klizišta za koja je pretpostavljena mogućnost reaktiviranja približno 10 klizišta po kilometru kvadratnom (K_B/P_I=9,8), čime je dobivena ista gustoća kao gustoća klizišta kao u analizama koje su provedene samo za terene izgrađene od tala i mekih stijena. Ovime se dodatno ukazuje na zanemariv utjecaj klizišta idenitficiranih u terenima izgrađenim od stijena za stereomodel iz 1964. godine. Uzimajući u obzir sve prethodno navedeno, na temelju provedenih analiza procjene relativne opasnosti 963 identificirana klizišta, temeljene na stereoskopskoj analizi stereomodela iz 1964. godine, na području istraživanja ukupne površine P_I=54,14 km^2 proizlaze sljedeći reprezentativni rezultati : (i) opasno je svako drugo klizište; i (ii)

gustoća klizišta za koja je pretpostavljena mogućnost reaktiviranja iznosi približno 10 klizišta po kilometru kvadratnom.

Detaljniji prikaz zastupljenosti relativne opasnosti od klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1964. godine, dan je u tablici 33. U ovoj tablici zastupljenost klizišta klasificiranih prema relativnoj opasnosti dana je po razredima površina klizišta, pri čemu su zasebno prikazana klizišta u inženjerskim tlima s mekim stijenama od klizišta u stijenama. Vidljivo je da u svim procijenjenim klasama relativne opasnosti dominiraju klizišta površine manje od 0,5 ha (istaknuto debljim tiskom).

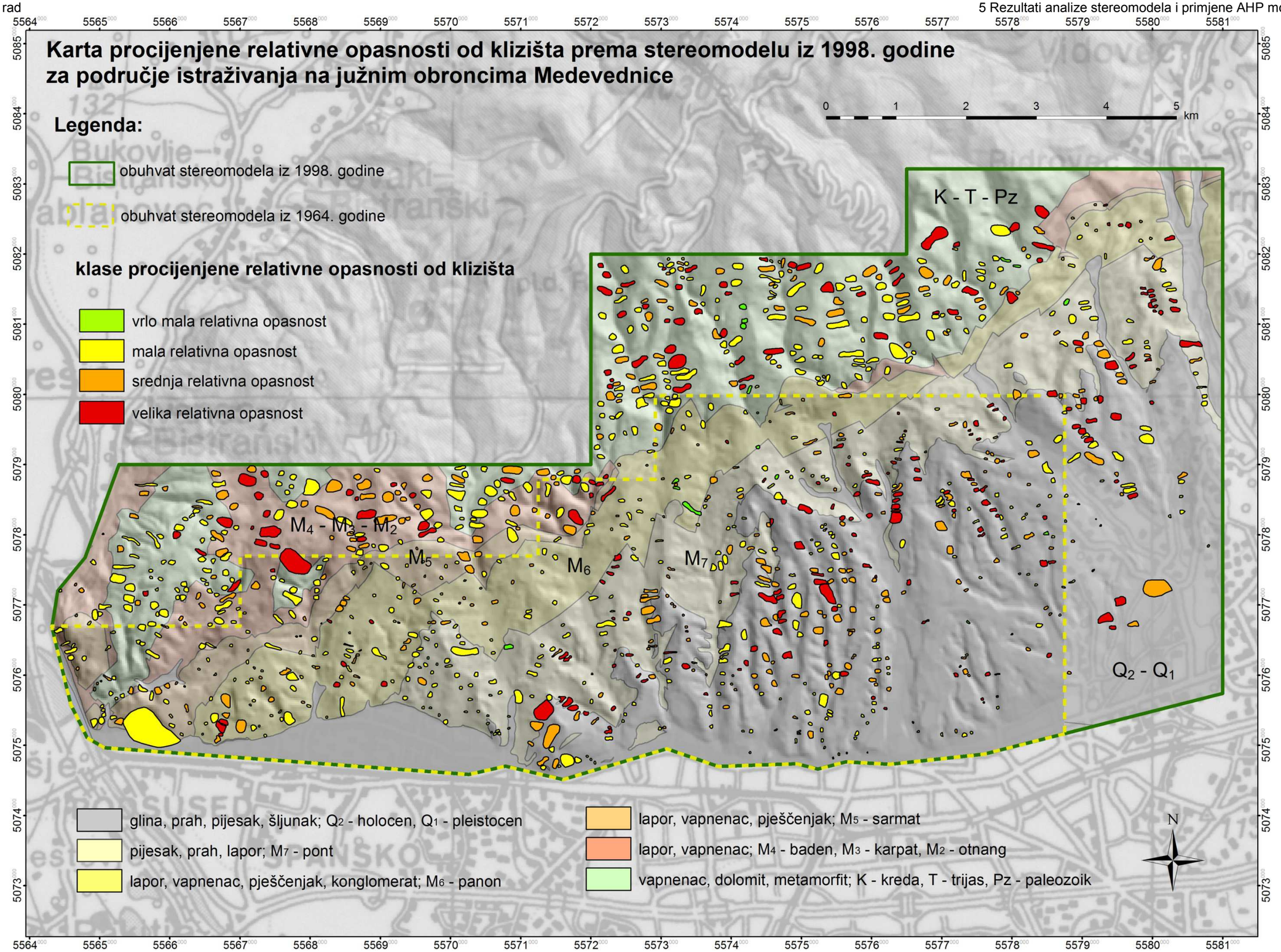
Tablica 33 Zastupljenost klizišta različite relativne opasnosti prema stereomodelu iz 1964. godine s obzirom na površinu klizišta u inženjerskim tlima s mekim stijenama i stijene

1964	**vrlo mala relativna opasnost**				**mala relativna opasnost**			
površina (ha)	**inž. tlo (broj)**	**udjel (%)**	**stijena (broj)**	**udjel (%)**	**inž. tlo (broj)**	**udjel (%)**	**stijena (broj)**	**udjel (%)**
<0,10	**20**	**37,7**	1	100,0	**180**	**49,2**	6	50,0
0,10-0,50	**28**	**52,8**	0	0,0	**169**	**46,2**	5	41,7
0,51-1,00	3	5,7	0	0,0	11	3,0	1	8,3
1,01-5,00	2	3,8	0	0,0	5	1,4	0	0,0
>5,00	0	0,0	0	0,0	1	0,3	0	0,0
suma	**53**	**100,0**	**1**	**100,0**	**366**	**100,0**	**11**	**100,0**
1964	**srednja relativna opasnost**				**velika relativna opasnost**			
površina (ha)	**inž. tlo (broj)**	**udjel (%)**	**stijena (broj)**	**udjel (%)**	**inž. tlo (broj)**	**udjel (%)**	**stijena (broj)**	**udjel (%)**
<0,10	**127**	**46,9**	6	46,2	**118**	**49,6**	2	18,2
0,10-0,50	**128**	**47,2**	6	46,2	**105**	**44,1**	8	72,7
0,51-1,00	11	4,1	1	7,7	9	3,8	1	9,1
1,01-5,00	5	1,8	0	0,0	6	2,5	0	0,0
>5,00	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
suma	**271**	**100,0**	**12**	**100,0**	**238**	**100,0**	**11**	**100,0**

5.2.2 Karta relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine

Rezultati procjene relativne opasnosti od klizišta temeljene na stereoskopskoj analizi stereomodela iz 1998. godine ukupne površine 99,79 km^2 (ili 100% površine obuhvata stereomodela) prikazani su na karti klizišta na slici 64. Budući da se identificirana klizišta nalaze na područjima izgrađenim od inženjerskih tala s mekim stijenama i na područjima izgrađenim od stijena, smatra se da se klizišta značajno razlikuju s obzirom na materijale koji izgrađuju klizište, odnosno materijale koji se nalaze u podlozi klizišta, te su stoga zasebno provedene analize učestalosti za klizišta u inženjerskom tlu s mekim stijenama (naslage starosti od otnanga do holocena ukupnih površina 80,04 km^2 ili 80,2% površine obuhvata stereomodela) i klizišta u stijenama (naslage starosti od paleozoika do krede ukupnih površina 19,75 km^2 ili 19,8% površine obuhvata stereomodela).

Broj klizišta i relativni udio klizišta u terenima izgrađenim od inženjerskih tala s mekim stijenama, u klasama relativne opasnosti prikazan je u tablici 34. Prema ovim podacima proizlazi da je na području ukupne površine 80,04 km^2 1998. godine postojalo 181 klizište (ili 19,9% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao vrlo opasna, odnosno 262 klizište (ili 28,8% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao srednje opasna, 456 klizišta (ili 50,0% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao malo opasna i 12 klizišta (ili 1,3% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao vrlo malo opasna. Ukoliko se pretpostavi da je potencijal reaktiviranja klizišta prisutan kod klizišta za koja je procijenjena srednja i velika relativna opasnost, tada proizlazi da je opasno ukupno 443 klizišta (ili 48,6% od ukupnog broja klizišta) odnosno svako drugo klizište na području istraživanja ukupne površine P_I=80,04 km^2. Iz navedenog proizlazi da je gustoća klizišta za koja je pretpostavljena mogućnost reaktiviranja približno 6 klizišta po kilometru kvadratnom (K_B/P_I=5,5).



Slika 64 Karta procijenjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine za područje istraživanja na južnim obroncima Medvednice s prikazom klasifikacije klizišta utvrđenom pomoću AHP metode (detaljno opisano u poglavlju 4.2.2)

Tablica 34 Broj i udjel klizišta na terenima izgrađenim od inženjerskih tala prikazan prema relativnoj opasnosti od klizišta identificiran na stereomodelu iz 1998. godine za 911 klizišta

Relativna opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine za inženjerska tla s mekim stijenama	Broj klizišta K_B	Udjel K_{UB} (%)	Učestalost na stereomodelu		
			gustoća klizišta K_B / P_I	površina klizišta K_P (km^2)	gustoća klizišta K_P / P_I (%)
vrlo mala relativna opasnost	12	1,3	0,1	0,05	0,07
mala relativna opasnost	456	50,0	5,7	1,99	2,46
srednja relativna opasnost	262	28,8	3,3	1,51	1,90
velika relativna opasnost	181	19,9	2,3	1,10	1,38
Suma	911	100	11,4	4,65	5,81

Broj klizišta i relativni udio klizišta u terenima izgrađenim od stijena, u klasama relativne opasnosti prikazan je u tablici 35. Iz ovog prikaza je vidljivo da je u terenima izgrađenim od stijena prema stereomodelu iz 1998. godine identificirana približno jedna četvrtina od ukupnog broja klizišta, odnosno 318 klizišta (ili 25,9% od ukupnog broja identificiranih klizišta u ovom inventaru). Prema ovim podacima proizlazi da je na području ukupne površine 19,75 km^2 1998. godine postojalo 51 klizište (ili 16,0% od ukupnog broja klizišta) koje je procijenjeno kao vrlo opasno, odnosno 66 klizišta (ili 20,8% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao srednje opasna, 195 klizišta (ili 61,3% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao malo opasna i 6 klizišta (ili 1,9% od ukupnog broja klizišta) koja su procijenjena kao vrlo malo opasna. Ukoliko se pretpostavi da je potencijal reaktiviranja klizišta prisutan kod klizišta za koja je procijenjena srednja i velika relativna opasnost, tada proizlazi da je opasno ukupno 117 klizišta (ili 36,8% od ukupnog broja klizišta) odnosno svako treće identificirano klizište na području istraživanja ukupne površine P_I=19,75 km^2. Iz navedenog proizlazi da je gustoća klizišta za koja je pretpostavljena mogućnost reaktiviranja približno 6 klizišta po kilometru kvadratnom (K_B/P_I=5,9). Ograničavajući faktor ove analize je sitno mjerilo (1.20.000) stereomodela iz 1998. godine.

Tablica 35 Broj i udjel klizišta na terenima izgrađenim od stijena prikazan prema relativnoj opasnosti od klizišta identificiran na stereomodelu iz 1998. godine za 318 klizišta

Relativna opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine za stijene	Broj klizišta K_B	Udjel K_{UB} (%)	Učestalost na stereomodelu		
			gustoća klizišta K_B / P_I	površina klizišta K_P (km^2)	gustoća klizišta K_P / P_I (%)
vrlo mala relativna opasnost	6	1,9	0,3	0,03	0,15
mala relativna opasnost	195	61,3	9,9	1,40	7,09
srednja relativna opasnost	66	20,8	3,3	0,52	2,63
velika relativna opasnost	51	16,0	2,6	0,68	3,44
Suma	318	100	16,1	2,63	13,31

Iz gustoća klizišta prikazanih u tablicama 34 i 35 je vidljivo da su dobivene veće gustoće klizišta za klizišta identificirana u terenima izgrađenim od stijena (0,3-9,9 klizišta/km^2) od gustoća klizišta u terenima izgrađenim od tala i mekih stijena (0,1-5,7 klizišta/km^2), ali da je mogućnost reaktiviranja klizišta približno ista (5,9 u odnosu na 5,5 klizišta).

Sumarni prikaz broja i udjela procjene relativne opasnosti klizišta identificiranih stereoskopskom analizom stereomodela iz 1998. godine, ukupne površine P_I=99,79 km^2, je dan u tablici 36. Ukoliko se pretpostavi da je potencijal reaktiviranja klizišta prisutan kod klizišta za koja je procijenjena srednja i velika relativna opasnost, tada proizlazi da je opasno ukupno 560 klizišta (ili 45,6% od ukupnog broja klizišta) odnosno svako drugo klizište na području istraživanja ukupne površine P_I=99,79 km^2. Iz navedenog proizlazi da je gustoća klizišta za koja je pretpostavljena mogućnost reaktiviranja približno 6 klizišta po kilometru kvadratnom (K_B/P_I=5,6), čime je dobivena skoro ista gustoća kao gustoća klizišta na terenima izgrađenim od tala i mekih stijena i stijena. Ovime se dodatno ukazuje na reprezentativnost analiza klizišta identificiranih u terenima izgrađenim od stijena za stereomodel iz 1998. godine.

Tablica 36 Zastupljenost relativne opasnosti od klizišta prema procjeni 1.229 identificirana klizišta za stereomodel iz 1998. godine

Relativna opasnost od klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine za stijene	Broj klizišta K_B	Udjel K_{UB} (%)	Učestalost na stereomodelu		
			gustoća klizišta K_B / P_I	površina klizišta K_P (km^2)	gustoća klizišta K_P / P_I (%)
vrlo mala relativna opasnost	18	1,5	0,2	0,08	0,08
mala relativna opasnost	651	52,9	6,5	3,39	3,40
srednja relativna opasnost	328	26,7	3,3	2,03	2,03
velika relativna opasnost	232	18,9	2,3	1,78	1,78
Suma	1.229	100	12,3	7,28	7,29

Uzimajući u obzir sve prethodno navedeno, na temelju provedenih analiza procjene relativne opasnosti 1.229 identificirana klizišta, temeljene na stereoskopskoj analizi stereomodela iz 1998. godine, na području istraživanja ukupne površine P_I=99,79 km^2 proizlaze sljedeći reprezentativni rezultati : (i) opasno je svako drugo klizište; i (ii) gustoća klizišta za koja je pretpostavljena mogućnost reaktiviranja iznosi približno 6 klizišta po kilometru kvadratnom. Nešto niža gustoća klizišta za koja je pretpostavljena mogućnost reaktiviranja na stereomodelu iz 1998. godine u odnosu na stereomodel iz 1964. godine (6 u odnosu na 10 klizišta po kilometru kvadratnom)

je posljedica mjerila korištenih stereomodela, ali s obzirom da je mjerilo stereomodela iz 1964. godine detaljnije, logična pretpostavka je da su dobiveni rezultati za stereomodel iz 1964. godine bolji jer su precizniji.

Detaljniji prikaz zastupljenosti relativne opasnosti od klizanja identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine, dan je u tablici 33. U ovoj tablici zastupljenost klizišta klasificiranih prema relativnoj opasnosti dana je po razredima površina klizišta, pri čemu su zasebno prikazana klizišta u inženjerskim tlima s mekim stijenama od klizišta u stijenama. Vidljivo je da u svim procijenjenim klasama relativne opasnosti dominiraju klizišta površina između 0,1 ha i 1,0 ha (istaknuto debljim tiskom). U usporedbi s rasponima površina identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine, proizlazi da su površine klizišta veće prema stereomodelu iz 1998. godine, što je izravna posljedica mjerila korištenih stereomodela.

Tablica 37 Zastupljenost klizišta različite relativne opasnosti prema stereomodelu iz 1964. godine s obzirom na površinu klizišta u inženjerskim tlima s mekim stijenama i stijenama

1998	**vrlo mala relativna opasnost**				**mala relativna opasnost**			
površina (ha)	**inž. tlo (broj)**	**udjel (%)**	**stijena (broj)**	**udjel (%)**	**inž. tlo (broj)**	**udjel (%)**	**stijena (broj)**	**udjel (%)**
<0,10	3	25,0	0	0,0	78	17,1	2	1,0
0,10-0,50	6	50,0	5	83,3	**282**	**61,8**	**90**	**46,2**
0,51-1,00	2	16,7	1	16,7	**58**	**12,7**	**66**	**33,8**
1,01-5,00	1	8,3	0	0,0	37	8,1	37	19,0
>5,00	0	0,0	0	0,0	1	0,2	0	0,0
suma	**12**	**100,0**	**6**	**100,0**	**456**	**100,0**	**195**	**100,0**
1998	**srednja relativna opasnost**				**velika relativna opasnost**			
površina (ha)	**inž. tlo (broj)**	**udjel (%)**	**stijena (broj)**	**udjel (%)**	**inž. tlo (broj)**	**udjel (%)**	**stijena (broj)**	**udjel (%)**
<0,10	16	6,1	1	1,5	12	6,2	0	0,0
0,10-0,50	**155**	**59,2**	26	39,4	**117**	**60,6**	12	23,5
0,51-1,00	**58**	**22,1**	20	30,3	**36**	**18,7**	19	37,3
1,01-5,00	32	12,2	19	28,8	27	14,0	18	35,3
>5,00	1	0,4	0	0,0	1	0,5	2	3,9
suma	**262**	**100,0**	**66**	**100,0**	**181**	**100,0**	**51**	**100,0**

5.3 Verifikacija pouzdanosti identifikacije klizišta

Klizišta identificirana sa stereomodela iz 1964. i 1998. godine za koja je procijenjena pouzdanost identifikacije pomoću AHP metode, kako je opisano u poglavlju 4.1.3, verificirana su na sljedeće načine: (i) usporedbom s podacima iz povijesnog inventara klizišta iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*); (ii) međusobnom usporedbom inventara izrađenih na temelju analiza stereomodela iz 1964. i 1998. godine, provedenih u ovom radu; i (iii) provjerom na terenu 2012. i 2013. godine.

Galli i dr. (2008) navode da se terenska provjera klizišta identificiranih za potrebe izrade inventara uobičajno radi na vrlo ograničenom području istraživanja (uobičajno manje od 15% ukupne površine obuhvaćene istraživanjem) ili na specifičnim problematičnim područjima, odnosno u svrhu riješavanja eventualnih pogrešaka u klasifikaciji zbog krive intepretacije geomorfoloških oblika (*Guzzetti i dr., 2012*). Iz tih je razloga terenska provjera pojedinih identificiranih klizišta provođena istovremeno kada i identifikacija klizišta na stereoparovima, odnosno tijekom 2012. godine. Dodatno su na terenu provjeravane i lokacije klizišta aktiviranih početkom 2013. godine, budući da je u razdoblju od siječnja do travnja 2013. godine u Zagrebu aktivirano preko 60 klizišta uz prometnice i na okućnicama (*Mihalić Arbanas i dr., 2014; Bernat i dr., 2014*).

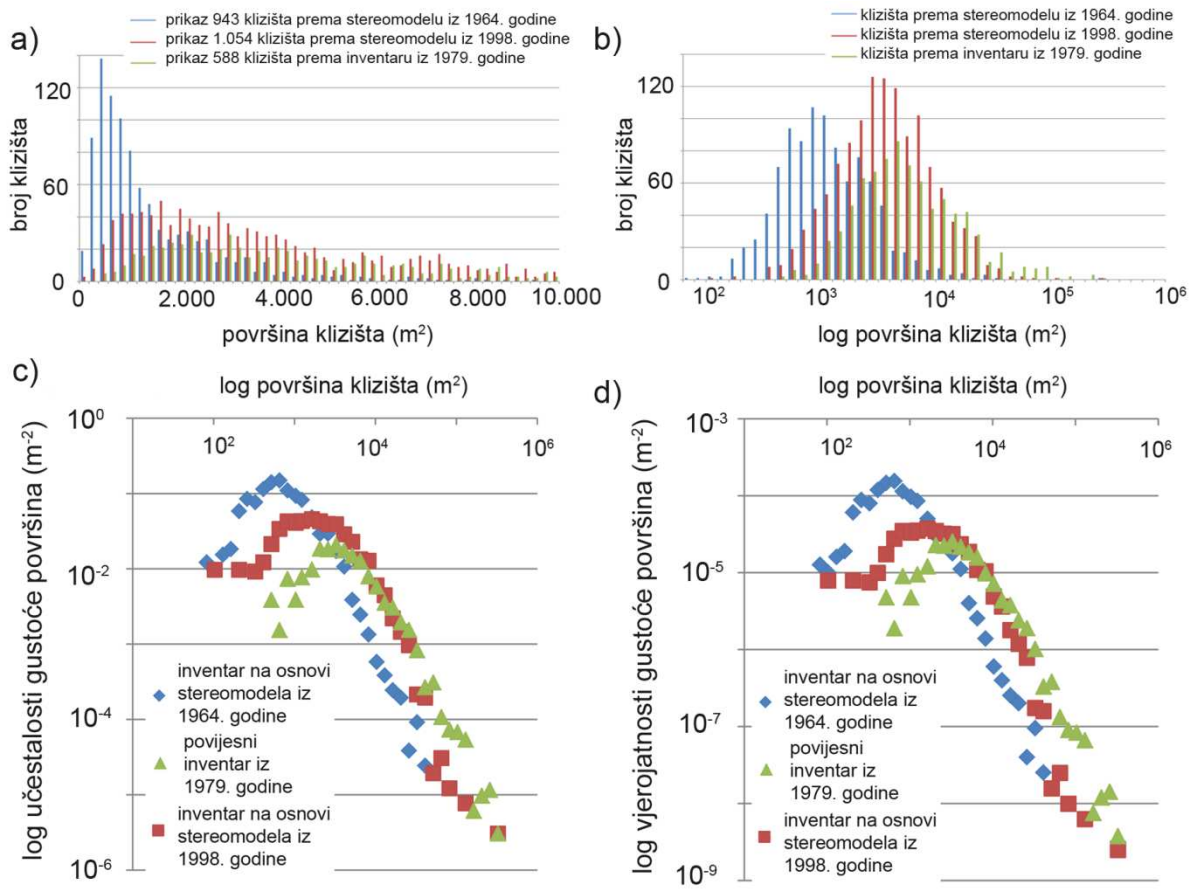
Osnovne karakteristike inventara koji su uspoređivani u okviru ovog poglavlja prikazane su u tablici 38. Usporedbe prema učestalosti površina klizišta, frekvenciji gustoće površina i vjerojatnosti gustoće površina klizišta uobičajeno se rade sa svim podacima određenog invetara, prvenstveno u svrhu dobivanja statistički što većeg i pouzdanijeg niza. U ovom radu također su provedene analize svih klizišta u inventarimau, koje su prikazane u poglavlju 5.1.1 za inventar prema stereomodelu iz 1964. godine, poglavlju 3.3 i 3.5 za povijesni inventar iz 1979. godine i u poglavlju 5.1.2 za inventar prema stereomodelu iz 1998. godine. Za potrebe usporedbe inventara klizišta bilo je nužno provesti usporedbe samo na dijelovima područja inventara za koje postoje podaci iz svih uspoređivanih inventara, odnosno na površini preklopa inventara. Pouzdanost identificiranih klizišta na stereomodelima iz 1964. godine verificirana je pomoću povijesnog inventara iz 1979. godine na području ukupne površine 48,25 km^2, što iznosi 89,1% površine inventara prema stereomodelu iz 1964. godine. Pouzdanost identificiranih klizišta na stereomodelima iz 1998. godine verificirana je pomoću povijesnog inventara iz 1979. godine na

području ukupne površine 74,07 km^2, što iznosi 75,0% površine inventara prema stereomodelu iz 1998. godine. Međusobna usporedba inventara kreiranih interpretacijom stereomodela iz 1964. i 1998. godine provedena je na području površine 54,12 km^2, što iznosi 100,0% površine inventara iz 1964. godine i 54,3% površine inventara iz 1998. godine.

Tablica 38 Osnovne karakteristike uspoređivanih inventara klizišta

Nazivi inventara	Izvor podataka	Mjerilo karte klizišta	Tip i broj klizišta	Klasifikacija klizišta
inventar na osnovi stereomodela iz 1964. godine	interpretacija stereomodela mjerila 1:8.000	1:8.000	963 klizišta	s obzirom na pouzdanost identifikacije i mogućnost daljnjeg razvoja
povijesni inventar iz 1979. godine	terensko kartiranje u mjerilu 1:10.000	1:10.000	294 aktivna klizišta 406 umirena klizišta 112 puzanja	s obzirom na stanje aktivnosti (aktivno i umireno)
inventar na osnovi stereomodela iz 1998. godine	interpretacija stereomodela mjerila 1:20.000	1:20.000	1229 klizišta	s obzirom na pouzdanost identifikacije i mogućnost daljnjeg razvoja

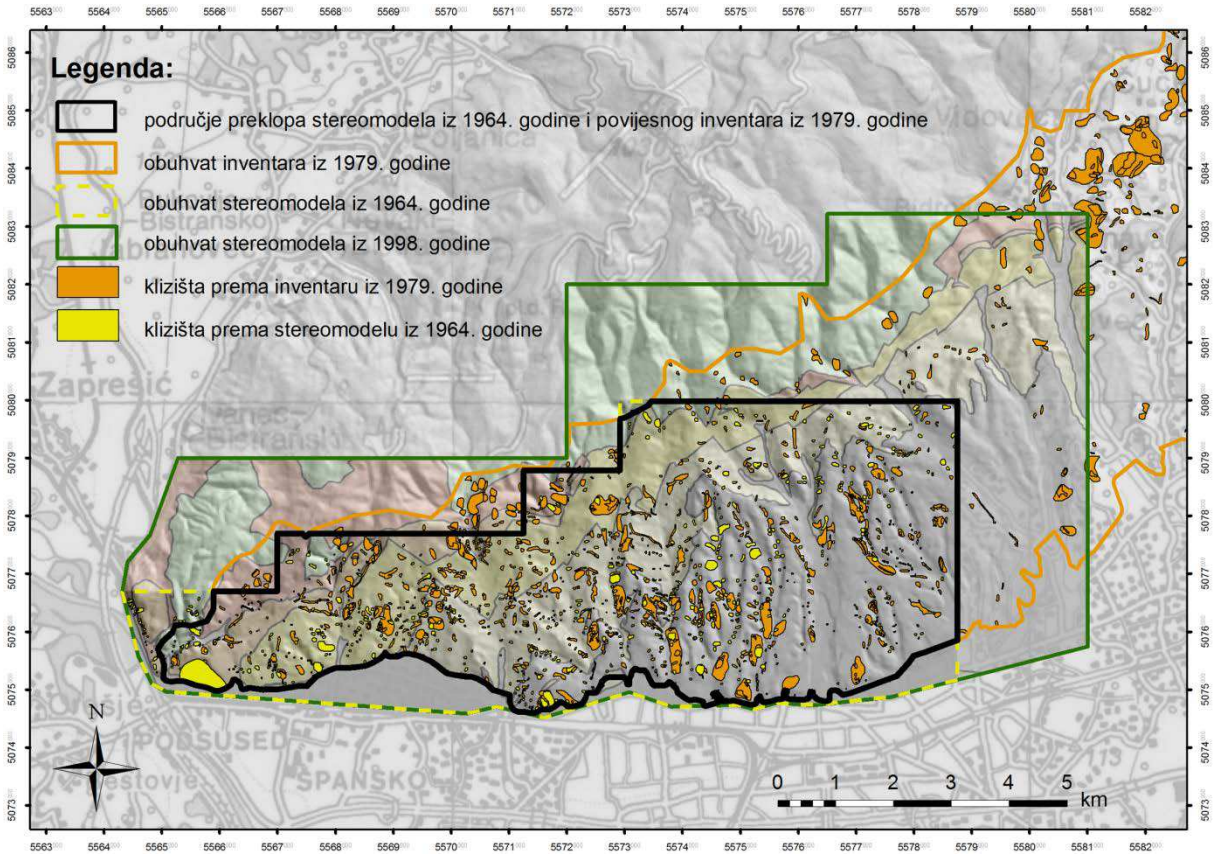
Raspodjela površina 963 klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine, površina 1229 klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine i površina 812 klizišta prema povijesnom inventaru iz 1979. godine je prikazana na slici 65. Ova usporedba površina klizišta načinjena je usporedbom učestalosti površina klizišta u normalnom prikazu, učestalosti gustoće površina i vjerojatnosti gustoće površina u logaritamskom prikazu radi lakše međusobne usporedbe inventara koji su rezultat analize stereomodela iz 1964. i 1998. godine i postojećeg inventara iz 1979. godine. Iz slike 65 je vidljivo da je površina klizišta najmanja u inventaru klizišta izrađenom na osnovi stereomodela iz 1964. godine (opisano u poglavlju 5.1.1), veća je u inventaru klizišta izrađenom na osnovi stereomodela iz 1998. godine (opisano u poglavlju 5.1.2), a najveća je u povijesnom inventaru klizišta iz 1979. godine (opisano u poglavlju 3.2 i 3.4). Ove razlike posljedica su mjerila korištenog stereomodela, kao i razlika u metodi identifikacije klizišta. Prema *Guzzetti (2006)* ove razlike u površinama su očekivane, jer u inventarima nastalim terenskom identifikacijom klizišta, klizišta općenito imaju veće površine nego u inventarima temeljenim na analizi stereomodela.



Slika 65 Usporedba raspodjela površina 963 klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine, 1.229 klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine i 812 klizišta iz povijesnog inventara iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*): a) učestalosti površina klizišta za klase od 200 m^2; (b) logaritamski prikaz učestalosti površina klizišta; (c) logaritamski prikaz učestalosti gustoće površina; c) logaritamski prikaz vjerojatnosti gustoće površina

5.3.1 Usporedba inventara klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine s povijesnim podacima iz 1979. godine

U ovom radu je izrađen inventar klizišta analizom stereomodela iz 1964. godine u krupnom mjerilu 1:8.000, stereoskopskom analizom pomoću Topcon Model 3 stereoskopa. Ovaj inventar uspoređen je s povijesnim inventarom klizišta iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*), koji je izrađen uglavnom na temelju geomorfološkog kartiranja na terenu 1979. godine. Na slici 66 prikazana su klizišta iz ova dva inventara, a preklop površina ova dva inventara je veličine 48,25 km^2, što omogućava usporedbu 89,1% površine karte klizišta iz 1964. godine s povijesnim podacima iz 1979. godine. Klizišta iz inventara prema stereomodelu iz 1964. godine klasificirana su prema pouzdanosti identifikacije i mogućnosti daljnjeg razvoja, a klizišta iz inventara 1979. godine klasificirana su u skladu s originalnom klasifikacijom, prema kojoj se razlikuju aktivna i umirena klizišta, odnosno puzanja. Usporedba navedena dva inventara provedena je uspoređivanjem broja klizišta i površine klizišta koja su zastupljena na obje karte klizišta.



Slika 66 Područje preklopa površina stereomodela iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine

Na području preklopa obje analizirane karte klizišta (ukupne površine 48,25 km^2) nalazi se 927 klizišta identificirano sa stereomodela iz 1964. godine i 533 klizišta identificiranih 15 godina kasnije terenskim kartiranjem. U tablici 39 prikazana je usporedba svih klizišta na području preklopa dva inventara prema stereomodelu iz 1964. godine i 1979. godine, iskazana u broju klizišta. U tablici 40 dana je ista usporedba iskazana površinom klizišta. Iz ove usporedbe je vidljivo da je 333 klizišta identificirano u oba inventara, pod čime se podrazumijevaju klizišta čije površine preklopa iznose više od 1 m^2. Iz ovoga proizlazi da je 35,9% klizišta (ili približno svako treće klizište) identificirano na temelju stereomodela iz 1964. godine također identificirano kartiranjem 1979. godine. Iz tablice 39 također proizlazi da 594 klizišta (ili 64,1%), identificiranih na temelju stereomodela iz 1964. godine, a koja se nalaze na području preklopa oba inventara, nije evidentirano 1979. godine. Mogući razlozi za to su sljedeći: (i) klizište je neispravno identificirano sa stereomodela 1964. godine, tj. ono ne postoji; (ii) klizište je ispravno identificirano na stereomodelu 1964. godine, tj. ono postoji, ali nije identificirano rekognosciranjem na terenu 15 godina kasnije. Ukoliko klizište nije identificirano 15 godina kasnije, moguće je: (i) da je vidljivo, ali nije registrirano; ili (ii) da nije vidljivo zbog čega nije registirano. S obzirom da su ožiljci klizišta najčešće vidljivi i nakon 15 godina, ukoliko ih se ne uništi antropogenim djelatnostima (sanacija klizišta, poljoprivredna djelatnost, građenje i sl.), pretpostavlja se da je određeni broj ovih klizišta zamaskiran navedenim aktivnostima.

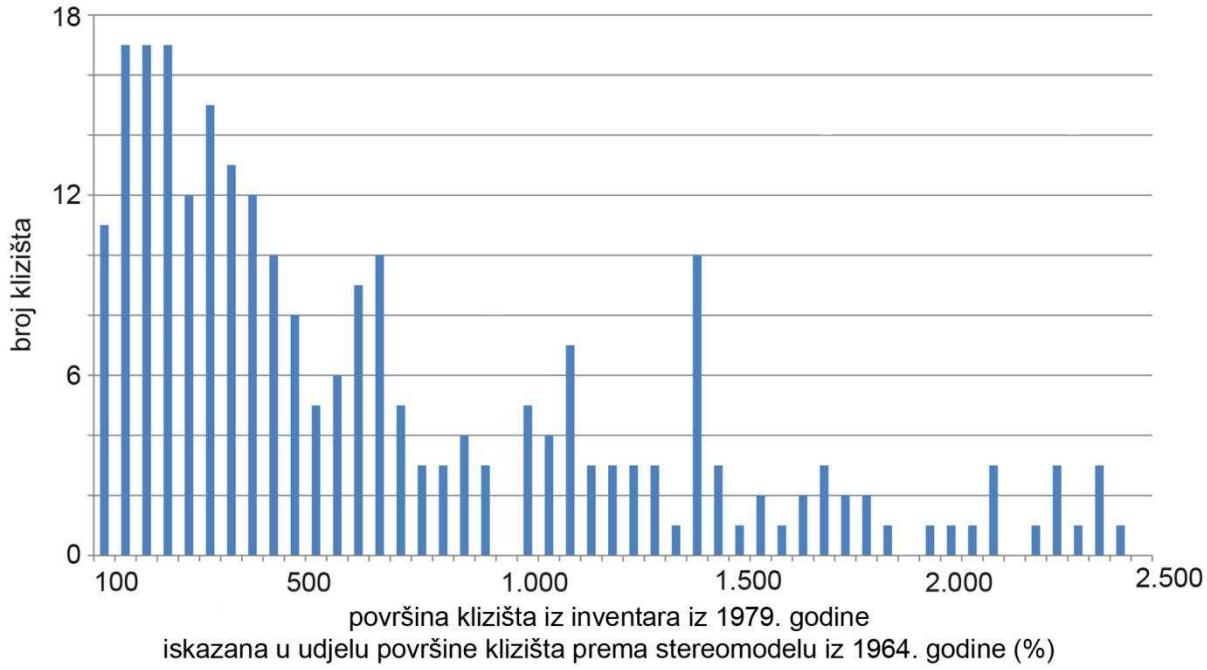
Uspoređivanjem površina klizišta, proizlazi da je 0,39 km^2 površine klizišta prisutno u oba inventara, iz čega proizlazi da je 19,8% površine klizišta identificirano na temelju stereomodela iz 1964. godine također potvrđeno rekongnoscirajućim kartiranjem 1979. godine, kao što je prikazano u tablici 40. Razlozi za taj relativno manji udjel su: (i) promjene veličine površine klizišta; (ii) promjene stupnja aktivnosti klizišta; (iii) promjene u okolišu (npr. urbanizacija i druge antropogene djelatnosti); i (iv) primjena različitih metoda identifikacije klizišta.

Tablica 39 Usporedba klizišta zastupljenih na području preklopa karata inventara klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine, iskazano u broju klizišta

Broj klizišta u preklopu	**Inventar na osnovi stereomodela iz 1964. godine**			
Povijesni inventar klizišta iz 1979. godine Napomena: Maksimalni mogući broj klizišta koji se nalazi na području preklopa s inventarom prema stereomodelu iz 1964. godine je 533 klizišta.	**klizišta**	**da**	**ne**	**Σ**
	da	**333** *(35,9% od 1964.; 62,5% od 1979)*	**200** *(37,5% od 1979)*	**533** *(100% od 1979)*
	ne	**594** *(64,1% od 1964)*	**klizišta nisu zabilježena**	
	Σ	**927** *(100% od 1964)*		

Tablica 40 Usporedba klizišta zastupljenih na području preklopa karata inventara klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine, iskazano u površini klizišta

Površina klizišta u preklopu	**Inventar na osnovi stereomodela iz 1964. godine**			
Povijesni inventar klizišta iz 1979. godine Napomena: Maksimalna moguća površina klizišta koja se nalazi na području preklopa s inventarom prema steromodelu iz 1964. godine je 1,97 km^2.	**klizišta**	**da**	**ne**	**Σ**
	da	**0,39 km^2** *(19,8% od 1964.; 8,1% od 1979)*	**4,45 km^2** *(91,9% od 1979)*	**4,84 km^2** *(100% od 1979)*
	ne	**1,58 km^2** *(80,2% od 1964)*	**klizišta nisu zabilježena**	
	Σ	**1,97 km^2** *(100% od 1964)*		



Slika 67 Usporedba površina 251 klizišta sadržanog u inventarima prema stereomodelu iz 1964. godine i inventara iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*). Površina klizišta iz inventara iz 1979. godine iskazana je kao udjel površine klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine.

Ukoliko se promatra površina svih 333 klizišta koja se nalaze u oba inventara, proizlazi da površine pojedinih klizišta iz povijesnog inventara iz 1979. godine iznose u od 2 do 46.667% površina klizišta iz inventara prema stereomodelu iz 1964. godine. Moguće tumačenje je slijedeće: (i) površina klizišta je ista ili slična; (ii) površina klizišta je manja 1979. godine u odnosu na stereomodel iz 1964. godine ; (iii) površina klizišta je veća 1979. godine u odnosu na stereomodel iz 1964. godine. Na slici 67 prikazan je odnos površina 251 klizišta, iskazan u udjelu površine pojedinih klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1964. godine u klasama do 2.500%, dok je 82 klizišta u klasi iznad 2.500%. Sa slike 67 je vidljivo da su površine 11 klizišta (ili 3,3%) s karte povijesnog inventara iz 1979. godine za 50% manje u odnosu na klizišta iz 1964. godine. Površine 34 klizišta (ili 10,2%) s karte povijesnog inventara iz 1979. godine su iste ili slične površine u odnosu na klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine, pod čime se podrazumijeva razlika u površini od 50% do 150%. Većina klizišta, odnosno 288 klizišta (ili 86,5%) s karte povijesnog inventara iz 1979. godine su veća u odnosu na klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i to od 2 do 50 puta. Najveći broj klizišta (154 klizišta) je 10-50 puta veći u povijesnom inventaru iz 1979. godine u odnosu na klizišta identificirana prema steremodelu iz 1964. godine. Na temelju ove analize odnosa površina pojedinačnih klizišta identificiranih u oba inventara, proizlazi da je: (1) približno 3% klizišta manje površine prema povijesnom inventaru iz 1979. godine u odnosu na podatke prema stereomodelu iz 1964. godine; (2) približno 10% klizišta ima istu ili sličnu površinu prema stereomodelu iz 1964. i inventaru iz 1979. godine; i (3) približno 87% klizišta je veće površine prema povijesnom inventaru iz 1979. godine u odnosu na podatke prema stereomodelu iz 1964. godine. Promjene u površinama klizišta mogu biti rezultat prirodnih procesa tijekom razdoblja od 15 godina, međutim rezultati analize u ovom slučaju ukazuju na razlike u korištenim metodama identifikacije klizišta, čime je potvrđeno da su klizišta identificirana analizom stereomodela manjih površina u odnosu na klizišta identificirana terenskim kartiranjem.

U tablici 41 je prikazana detaljnja usporedba preklopa površina svakog pojedinog klizišta iz inventara prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine. Za svih 333 klizišta koja su identificirana prema stereomodelu iz 1964. i 1979. godine izračunat je udjel površine preklopa klizišta u odnosu na površinu klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine. Rezultati su grupirani na sljedeći način:

(i) 0-25%; (ii) 26-50%; (iii) 51-75%, i (iv) 76-100%. Iz provedene analize proizlazi sljedeće:

- 59 aktivnih i umirenih klizišta i 55 puzanja iz 1979. godine identificirano je prema stereomodelu iz 1964. godine s preklopom površina klizišta većim od 76%;
- 46 aktivnih i umirenih klizišta i 12 puzanja iz 1979. godine identificirano je prema stereomodelu iz 1964. godine s preklopom površina klizišta 51-75%;
- 51 aktivno i umireno klizište i 8 puzanja iz 1979. godine identificirano je prema stereomodelu iz 1964. godine s preklopom površina klizišta 26-50%;
- 86 aktivnih i umirenih klizišta i 16 puzanja iz 1979. godine identificirano je prema stereomodelu iz 1964. godine s preklopom površina klizišta manjim od 25%.

Tablica 41 Površina preklopa pojedinih klizišta iz inventara prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine, iskazana kao udio površine preklopa u odnosu na površinu klizišta iz 1964. godine

Odnos zajedničkih površina klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine izraženo u četiri klase preklopa površina					
razmatrane pojave iz 1979. godine	0-25% površine	26-50% površine	51-75% površine	76-100% površine	suma
aktivna i umirena klizišta, puzanja	102 (30,6%)	59 (17,7%)	58 (17,5%)	114 (32,2%)	333 (100,0%)
aktivna i umirena klizišta	*86 (35,5%)*	*51 (21,1%)*	*46 (19,0%)*	*59 (24,4%)*	*242 (100,0%)*

Uz različite primjenjene metode identifikacije klizišta, razlozi za razliku površina klizišta, iz inventara prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine mogu biti i sljedeći: (i) točna interpretacija granice klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i rezultatima terenskog kartiranja 1979. godine, ali promjena izraženosti granica klizišta tijekom 15 godina; (ii) netočna interpretacija granice klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine, točna interpretacija 1979. godine; (iii) točna interpretacija granice klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine, netočna interpretacija 1979. godine.

Analiza točnosti interpretacije granica klizišta iz oba inventara, načinjena je na temelju podataka o zastupljenosti klizišta s obzirom na pouzdanost identifikacije klizišta na karti inventara klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine, te podataka o tipovima klizišta, odnosno stanja aktivnosti klizišta iz 1979. godine. Rezultati ove analize prikazani su u tablici 42. S obzirom na pouzdanost odredbe, na stereomodelu iz 1964. godine pouzdano i vrlo pouzdano je identificirano 170 klizišta (ili 51,1%), odnosno svako drugo klizište od 333 klizišta identificiranih u oba inventara. Slabo

pouzdano, nepouzdano i vrlo nepouzdano su identificirana 163 klizišta (ili 48,9%) od 333 klizišta identificiranih u oba inventara. Iz rezultata analize prikazane u tablici 42 proizlazi sljedeće:

- 63,3% aktivnih klizišta (ili 64 pojave) kartiranih 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao vrlo pouzdano i pouzdano identificirano klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila dobro izražena tijekom 15-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1979. godine;
- 36,7% aktivnih klizišta (ili 37 pojava) kartiranih 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1964. godine, ali kao slabo pouzdano ili nepouzdano, odnosno vrlo nepouzdano identificirano klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila slabije izražena na stereomodelu iz 1964. godine;
- 43,9% umirenih klizišta (ili 62 pojave) kartiranih 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao vrlo pouzdano i pouzdano identificirano klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila dobro izražena tijekom 1964. godine, te da su tijekom kartiranja 1979. godine bila slabije izražena;
- 56% umirenih klizišta (ili 79 pojava) kartiranih 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao slabo pouzdano ili nepouzdano, odnosno vrlo nepouzdano identificirano klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila slabije izražena na stereomodelu iz 1964. godine, a i kasnije, tijekom karitanja 1979. godine;
- 48,4% puzanja (ili 44 pojave) kartirana 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao vrlo pouzdano i pouzdano identificirano klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila dobro izražena na stereomodelu iz 1964. godine, ali njihove granice nisu bile jasno izražene 1979. godine tijekom inženjerskogeološkog rekognoscirajućeg katiranja, što može biti posljedica promjene stanja aktivnosti klizišta, modifikacije granica klizišta ili ograničenja terenskog kartiranja klizišta;
- 51,7% puzanja (ili 47 pojava) iz 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao slabo pouzdano ili nepouzdano, odnosno vrlo nepouzdano identificirano klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila slabo izražena na stereomodelu iz 1964. godine, a također i tijekom kartiranja 1979. godine.

Tablica 42 Usporedba 333 klizišta, sadržana u inventarima prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine, s obzirom na procijenjenu pouzdanost identifikacije klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i klasifikaciju klizišta s obzirom na stanje aktivnosti iz povijesnog geomorfološkog inventara klizišta iz 1979. godine

Povijesni inventar klizišta iz 1979. godine		**Inventar na osnovi stereomodela iz 1964. godine**					
		Broj i udjel klizišta s obzirom na pouzdanost identifikacije klizišta					
		vrlo pouzdano identificirano klizište	pouzdano identificirano klizište	slabo pouzdano identificirano klizište	nepouzdano identificirano klizište	vrlo nepouzdano identificirano klizište	Σ
Tipovi klizišta	aktivno	30 *(41,1% od 1964; 29,7% od 1979.)*	34 *(34,7% od 1964; 33,6% od 1979.)*	14 *(17,7% od 1964; 13,9% od 1979.)*	14 *(29,2% od 1964; 13,9% od 1979.)*	9 *(25,0% od 1964; 8,9% od 1979.)*	101 *(100,0 % od 1979)*
	umireno	25 *(34,7% od 1964; 17,7% od 1979.)*	37 *(37,8% od 1964; 26,2% od 1979.)*	43 *(54,4% od 1964; 30,5% od 1979.)*	21 *(43,8% od 1964; 14,9% od 1979.)*	15 *(41,7% od 1964; 10,6% od 1979.)*	141 *(100,0 % od 1979)*
	puzanje	17 *(23,6% od 1964; 18,7% od 1979.)*	27 *(27,6% od 1964; 29,7% od 1979.)*	22 *(27,8% od 1964; 24,2% od 1979.)*	13 *(27,1% od 1964; 14,3% od 1979.)*	12 *(33,3% od 1964; 13,2% od 1979.)*	91 *(100,0 % od 1979)*
	Σ	72 *(100,0% od 1964)*	98 *(100,0% od 1964)*	79 *(100,0% od 1964)*	48 *(100,0% od 1964)*	36 *(100,0% od 1964)*	333

Tablica 43 Usporedba 333 klizišta, sadržana u inventarima prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine, s obzirom na procijenjenu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i klasifikaciju klizišta s obzirom na stanje aktivnosti iz povijesnog geomorfološkog inventara klizišta iz 1979. godine

Povijesni inventar klizišta iz 1979. godine		**Inventar na osnovi stereomodela iz 1964. godine**					
		Broj i udjel klizišta s obzirom na mogućnost daljnjeg razvoja klizišta					
		vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	srednja mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	Σ
Tipovi klizišta	aktivno	10 *(33,3% od 1964; 9,9% od 1979.)*	25 *(28,7% od 1964; 24,8% od 1979.)*	41 *(41,8% od 1964; 40,6% od 1979.)*	19 *(19,4% od 1964; 18,8% od 1979.)*	6 *(30,0% od 1964; 5,9% od 1979.)*	101 *(100,0% od 1979)*
	umireno	7 *(23,4% od 1964; 5,0% od 1979.)*	35 *(40,3% od 1964; 24,8% od 1979.)*	37 *(37,8% od 1964; 26,2% od 1979.)*	53 *(54,1% od 1964; 37,6% od 1979.)*	9 *(45,0% od 1964; 6,4% od 1979.)*	141 *(100,0% od 1979)*
	puzanje	13 *(43,3% od 1964; 14,3% od 1979.)*	27 *(31,0% od 1964; 29,7% od 1979.)*	20 *(20,4% od 1964; 22,0% od 1979.)*	26 *(26,5% od 1964; 28,6% od 1979.)*	5 *(25,0% od 1964; 5,5% od 1979.)*	91 *(100,0% od 1979)*
	Σ	30 *(100,0% od 1964)*	87 *(100,0% od 1964)*	98 *(100,0% od 1964)*	98 *(100,0% od 1964)*	20 *(100,0% od 1964)*	333

Analiza točnosti interpretacije mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta identificiranih na temelju stereomodela iz 1964. godine provedena je usporedbom stanja aktivnosti 333 klizišta sadržanih u geomorfološkom povijesnom inventaru iz 1979. godine. Rezultati ove analize prikazani su u tablici 43.

Iz rezultata analize prikazane u tablici 43 proizlazi sljedeće:

- za 34,7% (ili 35 pojava) aktivnih klizišta iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1964. godine vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, što također ukazuje na mogućnost da su neka od ovih klizišta reaktivirana tijekom 15-godišnjeg analiziranog razdoblja, te da je procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta za ove pojave ispravna;
- za 65,3% (ili 66 pojava) aktivnih klizišta iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1964. godine srednja, mala ili vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, što ukazuje na mogućnost da su neka od ovih klizišta reaktivirana tijekom 15-godišnjeg analiziranog razdoblja, tj. za neka od ovih klizišta procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta je podcijenjena prema stereomodelu iz 1964. godine;
- za 29,8% (ili 42 pojave) umirenih klizišta iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1964. godine vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, što vrlo vjerojatno ukazuje na to da ova klizišta nisu reaktivirana tijekom 15-godišnjeg analiziranog razdoblja, tj. da se stanje aktivnosti klizišta promjenilo iz aktivnog u neaktivo, te da je procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta za ove pojave precijenjena;
- za 70,2% (ili 99 pojava) umirenih klizišta iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1964. godine srednja, mala ili vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, što ukazuje na to da ova klizišta vrlo vjerojatno nisu reaktivirana tijekom 15-godišnjeg analiziranog razdoblja tj. da se stanje aktivnosti klizišta nije mijenjalo i da je procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta za ove pojave ispravna;
- za 44% (ili 40 pojava) puzanja iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1964. godine vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, što ukazuje na to da ova klizišta nisu reaktivirana tijekom 15-godišnjeg analiziranog razdoblja, te da je procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta za ove pojave precijenjena;

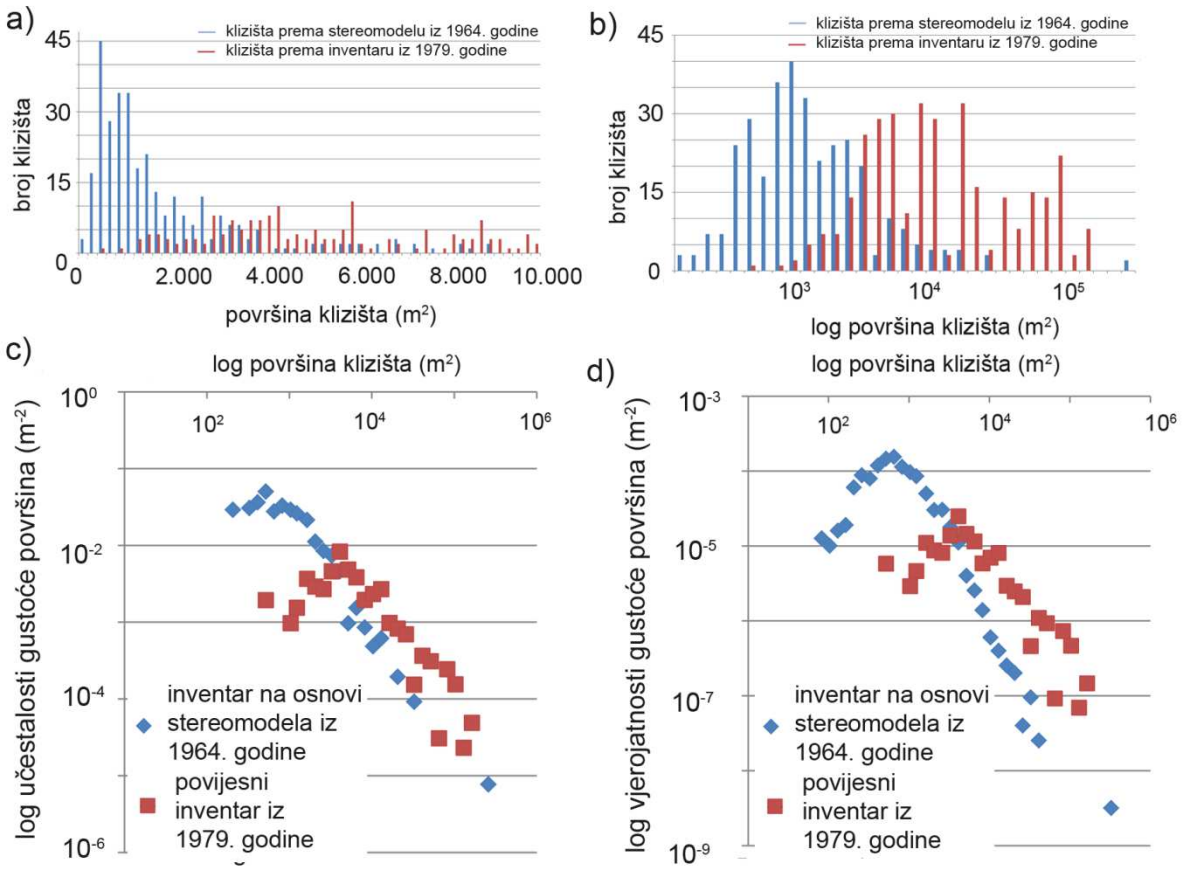
- za 56,1% (ili 51 pojava) puzanja iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1964. godine srednja, mala ili vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, što ukazuje na to da ova klizišta vrlo vjerojatno nisu reaktivirana tijekom 15-godišnjeg analiziranog razdoblja, te da je procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta za ove pojave ispravna.

Raspodjela površina 333 klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1964. godine i prema povijesnim podacima iz 1979. godine je prikazana na slici 68 i to prema učestalosti površina klizišta u klasama od 200 m^2 u normalnom prikazu, učestalosti površina klizišta u klasama logaritamskog mjerila (različiti raspon klasa), učestalosti gustoće površina (*eng. frequency density*) i vjerojatnosti gustoće površina (*eng. probability density*) prema *Guzzetti (2006)*. Površine 333 klizišta zastupljena u oba analizirana su u rasponu od 191 do 281.886 m^2. Krivulja učestalosti gustoće površina klizišta predstavlja raspodjelu površina klizišta u inventaru. Vrh krivulje vjerojatnosti gustoće površina predstavlja raspon najčešće zastupljenih površina klizišta u inventaru. Iz usporedbe učestalosti površina klizišta iz ova dva inventara, prikazane na slici 68 proizlazi sljedeće:

- U inventaru prema stereomodelu iz 1964. godine maksimalna učestalost klizišta u pojedinim klasama je 45 klizišta, a više od 10 klizišta prisutno je u rasponu površina 400-2.800 m^2. Ovom rasponu pripadaju klizišta približnih dimenzija od 14x28 m do 37x75 m. U analiziranom inventaru je ukupno 76,9% klizišta navedenih dimenzija, 0,9% klizišta manjih dimenzija, a 22,2% klizišta je veće od karakterističnih dimenzija.
- U povijesnom inventaru iz 1979. godine maksimalna učestalost klizišta u pojedinim klasama je 11 klizišta, a više od 10 klizišta prisutno je u nekontinuiranom rasponu površina 4.400-6.000 m^2. Ovom rasponu pripadaju klizišta približnih dimenzija od 47x94 m do 55x110 m. U analiziranom inventaru je ukupno 14,1% klizišta navedenih dimenzija, 21,6% klizišta manjih dimenzija, a 64,3% klizišta je veće od karakterističnih dimenzija.
- Maksimalnu učestalost prema logaritamskoj podjeli klasa površina klizišta imaju klizišta u rasponu površina 1.000-1.259 m^2 u kojemu ima 40 klizišta (ili približno 12%) prema podacima iz inventara prema stereomodelu iz 1964. godine. Maksimalnu učestalost prema logaritamskoj podjeli klasa površina klizišta imaju

klizišta u rasponu površina 7.943-10.000 m^2 u kojemu ima 32 klizišta (ili približno 10%) prema podacima iz povijesnog inventara iz 1979. godine.

- Vrh krivulje vjerojatnosti gustoće površina predstavlja najučestalije površine klizišta u inventaru. Prema analizi inventara prema stereomodelu iz 1964. godine to su klizišta približne površine u rasponu od 550-750 m^2, a prema analizi povijesnog inventara iz 1979. godine to su klizišta približne površine u rasponu od 3.400-4.200 m^2. Analiza prema vjerojatnosti gustoće površina je napravljena prema *Guzzetti (2006)*.



Slika 68 Usporedba raspodjele površina 333 klizišta identificirana na temelju stereomodela iz 1964. godine i geomorfološkim kartiranjem 1979. godine (*Polak i dr., 1979*): a) učestalosti površina klizišta za klase od 200 m^2; (b) logaritamski prikaz učestalosti površina klizišta; (c) logaritamski prikaz učestalosti gustoće površina; d) logaritamski prikaz vjerojatnosti gustoće površina

Zaključci nakon provedne analize su sljedeći:

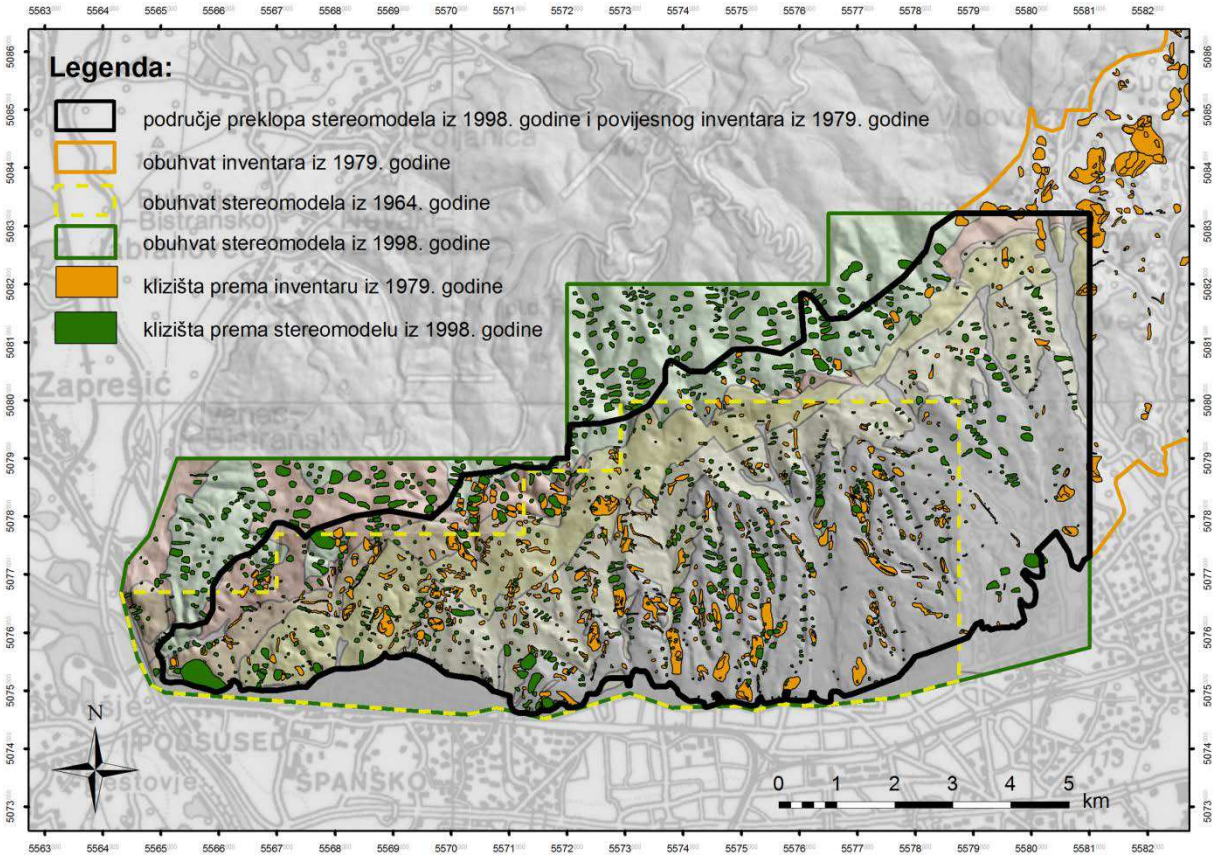
- na području preklopa se nalazi više stotina klizišta (333 klizišta) identificiranih prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnom inventaru iz 1979. godine,
- 172 od 333 klizišta (približno 50% klizišta) se preklapaju s više od 50% površine klizišta,

- površine klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1964. godine su manje (približno 80% klizišta je manje površine) nego površine klizišta prema povijesnom inventaru iz 1979. godine što je vrlo vjerojatno rezultat korištene metode identifikacije klizišta,
- približno 65% aktivnih klizišta (ili 64 pojave) kartiranih 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao vrlo pouzdano i pouzdano identificirano klizište; približno 45% umirenih klizišta (ili 62 pojave) kartiranih 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao vrlo pouzdano i pouzdano identificirano klizište; približno 50% puzanja (ili 44 pojave) kartirana 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao vrlo pouzdano i pouzdano identificirano klizište,
- približno za 35% (ili 35 pojava) aktivnih klizišta iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1964. godine vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta; približno za 30% (ili 42 pojave) umirenih klizišta iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1964. godine vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta; približno za 45% (ili 40 pojava) puzanja iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1964. godine vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta.

S obzirom na rezultate ove analize moguće je zaključiti: (i) da su klizišta identificirana prema stereomodelu iz 1964. godine manjih površina od klizišta identificiranih terenskim kartiranjem 1979. godine; (ii) da je pouzdanost identifikacije klizišta na stereomodelu iz 1964. godine visoka (približno svako drugo klizište je pouzdano identificirano) i (iii) mogućnost daljnjeg razvoja posjeduje približno svako treće klizište. Aktivna klizišta na terenu je moguće pouzdano kartirati, dok kod umirenih klizišta pouzdanost terenske identifikacije ovisi o starosti klizišta. Puzanja je teško pouzdano kartirati na terenu. Izravna posljedica navedenih ograničenja terenskog kartiranja klizišta su često prevelike površine klizišta u odnosu na stvarne. S obzirom na pouzdanost identifikacije klizišta i površine identificiranih klizišta vidljivo je da su stereoskopskom analizom povijesnog stereomodela krupnog mjerila dobiveni dobri rezultati. Pouzdanost identificiranih granica klizišta iz oba inventara dodatno je provjerena na terenu 2012. i 2013. godine, što je opisano u poglavlju 5.5.

5.3.2 Usporedba inventara klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine s povijesnim podacima iz 1979. godine

U ovom radu je izrađen inventar klizišta analizom stereomodela iz 1998. godine u srednjem mjerilu 1:20.000, stereoskopskom analizom pomoću Topcon Model 3 stereoskopa. Ovaj inventar uspoređen je s povijesnim inventarom klizišta iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*), koji je izrađen uglavnom na temelju geomorfološkog kartiranja na terenu 1979. godine. Na slici 69 prikazana su klizišta iz ova dva inventara, a preklop površina ova dva inventara je veličine 70,07 km^2, što omogućava usporedbu 75,0% površine karte klizišta iz 1998. godine s povijesnim podacima iz 1979. godine. Klizišta iz inventara prema stereomodelu iz 1998. godine klasificirana su prema pouzdanosti identifikacije i mogućnosti daljnjeg razvoja, a klizišta iz inventara 1979. godine klasificirana su u skladu s originalnom klasifikacijom, prema kojoj se razlikuju aktivna i umirena klizišta, odnosno puzanja. Usporedba navedena dva inventara provedena je uspoređivanjem broja klizišta i površine klizišta koja su zastupljena na obje karte klizišta.



Slika 69 Područje preklopa površina stereomodela iz 1998. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine

Na području preklopa obje analizirane karte klizišta (ukupne površine 70,07 km^2) nalazi se 644 klizišta identificirano terenskim kartiranjem iz 1979. godine i 975 klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1998. godine (snimljenog 19 godina kasnije). U tablici 44 prikazana je usporedba svih klizišta na području preklopa dva inventara klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine, iskazana u broju klizišta. U tablici 45 dana je ista usporedba iskazana površinom klizišta. Iz ove usporedbe je vidljivo da je 334 klizišta identificirano u oba inventara, pod čime se podrazumijevaju klizišta čije površine preklopa iznose više od 1 m^2. Iz ovog proizlazi da je 34,3% klizišta (ili približno svako treće klizišta) identificiranih na temelju stereomodela iz 1998. godine također već prethodno identificirano rekongnoscirajućim kartiranjem 1979. godine. Iz tablice 44 također je vidljivo da 641 klizište (ili 65,7%) identificirano na temelju stereomodela iz 1998. godine, a koja se nalaze na području preklopa oba inventara, nije evidentirano 1979. godine. Mogući razlozi su sljedeći: (i) klizište je neispravno identificirano sa stereomodela 1998. godine, tj. ono ne postoji; (ii) klizište je ispravno identificirano na stereomodelu 1998. godine, tj. ono postoji, ali nije identificirano rekognosciranjem na terenu 19 godina ranije. Ukoliko klizište nije identificirano 19 godina ranije, moguće je: (i) da je bilo vidljivo, ali nije registrirano; (ii) da nije bilo vidljivo zbog čega nije registirano; ili (iii) da je nastalo nakon 1979. godine. S obzirom da su ožiljci klizišta najčešće vidljivi i nakon 19 godina, ukoliko ih se ne uništi antropogenim djelatnostima (sanacija klizišta, poljoprivredna djelatnost, građenje i sl.), pretpostavlja se da je određeni broj ovih klizišta zamaskiran navedenim aktivnostima ili da su klizišta nastala nakon 1979. godine.

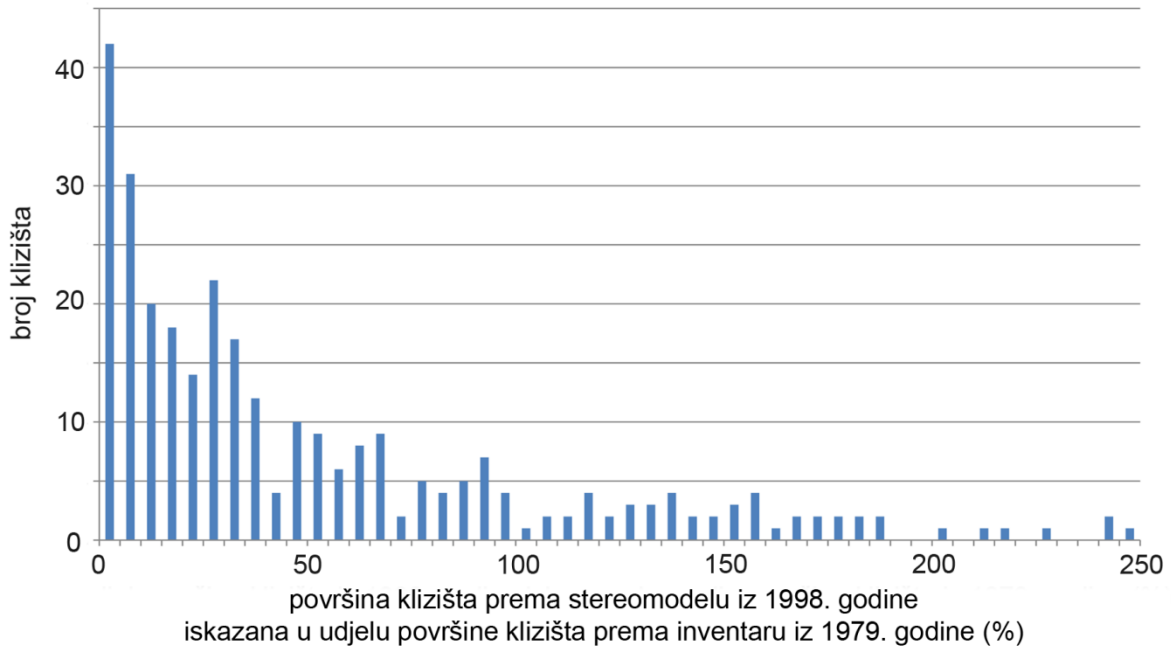
Uspoređivanjem površina klizišta, proizlazi da je 0,57 km^2 površine klizišta prisutno u oba inventara, iz čega proizlazi da je 11,7% površine klizišta identificirano na temelju stereomodela iz 1998. godine prethodno utvrđeno rekongnoscirajućim kartiranjem 1979. godine, kao što je prikazano u tablici 45. Razlozi za taj relativno mali udjel su: (i) promjene veličine površine klizišta; (ii) promjene stupnja aktivnosti klizišta; (iii) promjene u okolišu (npr. urbanizacija i druge antropogene djelatnosti); (iv) primjena različitih metoda identifikacije klizišta; i (v) pojava klizišta nakon 1979. godine.

Tablica 44 Usporedba klizišta zastupljenih na području preklopa karata inventara klizišta prema povijesnom inventaru iz 1979. i prema stereomodelu iz 1998. godine, iskazano u broju klizišta

Broj klizišta u preklopu	**Inventar na osnovi stereomodela iz 1998. godine**			
Povijesni inventar klizišta iz 1979. godine Napomena: Maksimalni mogući broj klizišta koji se nalazi na području preklopa s inventarom prema stereomodelu iz 1998. godine je je 644 klizišta.	**klizišta**	**da**	**ne**	**Σ**
	da	**334** *(34,3% od 1998.; 51,9% od 1979)*	**310** *(48,1% od 1979)*	**644** *(100% od 1979)*
	ne	**641** *(65,7% od 1998)*	**klizišta nisu zabilježena**	
	Σ	**975** *(100% od 1998)*		

Tablica 45 Usporedba klizišta zastupljenih na na području preklopa karata inventara klizišta prema povijesnom inventaru iz 1979. i prema stereomodelu 1998. godine, iskazano u površini klizišta

Površina klizišta u preklopu	**Inventar na osnovi stereomodela iz 1998. godine**			
Povijesni inventar klizišta iz 1979. godine Napomena: Maksimalna moguća površina klizišta koja se nalazi na području preklopa s inventarom prema steromodelu iz 1998. godine je 4,88 km^2.	**klizišta**	**da**	**ne**	**Σ**
	da	**0,57 km^2** *(11,7% od 1998.; 9,6% od 1979)*	**5,37 km^2** *(90,4% od 1979)*	**5,94 km^2** *(100% od 1979)*
	ne	**4,34 km^2** *(88,3% od 1998)*	**klizišta nisu zabilježena**	
	Σ	**4,88 km^2** *(100% od 1964)*		



Slika 70 Usporedba površina 299 klizišta sadržanog u inventarima prema stereomodelu iz 1998. godine i inventara iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*). Površina klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine iskazana je kao udjel površine klizišta prema inventaru iz 1979. godine.

Ukoliko se promatra površina svih 334 klizišta koja se nalaze u oba inventara, proizlazi da površine pojedinih klizišta iz inventara prema stereomodelu iz 1998. godine iznose od 0,62 do 4.939% površine klizišta iz povijesnog inventara 1979. godine. Moguće tumačenje je slijedeće: (i) površina klizišta je ista ili slična; (ii) površina klizišta je manja prema stereomodelu iz 1998. godine u odnosu na 1979. godinu; (iii) površina klizišta je veća prema stereomodelu iz 1998. godine u odnosu na 1979. godinu. Na slici 70 prikazan je odnos površina 299 klizišta, iskazan u udjelu površine pojedinih klizišta identificiranih iz inventara iz 1979. godine u klasama do 250%, dok je 35 klizišta u klasi iznad 250%.

Sa slike 70 je vidljivo da su površine 190 klizišta (ili 56,9%) prema stereomodelu iz 1998. godine za 50% manje u odnosu na klizišta iz 1979. godine. Površine 84 klizišta (ili 25,1%) prema stereomodelu iz 1998. godine su iste ili slične površinama u odnosu na klizišta iz 1979. godine, pod čime se podrazumijeva razlika u površini od 50% do 150%. Samo 60 klizišta (ili 18,0%) prema stereomodelu iz 1998. godine je veće u odnosu na klizišta iz 1979. godine i to 150% do 5.000% puta. Na temelju analize odnosa površina pojedinačnih klizišta iz oba inventara, proizlazi da je: (1) približno 55% klizišta manje površine prema stereomodelu iz 1998. godine u odnosu na 1979. godinu; (2) približno 25% klizišta ima istu ili sličnu površinu u inventarima prema stereomodelu iz 1998. godine i povijesnom inventaru iz 1979. godine i (3) približno 20% klizišta je veće površine prema stereomodelu iz 1998. godine u odnosu na 1979. godinu. Promjene u površinama klizišta mogu biti rezultat prirodnih procesa tijekom razdoblja od 19 godina, međutim rezultati analize u ovom slučaju ukazuju na razlike u korištenim metodama identifikacije klizišta, čime je potvrđeno da su klizišta identificirana analizom stereomodela manjih površina u odnosu na klizišta identificirana terenskim kartiranjem.

U tablici 46 je prikazana detaljnja usporedba preklopa površina svakog pojedinog klizišta iz povijesnog inventara iz 1979. godine i klizišta identificiranog prema stereomodelu iz 1998. godine. Za svih 334 klizišta koja su identificirana 1979. i 1998. godine izračunat je udjel površine preklopa klizišta iz dva inventara u odnosu na površinu klizišta iz inventara iz 1979. godine. Rezultati su grupirani na sljedeći način: (i) 0-25%; (ii) 26-50%; (iii) 51-75%, i (iv) 76-100%. Iz provedene analize proizlazi sljedeće:

- 28 aktivnih i umirenih klizišta i 33 puzanja iz 1979. godine identificirano je prema stereomodelu iz 1998. godine s preklopom površina klizišta većim od 76%;
- 34 aktivna i umirena klizišta i 14 puzanja iz 1979. godine identificirano je prema stereomodelu iz 1998. godine s preklopom površina klizišta 51-75%;
- 55 aktivnih i umirenih klizišta i 12 puzanja iz 1979. godine identificirano je prema stereomodelu iz 1998. godine s preklopom površina klizišta 26-50%;
- 122 aktivna i umirena klizišta i 36 puzanja iz 1979. godine identificirano je prema stereomodelu iz 1998. godine s preklopom površina klizišta manjim od 25%.

Tablica 46 Površina preklopa pojedinih klizišta iz povijesnog inventara iz 1979. godine i prema stereomodelu iz 1998. godine, iskazana kao udio površine preklopa u odnosu na površinu klizišta prema inventaru iz 1979. godine

Odnos zajedničkih površina klizišta iz povijesnog inventara iz 1979. godine i prema stereomodelu iz 1998. godine izraženo u četiri klase preklopa površina					
razmatrane pojave iz 1979. godine	**0-25% površine**	**26-50% površine**	**51-75% površine**	**76-100% površine**	**suma**
aktivna i umirena klizišta, puzanja	158 (47,7%)	67 (19,7%)	48 (14,3%)	61 (18,3%)	334 (100,0%)
aktivna i umirena klizišta	*122 (51,0%)*	*55 (23,1%)*	*34 (14,2%)*	*28 (11,7%)*	*239 (100,0%)*

Uz različite primjenjene metode identifikacije klizišta, razlozi za razliku površina klizišta, iz povijesnog inventara iz 1979. i inventara prema stereomodelu iz 1998. godine mogu biti i sljedeći: (i) točna interpretacija granice klizišta terenskim kartiranjem 1979. godine i prema stereomodelu iz 1998. godine, ali promjena izraženosti granica klizišta tijekom 19 godina; (ii) netočna interpretacija granice klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine, točna interpretacija 1979. godine; (iii) točna interpretacija granice klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine, netočna interpretacija 1979. godine.

Analiza točnosti interpretacije granica klizišta iz oba inventara, načinjena je na temelju podataka o zastupljenosti klizišta s obzirom na pouzdanost identifikacije klizišta na karti inventara klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine te podataka o tipovima klizišta odnosno stanja aktivnosti klizišta iz 1979. godine. Rezultati ove analize prikazani su u tablici 47. S obzirom na pouzdanost odredbe, na stereomodelu iz 1998. godine pouzdano i vrlo pouzdano su identificirana 93 klizišta (ili 27,9%), odnosno svako treće klizište od 334 klizišta identificiranih u oba inventara. Slabo pouzdano, nepouzdano i vrlo nepouzdano je identificirano 241 klizišta (ili 72,1%) od

334 klizišta identificiranih u oba inventara. Iz rezultata analize prikazane u tablici 47 proizlazi sljedeće:

- 29,1% aktivnih klizišta (ili 30 pojava) kartiranih 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao vrlo pouzdano i pouzdano identificirano klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila dobro izražena tijekom 19-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1979. do 1998. godine;
- 70,8% aktivnih klizišta (ili 73 pojave) kartiranih 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1998. godine, ali kao slabo pouzdano ili nepouzdano, odnosno vrlo nepouzdano identificirano klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila lošije izražena na stereomodelu iz 1998. godine;
- 30,9% umirenih klizišta (ili 42 pojave) kartiranih 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao vrlo pouzdano i pouzdano identificirano klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila lošije izražena tijekom 1979. godine, te da su na stereomodelima iz 1998. godine bolje izražena;
- 69,1% umirenih klizišta (ili 94 pojave) kartiranih 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao slabo pouzdano ili nepouzdano, odnosno vrlo nepouzdano identificirano klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila lošije izražena tijekom karitanja 1979. godine, kao i na stereomodelima iz 1998. godine;
- 22,1% puzanja (ili 21 pojava) kartiranih 1979. godine identificirano je prema stereomodelu iz 1998. godine kao vrlo pouzdano i pouzdano identificirano klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta dobro izražena na stereomodelu iz 1998. godine, ali njihove granice nisu bile jasno izražene 1979. godine tijekom inženjerskogeološkog rekognoscirajućeg katiranja, što može biti posljedica promjene stanja aktivnosti klizišta, modifikacije granica klizišta ili ograničenja terenskog kartiranja klizišta;
- 77,9% puzanja (ili 74 pojave) iz 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao slabo pouzdano ili nepouzdano, odnosno vrlo nepouzdano identificirano klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta lošije izražena na stereomodelu iz 1998. godine, a također i tijekom kartiranja 1979. godine.

Tablica 47 Usporedba 334 klizišta, sadržana u inventarima iz 1979. i prema stereomodelu iz 1998. godine, s obzirom na procijenjenu pouzdanost identifikacije klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine i klasifikaciju klizišta s obzirom na stanje aktivnosti iz povijesnog geomorfološkog inventara klizišta iz 1979. godine

Povijesni inventar klizišta iz 1979. godine		**Inventar na osnovi stereomodela iz 1998. godine**					
		Broj i udjel klizišta s obzirom na pouzdanost identifikacije klizišta					
		vrlo pouzdano identificirano klizište	pouzdano identificirano klizište	slabo pouzdano identificirano klizište	nepouzdano identificirano klizište	vrlo nepouzdano identificirano klizište	Σ
Tipovi klizišta	aktivno	10 *(33,3% od 1998; 9,7% od 1979.)*	20 *(31,7% od 1998; 19,4% od 1979.)*	40 *(40,0% od 1998; 38,8% od 1979.)*	26 *(22,0% od 1998; 25,2% od 1979.)*	7 *(30,4% od 1998; 6,8% od 1979.)*	103 *(100,0 % od 1979)*
	umireno	17 *(56,7% od 1998; 12,5% od 1979.)*	25 *(39,7% od 1998; 18,4% od 1979.)*	30 *(30,0% od 1998; 22,1% od 1979.)*	55 *(46,6% od 1998; 40,4% od 1979.)*	9 *(39,1% od 1998; 6,6% od 1979.)*	136 *(100,0 % od 1979)*
	puzanje	3 *(10,0% od 1998; 3,2% od 1979.)*	18 *(28,6% od 1998; 18,9% od 1979.)*	30 *(30,0% od 1998; 31,6% od 1979.)*	37 *(31,4% od 1998; 38,9% od 1979.)*	7 *(30,4% od 1998; 7,4% od 1979.)*	95 *(100,0 % od 1979)*
	Σ	30 *(100,0% od 1998)*	63 *(100,0% od 1998)*	100 *(100,0% od 1998)*	118 *(100,0% od 1998)*	23 *(100,0% od 1998)*	334

Tablica 48 Usporedba 334 klizišta, sadržana u inventarima iz 1979. i prema stereomodelu iz 1998. godine, s obzirom na procijenjenu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine i klasifikaciju klizišta s obzirom na stanje aktivnosti iz povijesnog geomorfološkog inventara klizišta iz 1979. godine

Povijesni inventar klizišta iz 1979. godine		**Inventar na osnovi stereomodela iz 1998. godine**					
		Broj i udjel klizišta s obzirom na mogućnost daljnjeg razvoja klizišta					
		vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	srednja mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	Σ
Tipovi klizišta	aktivno	7 *(43,8% od 1998; 6,8% od 1979.)*	50 *(29,9% od 1998; 48,5% od 1979.)*	29 *(42,0% od 1998; 28,2% od 1979.)*	17 *(21,5% od 1998; 16,5% od 1979.)*	0 *(0,0% od 1998; 0,0% od 1979.)*	103 *(100,0% od 1979)*
	umireno	6 *(37,5% od 1998; 4,4% od 1979.)*	70 *(41,7% od 1998; 51,5% od 1979.)*	18 *(26,1% od 1998; 13,2% od 1979.)*	41 *(51,9% od 1998; 30,1% od 1979.)*	1 *(50,0% od 1998; 0,7% od 1979.)*	136 *(100,0% od 1979)*
	puzanje	3 *(18,8% od 1998; 3,2% od 1979.)*	48 *(28,6% od 1998; 50,5% od 1979.)*	22 *(31,9% od 1998; 23,2% od 1979.)*	21 *(26,6% od 1998; 22,1% od 1979.)*	1 *(50,0% od 1998; 1,1% od 1979.)*	95 *(100,0% od 1979)*
	Σ	16 *(100,0% od 1998)*	168 *(100,0% od 1998)*	69 *(100,0% od 1998)*	79 *(100,0% od 1998)*	2 *(100,0% od 1998)*	334

Analiza točnosti interpretacije mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta identificiranih na temelju stereomodela iz 1998. godine provedena je usporedbom stanja aktivnosti 334 klizišta sadržanih u geomorfološkom povijesnom inventaru iz 1979. godine. Rezultati ove analize prikazani su u tablici 48.

Iz rezultata analize prikazane u tablici 48 proizlazi sljedeće:

- za 55,3% (ili 57 pojava) aktivnih klizišta iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1998. godine vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, što također ukazuje na mogućnost da su neka od ovih klizišta reaktivirana tijekom 19-godišnjeg analiziranog razdoblja, te na daljnju mogućnost razvoja klizišta nakon 1998. godine, odnosno da je stanje aktivnosti klizišta isto tijekom analiziranog povijesnog razdoblja;
- za 44,7% (ili 46 pojava) aktivnih klizišta iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1998. godine srednja, mala ili vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, što ukazuje na to je vrlo mali broj ovih klizišta reaktiviran tijekom 19-godišnjeg analiziranog razdoblja, odnosno na mogućnost da se stanje aktivnosti klizišta promijenilo iz aktivnog u neaktivno;
- za 55,9% (ili 76 pojava) umirenih klizišta iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1998. godine vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, što vrlo vjerojatno ukazuje na to da su ova klizišta reaktivirana tijekom 19-godišnjeg analiziranog razdoblja, tj. da se stanje aktivnosti klizišta promjenilo iz neaktivnog u aktivno;
- za 44% (ili 60 pojava) umirenih klizišta iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1998. godine srednja, mala ili vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, što ukazuje na to da ova klizišta vrlo vjerojatno nisu reaktivirana tijekom 19-godišnjeg analiziranog razdoblja, tj. da se stanje aktivnosti klizišta nije mijenjalo;
- za 53,7% (ili 51 pojava) puzanja iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1998. godine vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, što ukazuje na mogućnost da su ove pojave aktivirane tijekom 19-godišnjeg analiziranog razdoblja, ili da je procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta za ove pojave precijenjena;

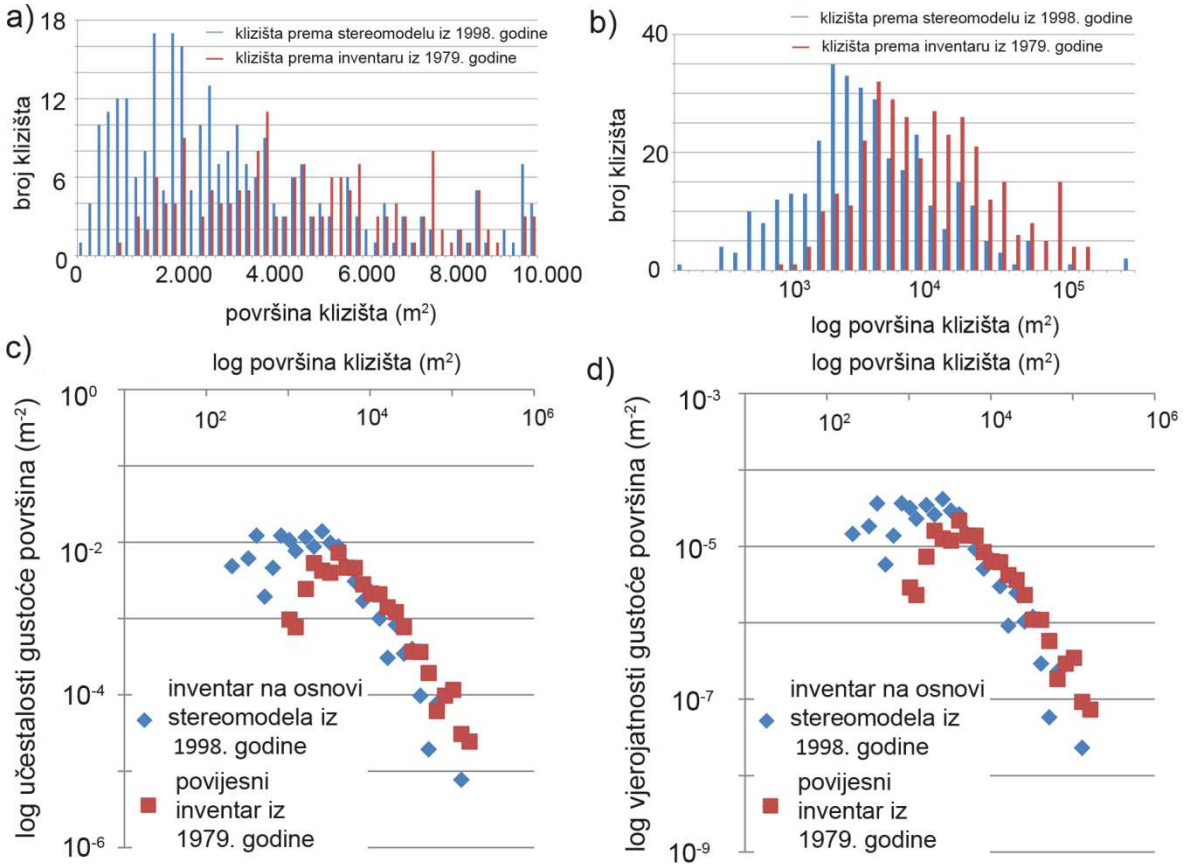
- za 46,4% (ili 44 pojave) puzanja iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1998. godine srednja, mala ili vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, što ukazuje na to da ova klizišta vrlo vjerojatno nisu reaktivirana tijekom 19-godišnjeg analiziranog razdoblja, te da je procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta za ove pojave ispravna.

Raspodjela površina 334 klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1998. godine i prema povijesnim podacima iz 1979. godine je prikazana na slici 71, i to prema učestalosti površina klizišta u klasama od 200 m^2 u normalnom prikazu, učestalosti površina klizišta u klasama logaritamskog mjerila (različiti raspon klasa), učestalosti gustoće površina (*eng. frequency density*) i vjerojatnosti gustoće površina (*eng. probability density*) prema *Guzzetti (2006)*. Površine 334 klizišta zastupljena u oba inventara su u rasponu od 167 do 276.643 m^2. Krivulja učestalosti gustoće površina klizišta predstavlja raspodjelu površina klizišta u inventaru. Vrh krivulje vjerojatnosti gustoće površina predstavlja raspon najčešće zastupljenih površina klizišta u inventaru. Iz usporedbe učestalosti površina klizišta iz ova dva inventara, prikazane na slici 71 proizlazi sljedeće:

- U inventaru prema stereomodelu iz 1998. godine maksimalna učestalost klizišta u pojedinim klasama je 17 klizišta, a više od 10 klizišta prisutno je u rasponu površina 600-3.600 m^2. Ovom rasponu pripadaju klizišta približnih dimenzija od 17x35 m do 42x85 m. U analiziranom inventaru je ukupno 50,0% klizišta navedenih dimenzija, 1,5% klizišta manjih dimenzija, a 48,5% klizišta je veće od karakterističnih dimenzija.
- U povijesnom inventaru iz 1979. godine maksimalna učestalost klizišta u pojedinim klasama je 11 klizišta, a više od 10 klizišta prisutno je u rasponu površina 4.000-4.200 m^2. Ovom rasponu pripadaju klizišta približnih dimenzija od 45x89 m do 46x92 m. U analiziranom inventaru je ukupno 3,3% klizišta navedenih dimenzija, 18,9% klizišta manjih dimenzija, a 77,8% klizišta je veće od karakterističnih dimenzija.
- Maksimalnu učestalost prema logaritamskoj podjeli klasa površina klizišta imaju klizišta u rasponu površina 1.995-2.512 m^2 u kojemu ima 35 klizišta (ili približno 10%) prema podacima iz inventara prema stereomodelu iz 1998. godine. Maksimalnu učestalost prema logaritamskoj podjeli klasa površina klizišta imaju

klizišta u rasponu površina 3.981-5.012 m^2 u kojemu ima 32 klizišta (ili približno 10%) prema podacima iz povijsnog inventara iz 1979. godine.

- Vrh krivulje vjerojatnosti gustoće površina predstavlja najučestalije površine klizišta u inventaru. Prema analizi inventara prema stereomodelu iz 1998. godine to su klizišta približne površine u rasponu od 1.600-2.000 m^2, a prema analizi povijesnog inventara iz 1979. godine to su klizišta približne površine u rasponu od 3.200-4.200 m^2. Analiza prema vjerojatnosti gustoće površina je napravljena prema *Guzzetti (2006)*.



Slika 71 Usporedba raspodjele površina 334 klizišta identificirana na temelju stereomodela iz 1998. godine i geomorfološkim kartiranjem 1979. godine (*Polak i dr., 1979*): a) učestalosti površina klizišta za klase od 200 m^2; (b) logaritamski prikaz učestalosti površina klizišta; (c) logaritamski prikaz učestalosti gustoće površina; d) logaritamski prikaz vjerojatnosti gustoće površina

Zaključci nakon provedne analize su sljedeći:

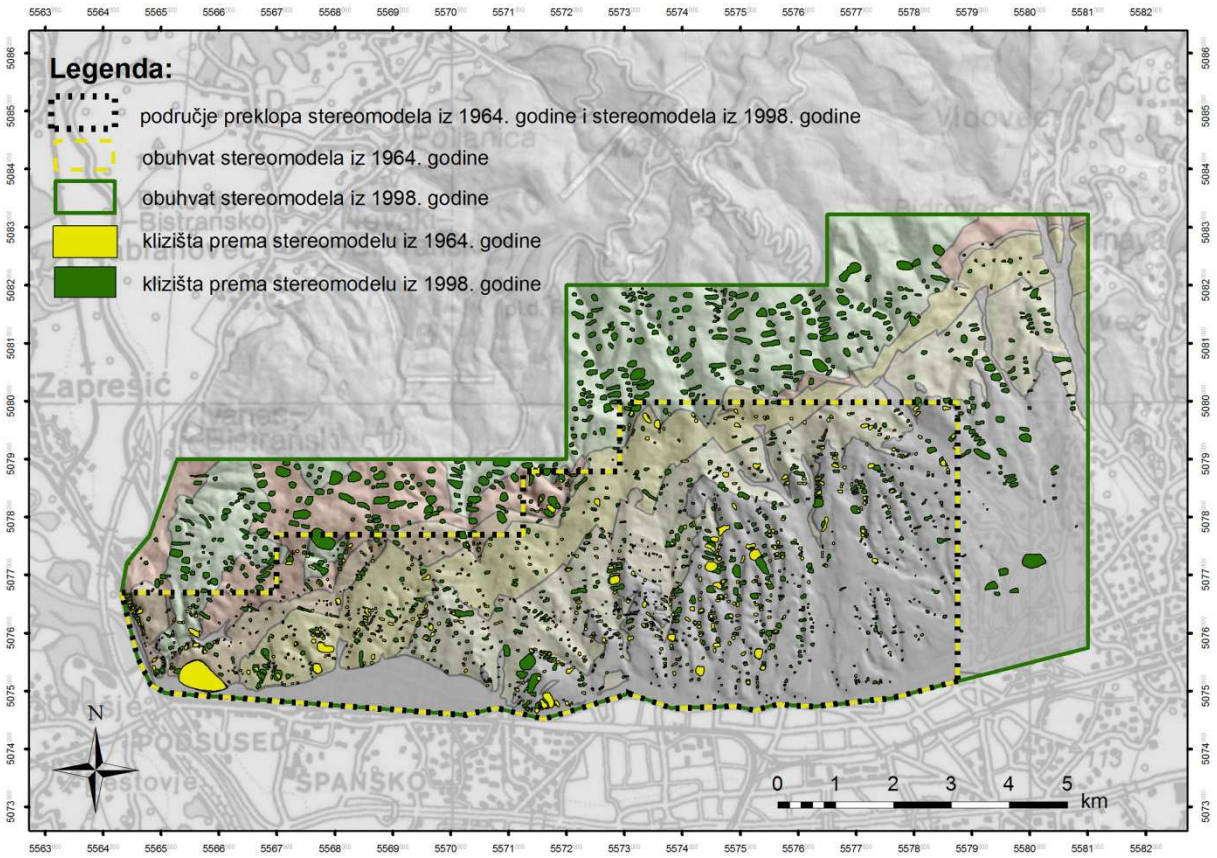
- na području preklopa se nalazi više stotina klizišta (334 klizišta) identificiranih prema stereomodelu iz 1998. godine i povijesnom inventaru iz 1979. godine,
- 109 od 334 klizišta (približno 35% klizišta) se preklapaju s više od 50% površine klizišta,

- površine klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1998. godine su manja (približno 55% klizišta je manje površine) nego površine klizišta prema povijesnom inventaru iz 1979. godine, što je vrlo vjerojatno rezultat korištene metode identifikacije klizišta,
- približno 30% aktivnih klizišta (ili 30 pojava) kartiranih 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao vrlo pouzdano i pouzdano identificirano klizište; približno 30% umirenih klizišta (ili 42 pojave) kartiranih 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao vrlo pouzdano i pouzdano identificirano klizište; približno 25% puzanja (ili 21 pojava) kartirana 1979. godine identificirano je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao vrlo pouzdano i pouzdano identificirano klizište,
- približno za 55% (ili 57 pojava) aktivnih klizišta iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1998. godine vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta; približno za 45% (ili 60 pojava) umirenih klizišta iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1998. godine vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta; približno za 55% (ili 51 pojava) puzanja iz 1979. godine procijenjena je na temelju stereomodela iz 1998. godine vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta,

S obzirom na rezultate ove analize moguće je zaključiti: (i) da su klizišta identificirana prema stereomodelu iz 1998. godine manjih površina od klizišta identificiranih terenskim kartiranjem godine; (ii) da je pouzdanost identifikacije klizišta na stereomodelu iz 1998. godine zadovoljavajuća (približno svako treće klizište je pouzdano identificirano); i (iii) mogućnost daljnjeg razvoja posjeduje približno svako drugo klizište. S obzirom na pouzdanost identifikacije klizišta i površine identificiranih klizišta vidljivo je da su stereoskopskom analizom povijesnog stereomodela iz 1998. godine mjerila 1:20.000 dobiveni zadovoljavajući rezultati. Pouzdanost identificiranih granica klizišta iz oba inventara dodatno je provjerena na terenu 2012. i 2013. godine, što je opisano u poglavlju 5.5.

5.3.3 Usporedba inventara klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine

U ovom poglavlju navedeni su najvažniji rezultati analize usporedbe dva inventara klizišta izrađena u ovom radu analizom stereomodela iz 1964. godine u krupnom mjerilu 1:8.000 i stereomodela iz 1998. godine u srednjem mjerilu 1:20.000, stereoskopskom analizom pomoću Topcon Model 3 stereoskopa. Na slici 72 prikazana su sva klizišta iz oba inventara, a preklop površina ova dva inventara je veličine 54,14 km^2, što omogućava usporedbu 100,0% površine karte klizišta iz 1964. godine s podacima iz 1998. godine, i 54,3% površine karte klizišta iz 1998. godine s podacima iz 1964. godine. Klizišta iz inventara prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine klasificirana su prema pouzdanosti identifikacije klizišta i mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta. Usporedba navedena dva inventara provedena je uspoređivanjem broja klizišta i površine klizišta koja su zastupljena na obje karte klizišta.



Slika 72 Područje preklopa površina stereomodela iz 1964. godine i stereomodela iz 1998. godine

Na području preklopa obje analizirane karte klizišta izrađene prema stereomodelima (ukupne površine 54,14 km^2) nalazi se 963 klizišta identificiranih

prema stereomodelu iz 1964. godine i 731 klizište identificirano prema stereomodelu iz 1998. godine (snimljenog 34 godine kasnije).U tablici 49 prikazana je usporedba svih klizišta na području preklopa dva inventara klizišta prema stereomodelima iz 1964. godine i 1998. godine, iskazana u broju klizišta. U tablici 50 dana je ista usporedba iskazana površinom klizišta. Iz ove usporedbe je vidljivo da je 325 klizišta identificirano u oba inventara, pod čime se podrazumijevaju klizišta čije površine preklopa iznose više od 1 m^2. Iz ovoga proizlazi da je 33,8% klizišta (ili približno svako treće klizišta) identificiranih na temelju stereomodela iz 1964. godine također identificirano u inventaru prema steromodelu iz 1998. godine, odnosno da je 44,5% klizišta (ili približno svako drugo klizište) identificiranih na temelju stereomodela iz 1998. godine također identificirano u inventaru prema steromodelu iz 1964. godine. Iz tablice 49 proizlazi da 638 klizišta (ili 66,2%) identificiranih na temelju stereomodela iz 1964. godine, a koja se nalaze na području preklopa površina oba inventara, nije evidentirano u inventaru prema steromodelu iz 1998. godine. S obzirom da je inventar klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine precizniji, daljnja usporedba se pretežito provodi u odnosu na ovaj inventar.

Mogući razlozi za to su sljedeći: (i) klizište je neispravno identificirano sa stereomodela 1964. godine, tj. ono ne postoji; (ii) klizište je ispravno identificirano na stereomodelu 1964. godine, tj. ono postoji, ali nije identificirano na 34 godine novijem stereomodelu iz 1998. godine, (iii) klizište je neispravno identificirano sa stereomodela 1998. godine, tj. ono ne postoji; (iv) klizište je ispravno identificirano na stereomodelu 1998. godine, tj. ono postoji, ali je nastalo nakon 1964. godine. Ukoliko klizište nije identificirano 34 godina kasnije, moguće je: (i) da je bilo vidljivo, ali nije registrirano; ili (ii) da nije bilo vidljivo zbog čega nije registirano. S obzirom da ožiljci klizišta mogu biti vidljivi i nakon 34 godina, ali je na istraživanom urbaniziranom području najvjerojatnije većina ožiljaka uništena antropogenim djelatnostima (sanacija klizišta, poljoprivredna djelatnost, građenje i sl.), pretpostavlja se da je određeni broj ovih klizišta zamaskiran navedenim aktivnostima. Osim toga, veći broj klizišta identificiranih na stereomodelu iz 1964. godine u odnosu na stereomodel iz 1998. godine sigurno je izravna posljedica krupnijeg mjerila stereomodela iz 1964. godine.

Uspoređivanjem površina klizišta, proizlazi da je 0,71 km^2 površine klizišta prisutno u oba inventara, iz čega proizlazi da je 34,6% površine klizišta identificirano

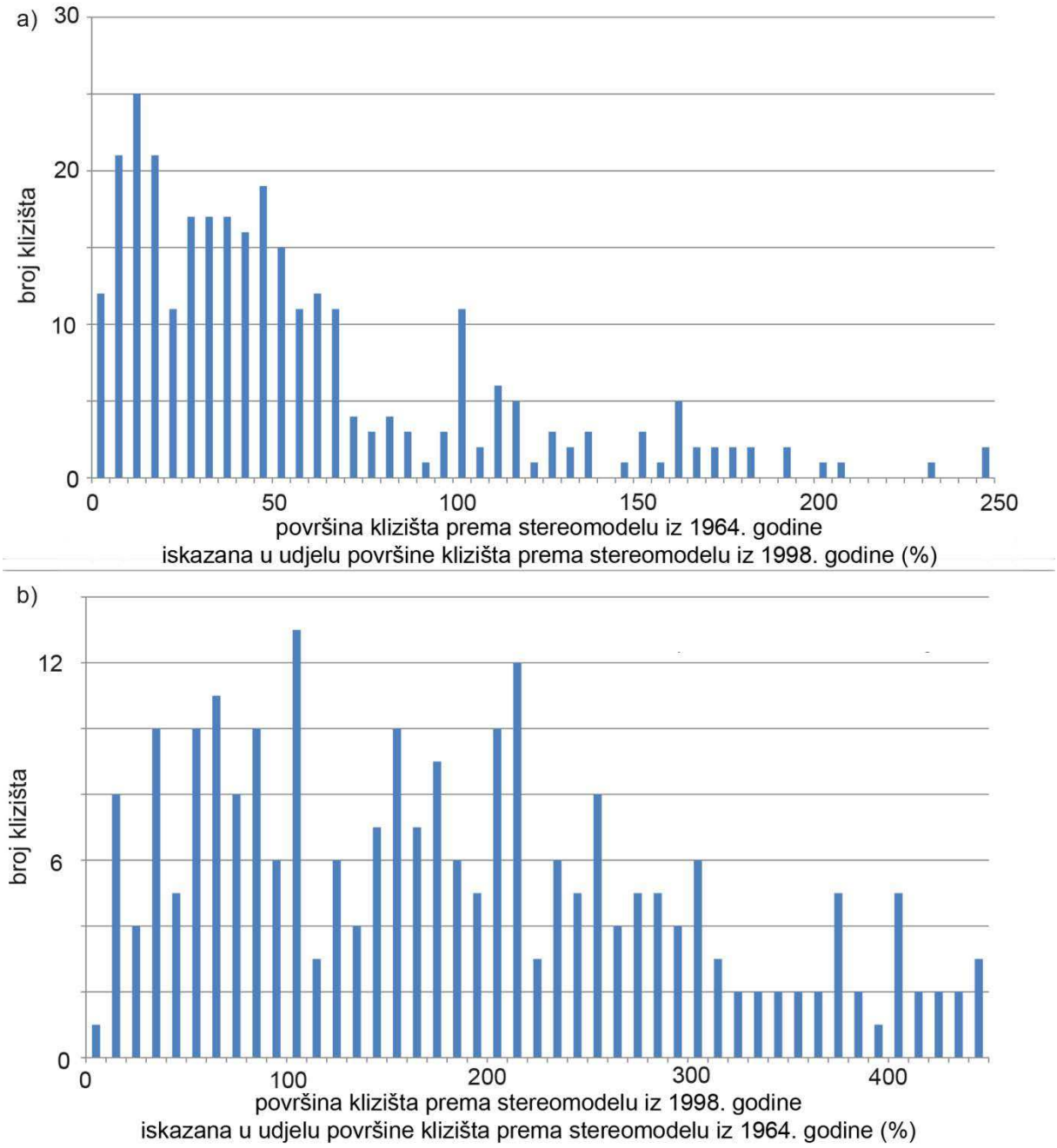
na temelju stereomodela iz 1964. godine također utvrđeno i na stereomodelu iz 1998. godine, odnosno da je 21,9% površine klizišta identificirano na temelju stereomodela iz 1998. godine također utvrđeno i na stereomodelu iz 1964. godine, kao što je prikazano u tablici 50. Razlozi za taj relativno mali udjel su: (i) promjene veličine površine klizišta tijekom razdoblja od 34 godine; (ii) promjene stupnja aktivnosti klizišta; (iii) promjene u okolišu (npr. urbanizacija i druge antropogene djelatnosti); i (iv) analiza stereomodela različitih mjerila.

Tablica 49 Usporedba klizišta zastupljenih na području preklopa karata inventara klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine, iskazano u broju klizišta

Broj klizišta u preklopu	**Inventar na osnovi stereomodela iz 1964. godine**			
Inventar na osnovi stereomodela iz 1998. godine	**klizišta**	**da**	**ne**	**Σ**
	da	**325** *(33,8% od 1964.; 44,5% od 1998)*	**406** *(55,1% od 1998)*	**731** *(100% od 1998)*
Napomena: Maksimalni mogući broj klizišta koji se preklapaju je 731 klizišta.	**ne**	**638** *(66,2% od 1964)*	**klizišta nisu zabilježena**	
	Σ	**963** *(100% od 1964)*		

Tablica 50 Usporedba klizišta zastupljenih na području preklopa karata inventara klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine, iskazano u površini klizišta

Površina klizišta u preklopu	**Inventar na osnovi stereomodela iz 1964. godine**			
Inventar na osnovi stereomodela iz 1998. godine	**klizišta**	**da**	**ne**	**Σ**
	da	**0,71 km^2** *(34,6% od 1964.; 21,9% od 1998)*	**2,53 km^2** *(78,1% od 1998)*	**3,24 km^2** *(100% od 1998)*
Napomena: Maksimalna moguća površina klizišta koja se preklapaju je 2,05 km^2.	**ne**	**1,34 km^2** *(65,4% od 1964)*	**klizišta nisu zabilježena**	
	Σ	**2,05 km^2** *(100% od 1964)*		



Slika 73 Usporedba površina klizišta sadržanog u inventarima prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine: a) površina klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine iskazana je kao udjel površine klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine; i b) površina klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine iskazana je kao udjel površine klizišta prema prema stereomodelu iz 1964. godine

Ukoliko se promatra površina svih 325 klizišta koja se nalaze u oba inventara, proizlazi da površine pojedinih klizišta iz inventara prema stereomodelu iz 1964. godine iznose od 1,28 do 3.278% površine klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine. Također, površine pojedinih klizišta iz inventara prema stereomodelu iz 1998. godine iznose od 3,05 do 7.800% površine klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine. Moguće tumačenje je slijedeće: (i) površina klizišta je ista ili slična; (ii)

površina klizišta je manja prema stereomodelu iz 1998. godine u odnosu prema stereomodelu iz 1964. godinu; (iii) površina klizišta je veća prema stereomodelu iz 1998. godine u odnosu prema stereomodelu iz 1964. godinu. Na slici 73a prikazan je odnos površina 321 klizišta, iskazan u udjelu površine klizišta iz 1998. godine u klasama do 250%, dok je 4 klizišta u klasi iznad 250%. Na slici 73b prikazan je odnos površina 246 klizišta, iskazan u udjelu površine klizišta iz 1964. godine u klasama do 450%, dok je 79 klizišta u klasi iznad 450%.

Sa slike 73a je vidljivo da su površine 176 klizišta (ili 54,2%) s karte prema stereomodelu iz 1964. godine manje u odnosu na klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine (do 50% površine klizišta identificiranih 1998. godine). Površine 101 klizišta (ili 31,1%) s karte prema stereomodelu iz 1964. godine su iste ili slične u odnosu na klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine (od 50% do 150% površine klizišta identificiranih 1998. godine). Samo 48 klizišta (ili 14,7%) s karte prema stereomodelu iz 1964. godine je veće u odnosu na klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine (više od 150% površine klizišta identificiranih 1998. godine). Na temelju analize odnosa površina pojedinačnih klizišta iz oba inventara, proizlazi da je: (1) približno 55% klizišta manje površine prema stereomodelu 1964. godine u odnosu na klizišita prema stereomodelu iz 1998. godine; (2) približno 30% klizišta ima istu ili sličnu površinu u inventarima prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine i (3) približno 15% klizišta je veće površine prema stereomodelu iz 1964. godine u odnosu na klizišita prema stereomodelu iz 1998. godine.

Sa slike 73b je vidljivo da su samo površine 29 klizišta (ili 8,9%) s karte prema stereomodelu iz 1998. godine manje u odnosu na klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine (do 50% površine klizišta identificiranih 1964. godine). Površine 77 klizišta (ili 23,7%) s karte prema stereomodelu iz 1998. godine su iste ili slične u odnosu na klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine (od 50% do 150% površine klizišta identificiranih 1964. godine). Površine 219 klizišta (ili 67,4%) s karte prema stereomodelu iz 1998. godine je veće u odnosu na klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine (više od 150% površine klizišta identificiranih 1964. godine). Na temelju analize odnosa površina pojedinačnih klizišta iz oba inventara, proizlazi da je: (1) približno 10% klizišta manje površine prema stereomodelu iz 1998. godine u odnosu na klizišita prema stereomodelu iz 1964. godine; (2) približno 25% klizišta ima istu ili sličnu površinu u inventarima prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine i (3)

približno 65% klizišta je veće površine prema stereomodelu iz 1998. godine u odnosu na klizišita prema stereomodelu iz 1964. godine. Promjene u površinama klizišta mogu biti rezultat prirodnih procesa, međutim rezultati analize u ovom slučaju ukazuju na razlike u mjerilima korištenih stereomodela, odnosno na činjenicu da je na stereomodelu iz 1998. godine teže identificirati klizišta manjih površina.

U tablici 51 je prikazana detaljnja usporedba preklopa površina svakog pojedinog klizišta iz inventara izrađenih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Za svih 325 klizišta koja su identificirana prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine izračunat je udjel površine preklopa klizišta iz inventara u odnosu na površinu klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Rezultati su grupirani na sljedeći način: (i) 0-25%; (ii) 26-50%; (iii) 51-75%, i (iv) 76-100%. Iz provedene analize proizlazi sljedeće:

- 98 klizišta (ili 18,3%) prema stereomodelu iz 1964. godine također je identificirano prema stereomodelu iz 1998. godine s preklopom površina klizišta većim od 76%;
- 57 klizišta (ili 14,3%) prema stereomodelu iz 1964. godine također je identificirano prema stereomodelu iz 1998. godine s preklopom površina klizišta 51-75%;
- 60 klizišta (ili 19,7%) prema stereomodelu iz 1964. godine također je identificirano prema stereomodelu iz 1998. godine s preklopom površina klizišta 26-50%;
- 110 klizišta (ili 51%) prema stereomodelu iz 1964. godine također je identificirano prema stereomodelu iz 1998. godine s preklopom površina klizišta manjim od 25%.
- 35 klizišta (ili 10,8%) prema stereomodelu iz 1998. godine i prethodno je identificirano prema stereomodelu iz 1964. godine s preklopom površina klizišta većim od 76%;
- 27 klizišta (ili 8,3%) prema stereomodelu iz 1998. godine i prethodno je identificirano prema stereomodelu iz 1964. godine s preklopom površina klizišta 51-75%;

- 76 klizišta (ili 23,4%) prema stereomodelu iz 1998. godine i prethodno je identificirano prema stereomodelu iz 1964. godine s preklopom površina klizišta 26-50%;
- 187 klizišta (ili 57,5%) prema stereomodelu iz 1998. godine i prethodno je identificirano prema stereomodelu iz 1964. godine s preklopom površina klizišta manjim od 25%.

Tablica 51 Površina preklopa pojedinih klizišta iz inventara prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine, iskazana kao udio površine preklopa u odnosu na površinu klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine

Odnos zajedničkih površina klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine izraženo u četiri klasa preklopa površina					
površina preklopa klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine	0-25% površine	26-50% površine	51-75% površine	76-100% površine	suma
broj klizišta i udio površine preklopa u odnosu na površinu klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine	110 (47,7%)	60 (19,7%)	57 (14,3%)	98 (18,3%)	325 (100,0%)
broj klizišta i udio površine preklopa u odnosu na površinu klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine	187 (57,5%)	76 (23,4%)	27 (8,3%)	35 (10,8%)	325 (100,0%)

Uz različito mjerilo stereomodela na temelju kojih su identificirana klizišta, razlozi za razliku površina klizišta, prema inventarima prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine mogu biti i sljedeći: (i) točna interpretacija granica klizišta prema stereomodelima iz 1964. godine i 1998. godine, ali promjena izraženosti granica klizišta tijekom 34 godine; (ii) netočna interpretacija granica klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine, točna interpretacija prema stereomodelu iz 1998. godine; (iii) točna interpretacija granica klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine, netočna interpretacija prema stereomodelu iz 1964. godine.

Analiza točnosti interpretacije granica klizišta iz oba inventara, načinjena je na temelju podataka o zastupljenosti klizišta s obzirom na pouzdanost identifikacije klizišta na karti inventara klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Rezultati ove analize prikazani su u tablici 52. S obzirom na pouzdanost odredbe, na stereomodelu iz 1964. godine pouzdano i vrlo pouzdano je identificirano 157 klizišta (ili 48,3%), odnosno svako drugo klizište od 325 klizišta identificiranih u oba inventara. Slabo pouzdano, nepouzdano i vrlo nepouzdano je identificirano 168 klizišta (ili 51,7%) od 325 klizišta identificiranih u oba inventara. S obzirom na pouzdanost odredbe, na stereomodelu iz 1998. godine pouzdano i vrlo pouzdano je identificirano 98 klizišta (ili 30,2%), odnosno svako treće klizište od 325 klizišta

identificiranih u oba inventara. Slabo pouzdano, nepouzdano i vrlo nepouzdano je identificirano 227 klizišta (ili 69,8%) od 325 klizišta identificiranih u oba inventara.

Tablica 52 Usporedba 325 klizišta sadržanih u inventarima prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine s obzirom na procijenjenu pouzdanost identifikacije klizišta

Broj i udjel klizišta s obzirom na pouzdanost identifikacije klizišta	**Inventar na osnovi stereomodela 1964. godine**		**Inventar na osnovi stereomodela iz 1998. godine**	
	broj	udjel (%)	broj	udjel (%)
vrlo pouzdano identificirano klizište	81	**24,9**	25	7,7
pouzdano identificirano klizište	76	**23,4**	73	**22,5**
slabo pouzdano identificirano klizište	91	**28,0**	118	**36,3**
nepouzdano identificirano klizište	41	12,6	97	**29,8**
vrlo nepouzdano identificirano klizište	36	11,1	12	3,7
∑	325	100	325	100

Iz rezultata analize s obzirom na razlike u procijenjenoj pouzdanosti identifikacije klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine proizlazi sljedeće:

- 48,3% klizišta (ili 157 klizišta) je identificirano kao vrlo pouzdano i pouzdano na temelju stereomodela iz 1964. godine, a od tih 157 klizišta (ili 100%) je 51 klizište (ili 32,5%) identificirano kao vrlo pouzdano i pouzdano i na temelju stereomodela iz 1998. godine, što ukazuje na to da su ova klizišta bila dobro izražena tijekom 34-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1998. godine;
- 51,7% klizišta (ili 168 klizišta) je identificirano kao slabo pouzdano, nepouzdano i vrlo nepouzdano na temelju stereomodela iz 1964. godine, a od tih 168 klizišta (ili 100%) je 120 klizišta (ili 71,4%) identificirano kao slabo pouzdano, nepouzdano i vrlo nepouzdano i na temelju stereomodela iz 1998. godine, što ukazuje na to da su ova klizišta bila slabije izražena tijekom 34-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1998. godine;
- 30,2% klizišta (ili 98 klizišta) je identificirano kao vrlo pouzdano i pouzdano na temelju stereomodela 1998. godine, a od tih 98 klizišta (ili 100%) je 51 klizište (ili 52,0%) identificirano kao vrlo pouzdano i pouzdano i prethodno na temelju stereomodela iz 1964. godine, što ukazuje na to da su ova klizišta bila dobro izražena tijekom 34-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1998. godine;
- 69,8% klizišta (ili 227 klizišta) je identificirano kao slabo pouzdano, nepouzdano i vrlo nepouzdano na temelju stereomodela 1998. godine, a od tih 227 klizišta (ili 100%) je 120 klizišta (ili 52,3%) identificirano kao slabo pouzdano, nepouzdano i vrlo nepouzdano i prethodno na temelju stereomodela iz 1964. godine, što

ukazuje na to da su ova klizišta bila slabije izražena tijekom 34-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1998. godine;

- 51 klizište (ili 15,7%) je na oba stereomodela identificirano kao vrlo pouzdano i pouzdano, te je 120 klizišta (ili 36,9%) na oba stereomodela identificirano kao slabo pouzdano, nepouzdano i vrlo nepouzdano, dok je kod ostalih 154 klizišta (ili 47,4 %) prisutna razlika u procijenjenoj pouzdanosti identifikacije.

Analiza točnosti interpretacije mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta identificiranih na temelju stereomodela iz 1964. i 1998. godine provedena je usporedbom stanja aktivnosti 325 klizišta sadržanih u inventaru iz 1964. i 1998. godine. Rezultati ove analize prikazani su u tablici 53.

Tablica 53 Usporedba 325 klizišta, sadržanih u inventarima prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine, s obzirom na procijenjenu mogućnost daljnjeg razvoja klizišta

Broj i udjel klizišta s obzirom na mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	**Inventar na osnovi stereomodela iz 1964. godine**		**Inventar na osnovi stereomodela iz 1998. godine**	
	broj	udjel (%)	broj	udjel (%)
vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	20	6,2	23	7,1
velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	81	**24,9**	162	**49,8**
srednja mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	137	**42,2**	72	**22,2**
mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	75	**23,1**	66	**20,3**
vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	12	3,7	2	0,6
∑	325	100	325	100

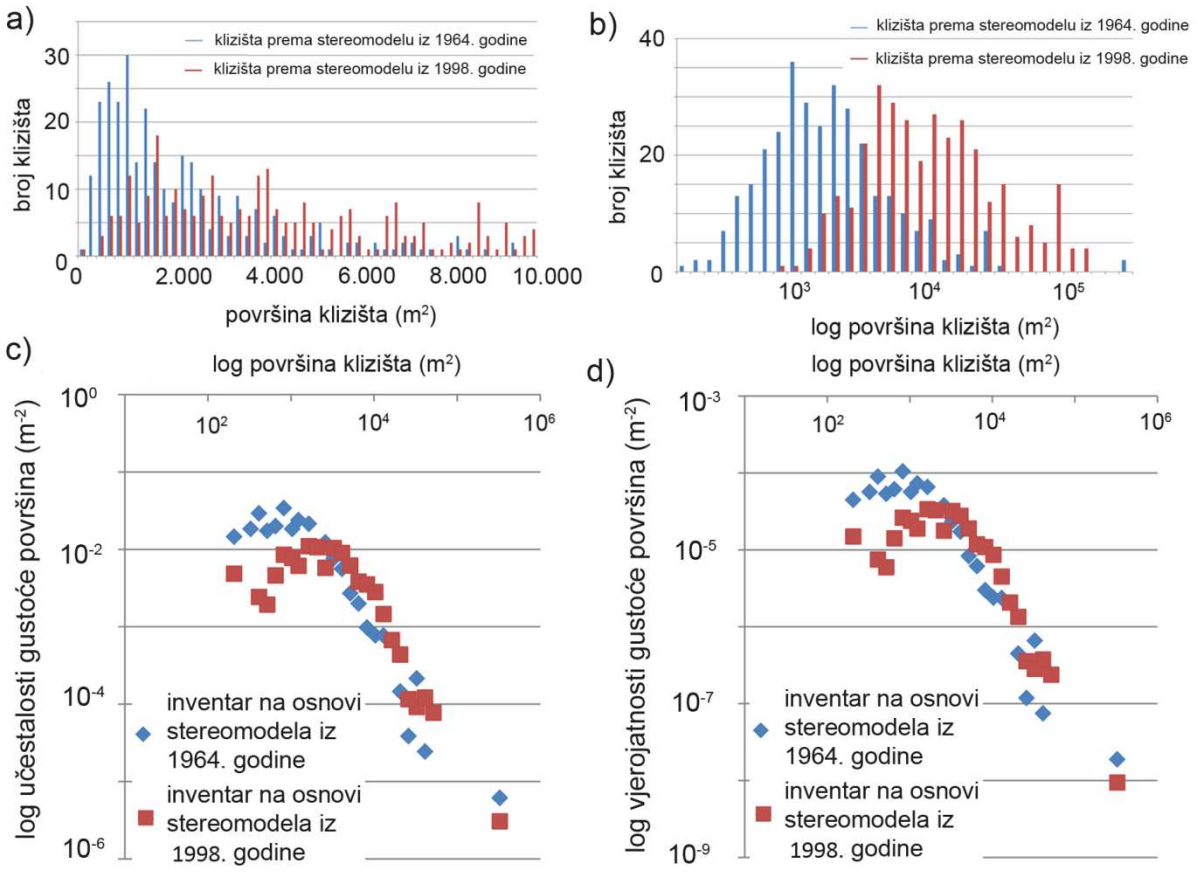
Iz rezultata analize s obzirom na razlike u procijenjenoj mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine proizlazi sljedeće:

- za 31,1% klizišta (ili 101 klizište) je procijenjena vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja na temelju stereomodela iz 1964. godine, a od tih 101 klizišta (ili 100%) je za 75 klizišta (ili 74,3%) procijenjena vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja i na temelju stereomodela iz 1998. godine, što ukazuje na mogućnost reaktivacije tijekom 34-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1998. godine, ali i poslije analiziranog razdoblja;
- za 68,9% klizišta (ili 224 klizišta) je procijenjena srednja, mala ili vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja na temelju stereomodela iz 1964. godine, a od tih 224 klizišta (ili 100%) je za 114 klizišta (ili 50,9%) procijenjena srednja, mala ili vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja i na temelju stereomodela iz 1998. godine, što ukazuje na to da ova klizišta vrlo vjerojatno nisu reaktivirana tijekom 34-

godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1998. godine, te da je procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta za ove pojave ispravna;

- za 56,9% klizišta (ili 185 klizišta) je procijenjena vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja na temelju stereomodela iz 1998. godine, a od tih 185 klizišta (ili 100%) je za 75 klizišta (ili 40,5%) procijenjena vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja i prethodno na temelju stereomodela iz 1964. godine, što ukazuje na mogućnost reaktivacije tijekom 34-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1998. godine, ali i poslije analiziranog razdoblja;
- za 43,1% klizišta (ili 140 klizišta) je procijenjena srednja, mala ili vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja na temelju stereomodela iz 1998. godine, a od tih 140 klizišta (ili 100%) je za 114 klizišta (ili 81,4%) procijenjena srednja, mala ili vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja i prethodno na temelju stereomodela iz 1964. godine, što ukazuje na to da ova klizišta vrlo vjerojatno nisu reaktivirana tijekom 34-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1998. godine, te da je procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta za ove pojave ispravna;
- za 75 klizišta (ili 23,1%) je na oba stereomodela procijenjena vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja, te je za 140 klizišta (ili 43,1%) na oba stereomodela procijenjena srednja, mala ili vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja, dok je kod ostalih 110 klizišta (ili 33,8 %) prisutna razlika u procijenjenoj mogućnosti daljnjeg razvoja.

Raspodjela površina 325 klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1964. godine i prema stereomodelu iz 1998. godine je prikazana na slici 74 i to prema učestalosti površina klizišta u klasama od 200 m^2 u normalnom prikazu, učestalosti površina klizišta u klasama logaritamskog mjerila (različiti rasponi klasa), učestalosti gustoće površina (*eng. frequency density*) i vjerojatnosti gustoće površina (*eng. probability density*) prema *Guzzetti (2006)*. Površine 333 klizišta zastupljena u oba analizirana su u rasponu od 178 do 281.886 m^2. Krivulja učestalosti gustoće površina klizišta predstavlja raspodjelu površina klizišta u inventaru. Vrh krivulje vjerojatnosti gustoće površina predstavlja raspon najčešće zastupljenih površina klizišta u inventaru.



Slika 74 Usporedba raspodjele površina 325 klizišta identificirana prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine: a) učestalosti površina klizišta za klase od 200 m^2; (b) logaritamski prikaz učestalosti površina klizišta; (c) logaritamski prikaz učestalosti gustoće površina; d) logaritamski prikaz vjerojatnosti gustoće površina

Iz usporedbe učestalosti površina klizišta iz ova dva inventara, prikazane na slici 74 proizlazi sljedeće:

- U inventaru prema stereomodelu iz 1964. godine maksimalna učestalost klizišta u pojedinim klasama je 30 klizišta, a više od 10 klizišta prisutno je u rasponu površina 400-2.800 m^2. Ovom rasponu pripadaju klizišta približnih dimenzija od 14x28 m do 37x75 m. U analiziranom inventaru je ukupno 68,0% klizišta navedenih dimenzija, 0,3% klizišta manjih dimenzija, a 31,7% klizišta je veće od karakterističnih dimenzija.
- U inventaru prema stereomodelu iz 1998. godine maksimalna učestalost klizišta u pojedinim klasama je 18 klizišta, a više od 10 klizišta prisutno je u rasponu površina 1.200-4.200 m^2. Ovom rasponu pripadaju klizišta približnih dimenzija od 25x49 m do 46x92 m. U analiziranom inventaru je ukupno 44,0% klizišta

navedenih dimenzija, 4,92% klizišta manjih dimenzija, a 51,08% klizišta je veće od karakterističnih dimenzija.

- Maksimalnu učestalost prema logaritamskoj podjeli klasa površina klizišta imaju klizišta u rasponu površina 1.000-1.259 m^2 u kojemu ima 36 klizišta (ili približno 11%) prema podacima iz inventara prema stereomodelu iz 1964. godine. Maksimalnu učestalost prema logaritamskoj podjeli klasa površina klizišta imaju klizišta u rasponu površina 3.981-5.012 m^2 u kojemu ima 38 klizišta (ili približno 12%) prema podacima iz inventara prema stereomodelu iz 1998. godine.
- Vrh krivulje vjerojatnosti gustoće površina predstavlja najučestalije površine klizišta u inventaru. Prema analizi inventara prema stereomodelu iz 1964. godine to su klizišta približne površine u rasponu od 650-850 m^2, a prema analizi stereomodela iz 1998. godine to su klizišta približne površine u rasponu od 2.500-3.100 m^2. Analiza prema vjerojatnosti gustoće površina je napravljena prema *Guzzetti (2006)*.

Zaključci nakon provedne analize su sljedeći:

- na području preklopa se nalazi više stotina klizišta (325 klizišta) identificiranih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine,
- 155 od 325 klizišta (približno 30% klizišta) se preklapaju s više od 50% površine klizišta u odnosu na 1964. i 1998. godinu,
- 62 od 325 klizišta (približno 20% klizišta) se preklapaju s više od 50% površine klizišta u odnosu na 1998. i 1964. godinu,
- površine klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1964. godine su manje (približno 55% klizišta je manje površine) nego površine klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine,
- površine klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1998. godine su veće (približno 65% klizišta je veće površine) nego površine klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine,
- razlike u površinama identificiranih klizišta su vrlo vjerojatno posljedica mjerila korištenih stereomodela,
- od vrlo pouzdano i pouzdano identificiranih 157 klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine je 51 klizište (ili približno 35%) identificirano kao vrlo pouzdano i pouzdano i na temelju stereomodela iz 1998. godine,

- od vrlo pouzdano i pouzdano identificiranih 98 klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine je 51 klizište (ili približno 50%) identificirano kao vrlo pouzdano i pouzdano i na temelju stereomodela iz 1964. godine,
- za približno 30% klizišta (ili 101 klizište) je procijenjena vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja na temelju stereomodela iz 1964. godine, a za 75 klizišta (ili približno 75%) procijenjena vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja i na temelju stereomodela iz 1998. godine,
- za približno 55% klizišta (ili 185 klizišta) je procjenijena vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja na temelju stereomodela iz 1998. godine, a za 75 klizišta (ili približno 40%) procijenjena vrlo velika ili velika mogućnost daljnjeg razvoja i prethodno na temelju stereomodela iz 1964. godine,
- 171 klizište (ili približno 55%) na oba stereomodela je procijenjeno s istom klasom pouzdanosti identifikacije klizišta,
- 215 klizišta (ili približno 70%) na oba stereomodela je procijenjeno s istom klasom mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta.

S obzirom na rezultate ove analize moguće je zaključiti: (i) da su klizišta identificirana prema stereomodelu iz 1964. godine manjih površina od klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1998. godine; (ii) da je pouzdanost identifikacije klizišta na stereomodelu iz 1964. godine veća u odnosu na stereomodel iz 1998. godine; (iii) svako drugo pouzdano određeno klizište prema stereomodelu iz 1998. godine je pouzdano određeno i na stereomodelu iz 1964. godine, što znači da je klizište na toj lokaciji u proteklom razdoblju od 34 godine; (iv) mogućnost daljnjeg razvoja klizišta je veća prema stereomodelu iz 1998. godine (svako drugo klizište u odnosu na svako treće klizište prema stereomodelu iz 1964. godine); (v) na oba stereomodela je visoki postotak klizišta procijenjenih s istom klasom pouzdanosti identifikacije klizišta i klasom mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta što ukazuje na konzistenst korištenih kriterija tijekom provedene stereoskopske analize i na korektnu provedenu stereoskopsku analizu stereomodela.

Za izradu inventara klizišta stereoskopskom analizom stereomodela područja južnih obronaka Medvednice preporuka je korištenje stereomodela krupnog mjerila (mjerila do 1:10.000) radi omogućavanja preciznije, a ujedno time i pouzdanije identifikacije klizišta, što je prvenstveno uvjetovano karakterističnom veličinom klizišta. Usprkos sitnijem mjerilu, i identifikacija klizišta prema stereomodelu iz 1998.

godine je također dala zadovoljavajuće rezultate za interpretaciju povijesnog razvoja klizišta.

5.4 Verifikacija procijenjene relativne opasnosti od klizišta

Klizišta identificirana prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine za koja je procijenjena relativna opasnost pomoću AHP metode, opisane u poglavlju 4.2.2, verificirana su usporedbom s podacima o klizištima iz povijesnog inventara iz 1979. godine i međusobnom usporedbom inventara izrađenih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Procijenjena relativna opasnost od klizišta verificirana je na sljedeće načine: (i) usporedbom s podacima iz povijesnog inventara klizišta iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*); (ii) međusobnom usporedbom inventara izrađenih na temelju analiza stereomodela iz 1964. i 1998. godine, provedenom u ovom radu. Verifikacija procijenjene relativne opasnosti od klizišta identificiranih na stereomodelima iz 1964. i 1998. godine usporedbom s povijesnim podacima iz 1979. godine je teža i nepouzdanija od verifikacije pouzdanosti identificiranih klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Za to postoje sljedeći višestruki razlozi: (i) za identifikaciju klizišta korištene su različite metode kartiranja klizišta u izradi inventara, i to pretežno terensko geomorfološko kartiranje za povijesni inventar iz 1979. godine, te metode daljinskih istraživanja za izradu inventara prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine; (ii) za klizišta identificirana 1979. godine nije procijenjivana relativna opasnost od klizišta; i (iii) sva identificirana klizišta prema stereomodelima predstavljaju interpretirane podatke, što znači da su rezultati jako ovisni o iskustvu istraživača, a time i subjektivni. S obzirom na navedeno, usporedba relativne opasnosti od klizišta je napravljena za pojedinačna klizišta, koja su sadržana u inventarima klizišta. Uspoređivanjem klizišta iz karata inventara prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnog inventara iz 1979. godine, odnosno iz karata povijesnog inventara iz 1979. godine i prema stereomodelu iz 1998. godine i karata inventara klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine, mogući su sljedeći ishodi: (i) klizište je kartirano u oba inventara; i (ii) klizište je kartirano u jednom od inventara. S obzirom na pretpostavku da su klizišta koja su registrirana u oba analizirana inventara određena pouzdanije, ona su uzeta za analize procijenjene mogućnosti razvoja klizišta, ali i za analize procijenjene relativne opasnosti od klizišta.

5.4.1 Usporedba procijenjene relativne opasnosti prema stereomodelu iz 1964. godine s povijesnim podacima iz 1979. godine

Analiza procijenjene relativne opasnosti klizišta iz inventara prema stereomodelu iz 1964. godine, načinjena je na temelju podataka o zastupljenosti klizišta s obzirom na procijenjenu relativnu opasnost klizišta u inventaru prema stereomodelu iz 1964. godine, te podataka o tipovima, odnosno stanjima aktivnosti klizišta iz 1979. godine. Ova analiza provedena je za 333 klizišta koja su identificirana prema stereomodelu iz 1964. godine, te su kasnije potvrđena terenskim geomorfološkim karitranjem 1979. godine. Rezultati ove usporedbe prikazani su u tablici 54. S obzirom na procijenjenu relativnu opasnost od klizišta, na stereomodelu iz 1964. godine velika i srednja relativna opasnost procijenjena je za 189 klizišta (ili 56,8%), odnosno za svako drugo klizište od 333 klizišta identificiranih u oba inventara. Mala i vrlo mala relativna opasnost je procijenjena za 144 klizišta (ili 43,2%) od 333 klizišta identificiranih u oba inventara. Podatke iz povijesnog inventara iz 1979. godine moguće je reinterpretirati na način da su relativno opasna klizišta originalno klasificirana kao aktivna (101 klizište ili 30,3% od 333 klizišta identificiranih u oba inventara), od kojih je 68 klizišta (ili 67,3%) također identificirano i na stereomodelu iz 1964. godine. Proizlazi da je udjel relativno opasnih klizišta na kartama povijesnog inventara iz 1979. godine manji, odnosno svako treće klizište se smatra relativno opasnim.

Iz rezultata analize prikazane u tablici 54 proizlazi sljedeće:

- 67,3% aktivnih klizišta (ili 68 pojava) kartiranih 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao vrlo do srednje relativno opasno klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila opasna tijekom 15-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1979. godine;
- 32,7% aktivnih klizišta (ili 33 pojava) kartiranih 1979. godine procijenjeno je kao malo do vrlo malo relativno opasno klizište prema stereomodelu iz 1964. godine, što ukazuje na to da su ova klizišta bila manje opasna 1964. godine, bilo zbog toga što su kasnije postala relativno opasnija ili je stupanj procjene njihove relativne opasnosti iz 1964. godine podcijenjen;
- 48,9% umirenih klizišta (ili 69 pojave) kartiranih 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao vrlo do srednje relativno opasno

klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila opasna tijekom 1964. godine, te da su tijekom kartiranja 1979. godine bila slabije izražena;

- 51,1% umireno klizište (ili 72 pojave) kartirano 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao malo do vrlo malo relativno opasno klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila manje opasna na stereomodelu iz 1964. godine, a i kasnije, tijekom kartiranja 1979. godine;
- 57,2% puzanja (ili 52 pojave) kartirana 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao vrlo do srednje relativno opasno klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila opasna na stereomodelu 1964. godine, ali njihove granice nisu bile jasno izražene 1979. godine tijekom inženjerskogeološkog rekognoscirajućeg katiranja, što može biti posljedica promjene stanja aktivnosti klizišta, modifikacije granica klizišta ili ograničenja terenskog kartiranja klizišta;
- 42,9% puzanja (ili 39 pojava) iz 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao malo do vrlo malo relativno opasno klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila malo opasna prema kriterijima korištenim za procjenu sa stereomodela iz 1964. godine, a također i tijekom kartiranja 1979. godine.

Tablica 54 Usporedba 333 klizišta sadržana u inventarima prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnom inventaru iz 1979. godine s obzirom na procijenjenu relativnu opasnost klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i klasifikaciju klizišta s obzirom na stanje aktivnosti iz povijesnog inventara iz 1979. godine

Povijesni inventar klizišta iz 1979. godine		**Inventar na osnovi stereomodela iz 1964. godine**				
		Broj i udjel klizišta s obzirom na procjenu relativne opasnosti klizišta				
		velika relativna opasnost	srednja relativna opasnost	mala relativna opasnost	vrlo mala relativna opasnost	Σ
Tipovi klizišta	aktivno	37 *(37,4% od 1964; 36,6% od 1979.)*	31 *(34,5% od 1964; 30,7% od 1979.)*	25 *(20,7% od 1964; 24,8% od 1979.)*	8 *(34,8% od 1964; 7,9% od 1979.)*	101 *(100,0% od 1979)*
	umireno	32 *(32,3% od 1964; 22,7% od 1979.)*	37 *(41,1% od 1964; 26,2% od 1979.)*	64 *(52,9% od 1964; 45,4% od 1979.)*	8 *(34,8% od 1964; 5,7% od 1979.)*	141 *(100,0% od 1979)*
	puzanje	30 *(30,3% od 1964; 33,0% od 1979.)*	22 *(24,4% od 1964; 24,2% od 1979.)*	32 *(26,4% od 1964; 35,2% od 1979.)*	7 *(30,4% od 1964; 7,7% od 1979.)*	91 *(100,0% od 1979)*
	Σ	99 *(100,0% od 1964)*	90 *(100,0% od 1964)*	121 *(100,0% od 1964)*	23 *(100,0% od 1964)*	333

Zaključci nakon provedne analize su sljedeći:

- na području preklopa se nalazi više stotina klizišta (333 klizišta) identificiranih prema stereomodelu iz 1964. godine i povijesnom inventaru iz 1979. godine,
- približno 65% aktivnih klizišta (ili 68 pojave) kartiranih 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao vrlo do srednje relativno opasno klizište,
- približno 50% umirenih klizišta (ili 62 pojave) kartiranih 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao malo do vrlo malo relativno opasno klizište,
- približno 45% puzanja (ili 39 pojave) kartirana 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1964. godine kao malo do vrlo malo relativno opasno klizište.

S obzirom na rezultate ovih analiza proizlazi: (i) da su približno dva od tri klizišta identificirana prema stereomodelu iz 1964. godine i procijenjena kao relativno opasna također identificirano kao aktivna klizišta 1979. godine, što ukazuje na vrlo dobro procijenjenu relativnu opasnost; i (ii) da je približno svako drugo klizište identificirano prema stereomodelu iz 1964. godine procijenjeno kao relativno neopasno također identificirano kao umireno klizište ili puzište 1979. godine, što ukazuje na dobro procijenjenu relativnu opasnost od klizišta prema analiziranom stereomodelu iz 1964. godine.

5.4.2 Usporedba procijenjene relativne opasnosti prema stereomodelu iz 1998. godine s povijesnim podacima iz 1979. godine

Analiza procijenjene relativne opasnosti klizišta iz inventara prema stereomodelu iz 1998. godine, načinjena je na temelju podataka o zastupljenosti klizišta s obzirom na procijenjenu relativnu opasnosti od klizišta u inventaru prema stereomodelu iz 1998. godine, te podataka o tipovima, odnosno stanjima aktivnosti klizišta iz 1979. godine. Ova analiza provedena je za 334 klizišta koja su identificirana prema stereomodelu iz 1998. godine, a koja su identificirana terenskim geomorfološkim kartiranjem već 1979. godine. Rezultati ove usporedbe prikazani su u tablici 55. S obzirom na procijenjenu relativnu opasnost od klizišta, na stereomodelu iz 1998. godine velika i srednja relativna opasnost procijenjena je za 157 klizišta (ili 47,0%), odnosno za svako drugo klizište od 334 klizišta identificiranih u oba inventara. Mala i vrlo mala relativna opasnost je procijenjena za 177 klizišta (ili 53,0%) od 334 klizišta identificiranih u oba inventara. Podatke iz povijesnog inventara iz 1979. godine moguće je reinterpretirati na način da su relativno opasna klizišta originalno klasificirana kao aktivna (103 klizišta ili 30,8% od 334 klizišta identificiranih u oba inventara), od kojih je 54 klizišta (ili 52,4%) također identificirano i na stereomodelu iz 1998. godine. Proizlazi da je udjel relativno opasnih klizišta na kartama povijesnog inventara iz 1979. godine manji, odnosno svako treće klizište se smatra relativno opasnim.

Iz rezultata analize prikazane u tablici 55 proizlazi sljedeće:

- 52,4% aktivnih klizišta (ili 54 pojave) kartiranih 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao vrlo do srednje relativno opasno klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila opasna tijekom 19-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1979. do 1998. godine;
- 47,6% aktivnih klizišta (ili 49 pojava) kartiranih 1979. godine procijenjeno je prema stereomodelu iz 1998. godine, ali kao malo do vrlo malo relativno opasno klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila opasnija 1979. godine, bilo zbog toga što su kasnije postala relativno manje opasnija ili je stupanj procjene njihove relativne opasnosti iz 1998. godine podcijenjen;
- 46,4% umirenih klizišta (ili 63 pojave) kartiranih 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao vrlo do srednje relativno opasno

klizište, što ukazuje na to da da su tijekom kartiranih 1979. godine bila slabije izražena, te da su ova klizišta bila opasna prema stereomodelu 1998. godine;

- 53,6% umirenih klizišta (ili 73 pojave) kartiranih 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao malo do vrlo malo relativno opasno klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila manje opasna tijekom kartianja 1979. godine, a i kasnije prema stereomodelu iz 1998. godine;
- 42,1% puzanja (ili 40 pojava) kartiranih 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao vrlo do srednje relativno opasno klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila opasna prema stereomodelu iz 1998. godine, ali njihove granice nisu bile jasno izražene 1979. godine tijekom inženjerskogeološkog rekognoscirajućeg katiranja, što može biti posljedica promjene stanja aktivnosti klizišta, modifikacije granica klizišta ili ograničenja terenskog kartiranja klizišta;
- 57,9% puzanja (ili 55 pojava) iz 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao malo do vrlo malo relativno opasno klizište, što ukazuje na to da su ova klizišta bila malo opasna prema kriterijima korištenim za procjenu sa stereomodela iz 1998. godine, a također i tijekom kartiranja 1979. godine.

Tablica 55 Usporedba 334 klizišta sadržana u inventarima prema stereomodelu iz 1998. godine i povijesnom inventaru iz 1979. godine s obzirom na procijenjenu relativnu opasnost klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine i klasifikaciju klizišta s obzirom na stanje aktivnosti iz povijesnog geomorfološkog inventara klizišta iz 1979. godine

Povijesni inventar klizišta iz 1979. godine		**Inventar na osnovi stereomodela iz 1998. godine**				
		Broj i udjel klizišta s obzirom na procjenu relativne opasnosti klizišta				
		velika relativna opasnost	srednja relativna opasnost	mala relativna opasnost	vrlo mala relativna opasnost	Σ
Tipovi klizišta	aktivno	16 *(30,8% od 1998; 15,5% od 1979.)*	38 *(36,2% od 1998; 36,9% od 1979.)*	48 *(27,9% od 1998; 46,6% od 1979.)*	1 *(20,0% od 1998; 1,0% od 1979.)*	103 *(100,0% od 1979)*
	umireno	27 *(51,9% od 1998; 19,9% od 1979.)*	36 *(34,3% od 1998; 26,5% od 1979.)*	70 *(40,7% od 1998; 51,4% od 1979.)*	3 *(20,0% od 1998; 2,2% od 1979.)*	136 *(100,0% od 1979)*
	puzanje	9 *(17,3% od 1998; 9,5% od 1979.)*	31 *(29,5% od 1998; 32,6% od 1979.)*	54 *(31,4% od 1998; 56,8% od 1979.)*	1 *(60,0% od 1998; 1,1% od 1979.)*	95 *(100,0% od 1979)*
	Σ	52 *(100,0% od 1998)*	105 *(100,0% od 1998)*	172 *(100,0% od 1998)*	5 *(100,0% od 1998)*	334

Zaključci nakon provedne analize su sljedeći:

- na području preklopa se nalazi više stotina klizišta (334 klizišta) identificiranih prema stereomodelu iz 1998. godine i povijesnom inventaru iz 1979. godine,
- približno 50% aktivnih klizišta (ili 54 pojave) kartiranih 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao vrlo do srednje relativno opasno klizište,
- približno 55% umirenih klizišta (ili 73 pojave) kartiranih 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao malo do vrlo malo relativno opasno klizište,
- približno 60% puzanja (ili 55 pojave) kartiranih 1979. godine procijenjeno je i prema stereomodelu iz 1998. godine kao malo do vrlo malo relativno opasno klizište.

S obzirom na rezultate ovih analiza proizlazi: (i) da je približno svako drugo klizište identificirano prema stereomodelu iz 1998. godine procijenjeno kao relativno opasno također identificirano kao aktivno klizište 1979. godine, što ukazuje na dobro procijenjenu relativnu opasnost; i (ii) da je približno svako drugo klizište identificirano prema stereomodelu iz 1998. godine procijenjeno kao relativno neopasno također identificirano kao umireno klizište ili puzište 1979. godine, što ukazuje na dobro procijenjenu relativnu opasnost od klizišta prema analiziranom stereomodelu iz 1998. godine.

5.4.3 Usporedba procijenjene relativne opasnosti prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine

Analiza procijenjene relativne opasnosti od klizišta iz inventara prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine, načinjena je na temelju podataka o zastupljenosti klizišta s obzirom na procijenjenu relativnu opasnost od klizišta u izrađenim inventarima prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Ova analiza provedena je za 325 klizišta koja su identificirana prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine na oba stereomodela na području preklopa inventara. Rezultati ove usporedbe prikazani su u tablici 56. S obzirom na procijenjenu relativnu opasnost od klizišta, na stereomodelu iz 1964. godine velika i srednja relativna opasnost procijenjena je za 182 klizišta (ili 56,0%), odnosno za svako drugo klizište od 325 klizišta identificiranih u oba inventara. Mala i vrlo mala relativna opasnost je procijenjena za 143 klizišta (ili 44,0%) od 325 klizišta identificiranih u oba inventara. S obzirom na procijenjenu relativnu opasnosti klizišta, na stereomodelu iz 1998. godine velika i srednja relativna opasnost procijenjena je za 179 klizišta (ili 55,1%), odnosno za svako drugo klizište od 325 klizišta identificiranih u oba inventara. Mala i vrlo mala relativna opasnost je procijenjena za 146 klizišta (ili 44,9%) od 325 klizišta identificiranih u oba inventara. Proizlazi da je udjel relativno opasnih klizišta na kartama inventara klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine približno isti, jer se svako drugo identificirano klizište smatra relativno opasnim.

Tablica 56 Usporedba 325 klizišta u preklopu za inventare prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine s obzirom na procijenjenu relativnu opasnost

Broj i udjel klizišta s obzirom na procjenu relativne opasnosti od klizišta	**Inventar na osnovi stereomodela iz 1964. godine**		**Inventar na osnovi stereomodela iz 1998. godine**	
	broj	udjel (%)	broj	udjel (%)
velika relativa opasnost	96	29,5	65	20,0
srednja relativa opasnost	86	26,5	114	35,1
mala relativa opasnost	127	39,1	144	44,3
vrlo mala relativa opasnost	16	4,9	2	0,6
Σ	325	100	325	100

Iz rezultata analize s obzirom na razlike u procijenjenoj relativnoj opasnosti od klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine proizlazi sljedeće:

- za 56,0% klizišta (ili 182 klizišta) je procijenjena velika i srednja relativna opasnost na temelju stereomodela iz 1964. godine, a od tih 182 klizišta (ili 100%) je za 112 klizišta (ili 61,5%) procijenjena velika i srednja relativna

opasnost na temelju stereomodela iz 1998. godine, što ukazuje na to da su ova klizišta bila opasna tijekom 34-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1998. godine;

- za 44,0% klizišta (ili 143 klizišta) je procijenjena mala i vrlo mala relativna opasnost na temelju stereomodela iz 1964. godine, a od tih 143 klizišta (ili 100%) je 76 klizišta (ili 53,1%) je procijenjena mala i vrlo mala relativna opasnost na temelju stereomodela iz 1998. godine, što ukazuje na to da su ova klizišta bila neopasna tijekom 34-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1998. godine;
- za 55,1% klizišta (ili 179 klizišta) je procijenjena velika i srednja relativna opasnost na temelju stereomodela iz 1998. godine, a od tih 179 klizišta (ili 100%) je za 112 klizišta (ili 62,6%) procijenjena velika i srednja relativna opasnost na temelju stereomodela iz 1964. godine, što ukazuje na to da su ova klizišta bila opasna tijekom 34-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1998. godine;
- za 44,9% klizišta (ili 146 klizišta) je procijenjena mala i vrlo mala relativna opasnost na temelju stereomodela iz 1998. godine, a od tih 143 klizišta (ili 100%) je 76 klizišta (ili 52,1%) je procijenjena mala i vrlo mala relativna opasnost na temelju stereomodela iz 1998. godine, što ukazuje na to da su ova klizišta bila neopasna tijekom 34-godišnjeg analiziranog razdoblja od 1964. do 1998. godine;
- za 112 klizišta (ili 34,5%) je na oba stereomodela procijenjena velika i srednja relativna opasnost, te je za 76 klizišta (ili 23,4%) na oba stereomodela procijenjena mala i vrlo mala relativna opasnost, dok je kod ostalih 137 klizišta (ili 42,1 %) prisutna razlika u procijenjenoj relativnoj opasnosti.

Zaključci nakon provedne analize su sljedeći:

- na području preklopa se nalazi više stotina klizišta (325 klizišta) identificiranih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine,
- 182 klizišta je procijenjeno kao relativno opasno prema stereomodelu iz 1964. godine, a 112 klizišta (ili približno 60%) procijenjeno je kao relativno opasno i prema stereomodelu iz 1998. godine,

- 179 klizišta je procijenjeno relativno opasno prema stereomodelu iz 1998. godine, a 112 klizišta (ili približno 60%) procijenjeno je kao relativno opasno i prema stereomodelu iz 1964. godine,
- 188 klizišta (ili približno 70%) na oba stereomodela je procijenjeno s istom klasom relativne opasnosti od klizišta.

S obzirom na rezultate ovih analiza proizlazi: (i) da je približno svako drugo klizište identificirano prema stereomodelima iz 1964. godine i 1998. godine relativno opasno; i (ii) na oba stereomodela je viski postotak klizišta procijenjenih s istom klasom relativne opasnosti od klizišta što ukazuje na konzistenst korištenih kriterija tijekom provedene stereoskopske analize i na korektnu provedenu stereoskopsku analizu oba stereomodela.

5.5 Terenska provjera klizišta interpretiranih prema stereomodelima

Terenska provjera klizišta identificiranih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine obavljena je tijekom 2012. i 2013. godine. Budući da je prema stereomodelu iz 1964. godine identificirano 963 klizišta na području ukupne površine 54,14 km^2, te da je prema stereomodelu iz 1998. godine identificirano 1229 klizišta na području ukupne površine 99,79 km^2, za terensku provjeru odabrano je 50-ak reprezentativnih klizišta, od kojih su neka prikazana u ovom radu u obliku detaljno obrađenih primjera. Tijekom terenske provjere kartirane su granice identificiranih klizišta, a u većini slučajeva, obuhvaćeno je i šire područje oko klizišta.

Terenskim rekognoscirajućim kartiranjem obuhvaćeno je oko 30 km^2, odnosno oko 30% površine istraživanog područja. Prilikom terenske provjere, klizišta su kartirana na topografskoj podlozi krupnog mjerila, Hrvatskoj osnovnoj karti (HOK) mjerila 1:5.000. Pri tome je korišten i GPS (*eng. Global Positioning System*) uređaj za pozicioniranje nekoliko karakterističnih točaka klizišta. S obzirom da su mjerila stereoparova iz 1964. i 1998. godine sitnija (1:8.000 i 1:20.000) u odnosu na topografsku podlogu na kojoj su kartirana klizišta tijekom terenske provjere, granice klizišta identificirane na terenu su dovoljno precizne za usporedbu s podacima dobivenim daljinskim istraživanjima. S obzirom na dugačko vremensko razdoblje između inventara klizišta izrađenih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine (od 34 godine), te između 1964. i terenske provjere 2012. godine (48 godina), odnosno 1998. i 2012. godine (14 godina), sigurno je da su se granice klizišta bile podložne promjenama, bilo uslijed prirodnih promjena (kao što su obrastanje vegetacijom i uništavanje ožiljaka umirenih klizišta) ili uslijed ljudskih aktivnosti (poput obrađivanja zemljišta ili gradnje na dijelu ili na cijelom klizištu i sl.).

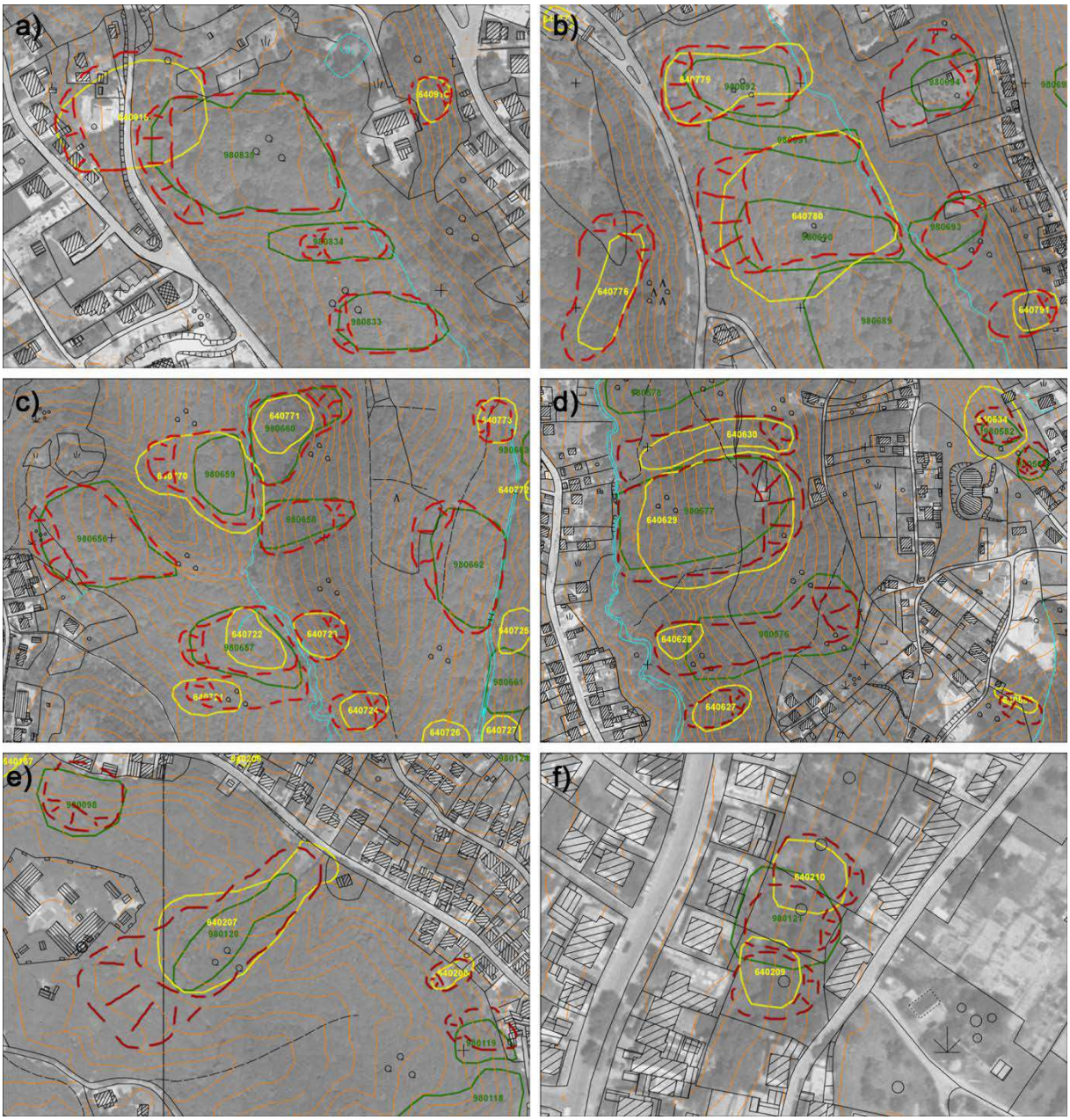
U prvom dijelu ovog poglavlja prikazuju se odabrani karakteristični primjeri identificiranih klizišta, kartirani na terenu na topografskoj karti mjerila 1:5.000, radi ilustracije utjecaja različitih faktora na mogućnost provjere identificiranih granica klizišta s navedenim velikim vremenskim odmacima. Tijekom rekognoscirajućeg kartiranja također je procijenjivana relativna opasnost od klizišta primjenom AHP metode, na temelju kriterija koji su korišteni pri interpretaciji stereomodela iz 1964. i 1998. godine. Karakteristični primjeri opisani su u zasebnom potpoglavlju radi

usporedbe relativne opasnosti klizišta u inventarima izrađenim prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine s relativnom opasnosti od klizišta 2012., odnosno 2013. godine.

5.5.1 Usporedba granica klizišta identificiranih rekognoscirajućim kartiranjem i interpretacijom stereomodela

Na slici 75 prikazano je šest odabranih područja na kojima je 2012-2013. godine provedeno rekognoscirajuće kartiranje na terenu na topografskoj podlozi mjerila 1:5.000 iz 1999. godine, dok je u podlozi ortofoto karta iz 2007. godine, također u mjerilu 1:5.000. Različitim bojama linija označene su granice klizišta intepretirane daljinskim istraživanjima sa stereomodela iz 1964. i 1998. godine, odnosno granice klizišta identificirane na terenu 2012. i 2013. godine na temelju vidljivih ožiljaka klizišta. Površine klizišta iz 1964. i 1998. godine su dane u metrima kvadratnim prema rezultatima analize stereomodela.

Na slici 75a prikazano je područje između ulice Remete i ulice Česmičkog, južno od crkve u Remetama. Na gornjem dijelu, sjeveroistočno od ulice Remete identificirano je klizište (broj 640915, površine 7.768 m^2) prema stereomodelu iz 1964. godine. To se klizište samo djelomično uočava na topografskoj podlozi mjerila 1:5.000, prvenstveno zbog toga što je korištena topografska podloga novijeg datuma (iz 1999. godine), te zbog toga što je prirodna morfologija terena modificirana gradnjom i nasipavanjima na toj lokaciji klizišta. Veliko klizište (površine 11.179 m^2) južno od crkve (broj 980835) identificirano prema stereomodelu iz 1998. godine jasno se uočava i na topografskoj podlozi. Ovo klizište je sanirano više puta, od 1960. godine do danas, ali su značajke klizišta i dalje vidljive i na postojećim topografskim podlogama i na terenu 2013. godine, prikazano na slici 76. Dva manja klizišta (površina 2.965 m^2 i 2.380 m^2) na padini istočno od potoka (broj 980833 i 980834) identificirana su na stereomodelu iz 1998. godine i vidljiva su na terenu 2012. godine. Njihove granice je vrlo teško intepretirati samo na temelju topografske podloge mjerila 1:5.000, prvenstveno zbog toga što tu to relativno mala klizšta. Ova klizišta izložena su eroziji potoka u nožici klizišta niz godina, a s obzirom da nisu identificirana na stereomodelu iz 1964. godine, vjerojatno su nastala kasnije. Na desnoj strani slike 75a identificirano je malo klizište (površine 706 m^2) iz 1964. godine (broj 640916) na padini istočno od ulice Česmičkog. Granice klizišta također su potvrđene terenskim kartiranjem 2012. godine. Identifikacija ovog klizišta samo na temelju topografske podloge nije moguća, prvenstveno zbog male veličine klizišta.



Slika 75 Usporedba granica klizišta identificiranih metodama daljinskih istraživanja, opisanim u ovom radu (poglavlje 4.1) i granica klizišta identificiranih rekognoscirajućim kartiranjem na terenu 2012. i 2013. godine. Žutim linijama označene su granice klizišta intepretirane prema stereomodelu iz 1964. godine, a zelenim linijama granice klizišta intepretirane prema stereomodelu iz 1998.godine. Crvenim linijama označene su granice klizišta interprertirane tijekom rekognoscirajućeg kartiranja. Kao podloga je korištena ortofoto karta mjerila 1:5.000 iz 2007. godine i Hrvatska osnovna karta (HOK) u mjerilu 1:5.000 iz 1999. godine (narančaste linije). Područja prikaza granica klizišta su sljedeća: a) padine između ulice Remete i ulice Česmičkog u Remetama; b) dolina istočno od ulice Pantovčak u okolici k.br. 260; c) padine oko potoka Jelenovac i potoka kod Pantovčaka; d) padine istočno od Velikog potoka; e) padine JZ od ulice Graberje (Grmoščica); i f) padine SZ od Kvaternikove ulice

Slika 76 Klizište broj 980835 prema stereomodela iz 1998. godine, na padini istočno od ulice Česmički u Remetama. Na fotografiji je još vidljiva pokrenuta masa klizišta, iako je sanirano. Na klizištu su ugrađeni piezometri. (snimljeno 2013. godine)

Na slici 75b prikazano je područje padina oko ulice Pantovčak (južno i istočno od Predsjedničkih dvora) i zapadna padina kod ulice Kraljevec. Na padini između ulice Pantovčak i potoka zapadno od ulice Kraljevec identificirana su dva jasno vidljiva klizišta sa stereomodela iz 1964. godine (broj 640779 i 640780, površina 9.455 m^2 i 27.201m^2). Granice ovih klizišta potvrđene su rekognoscirajućim kartiranjem 2012. godine, prikazano na slici 77, a djelomično su vidljive i na topografskoj podlozi mjerila 1:5.000 iz 1999. godine, zbog veće površine klizišta. Ovime je potvrđena pouzdanost identifikacije klizišta sa stereomodela iz 1964. godine. Izrazito deformirane slojnice na lokacijama ovih klizišta ukazuju na moguća višestruka klizanja na tom području, što je također idenficirano sa stereomodela iz 1998. godine, jer su ovdje izdvojena tri klizišta (broj 980690, 980691 i 980692, površina 1.1052 m^2, 4.982 m^2 i 5.982 m^2). S obzirom na izduženi oblik granica klizišta identificiranih 1998. godine, postoji vjerojatnost da su ovim granicama ograničeni samo dijelovi većih klizišta, odnosno jaruge nastale linijskom erozijom pukotina vrlo starih klizišta (npr. broj 980691). Ova pretpostavka je potvrđena na terenu 2012. godine, jer su danas vidljiva veća klizišta (npr. broj 980689, površine 37.082 m^2), koja su umirena, osim u nožičnom dijelu padine gdje je prisutna erozija vodotokom koja

izaziva manje pokrete, odnosno reaktiviranje samo dijelova pokrenute mase klizišta koja se nalaze uz potok. Klizišta broj 640791, 980693 i 980694 identificirana su na padini koja se nalazi istočno od potoka, a zapadno od ulice Kraljevec. Dva klizišta (površina 3.718 m^2 i 3.708 m^2) identificirana sa stereomodela iz 1998. godine potvrđena su kartiranjem na terenu 2013. godine, što znači da nisu postojala 1964. Jedno manje klizište (površine 1.722 m^2) idenficirano je sa stereomodela iz 1964. godine i potvrđeno je 2013. godine, ali nije identificirano na stereomodelu iz 1998. godine, jer se pretpostavlja da nije bilo vidljivo zbog svoje veličine. Ova klizišta samo su djelomično vidljva na topografskoj podlozi iz 1999. godine, prvenstveno zbog svoje veličine. Na padini zapadno od ulice Pantovčak identificirano je klizište na stereomodelu iz 1964. godine (broj 640776, površine 4.975 m^2) i potvrđeno je terenskim kartiranjem 2013. godine, ali nije identificirano na stereomodelu iz 1998. godine. Pretpostavlja se da nije izraženo na stereomodelima iz 1998. godine zbog pokrova zemljišta, koji je ovdje šuma.

Slika 77 Nožični dio padine na Pantovčaku i erozija vodotokom (snimljeno 2013. godine)

Na slici 75c prikazano je područje oko potoka Jelenovec i potoka kod Pantovčaka. Na temelju slojnica s topografske karte mjerila 1:5.000 iz 1999. godine moguće je identificirati tri klizišta identificirana sa stereomodela iz 1964. godine i četiri

klizišta sa stereomodela iz 1998. godine: broj 640770 i 980659; 640771 i 980660; 640722 i 980657; 980662. Ostala klizišta nisu izražena na topografskoj podlozi, ali su identificirana sa stereomodela iz 1964. i 1998. godine: broj 980656, 980658, 640721, 640723, 640724 i 640773. Klizište broj 640722 (površine 3.486 m^2), identificirano sa stereomodela iz 1964. godine je manje od istog klizišta identificiranog sa stereomodela iz 1998 godine (broj 980657, površine 8.298 m^2), koje je također potvrđeno na terenu 2013. godine, prikazano na slici 78. Isti slučaj je i kod klizišta broj 640771 (manje površine, 3.509 m^2) i klizišta broj 980660 (veće površine, 7.419 m^2). Iz ovoga proizlazi da su se ova klizišta povećala u razdoblju od 1964. do 1998. godine i to retrogresivnim klizanjem od potoka prema višim dijelovima padine. Za razliku od ovog klizišta, granica klizišta broj 640770 (površine 11.974 m^2) identificirana na stereoparovima iz 1964. godine vrlo je slična granici intepretiranoj terenskim istraživanjima 2013. godine, ali je granica klizišta iz 1998. godine značajno manja (broj 980659, površine 4.698 m^2). Razlog za ovo je ograničena vidljivost klizišta na stereomodelu iz 1998. godine zbog šumskog pokrova. Na istoj slici također je identificirano četiri manja klizišta (broj 640721, 640723, 640724 i 640773, površina 2.779 m^2, 2.635 m^2, 1.939 m^2 i 2.022 m^2) sa stereomodela iz 1964. godine koja su potvrđena terenskim kartiranjem 2013. godine. Ova klizišta nisu vidljiva na stereomodelu iz 1998. godine zbog male površine. Osim toga, na slici su prikazana tri veća klizišta (broj 980656, 980658 i 980662, površina 13.079 m^2, 4.733 m^2 i 9.547 m^2) čije granice identificirane sa stereomodela iz 1998. godine i na terenu 2013. godine su vrlo slične, a koja nisu identificirana 1964. godine. Razlog za to je što su nastala nakon 1964. godine. Na slici 79 prikazano je klizište broj 980656, u gornjem dijelu padine, na kojemu se danas uočavaju elementi sanacije na terenu u obliku uređenja geometrije površine klizišta, odnosno pravilnih stepeničastih terasa. Prema dostupnim podacima do klizanja je došlo uslijed promjene vegetacije 1966. godine, a djelomična sanacija je provedena 1967. godine (*Šikić, 1967*).

Slika 78 Aktivno klizište broj 640722 i 980657 na donjem dijelu padine uz potok Jelenovac (snimljeno 2013. godine)

Slika 79 Dio zapadne padine uz potok Jelenovac, u području klizišta broj 980656, na kojemu je vidljiva promjena geometrije klizišta, napravljena u okviru sanacije klizišta prije 47 godina (snimljeno 2013. godine)

Na slici 75d prikazano je područje istočne padine uz Veliki potok (potok Črnomerec). Na topografskoj podlozi mjerila 1:5.000 je vidljivo klizište broj 640629 i 980577 (površina 22.134 m^2 i 18.801 m^2), dok su klizišta broj 640628 i 980576 (površina 1.447 m^2 i 13.939 m^2), te klizišta broj 640627 i 640630 (površina 2.415 m^2 i 5.432 m^2) manje izražena. Klizišta broj 640634 i 980582 (površina 4.405 m^2 i 1.049 m^2), te klizišta broj 640580 i 980583 (površina 684 m^2 i 989 m^2) nisu izražena na topografskoj podlozi. Danas je prirodna morfologija donjeg dijela ovih padina značajno izmijenjena uređenjem korita Velikog potoka, i to najviše u razdoblju nakon 2008. godine, tijekom kojeg su izvedene brojne stabilizacije i sanacije kosina uz potok u obliku gabionskih zidova, drenaža i promjene geometrije kosina, prikazano na slici 80. Za ovu lokaciju karakteristična je pojava velikog broja, prvenstveno starih klizišta, približnih površina od 1.500 do 25.000 m^2, a koja su identificirana sa stereomodela iz 1964. godine. Najveće klizište (površine 22.134 m^2) identificirano je na stereomodelu iz 1964. godine (broj 640629) i na stereomodelu iz 1998. godine (broj 980577, površine 18.801 m^2) također je potvrđeno terenskim kartiranjem 2013. godine. Prema stereomodelu iz 1964. godine klizanjem je bio zahvaćen viši dio padine, a prema stereomodelu iz 1998. godine se klizište progresivno proširilo do vodotoka. Na slici 81 prikazana je nožica klizišta broj 640629 i 980577. Klizište broj 640628 identificirano je na stereomodelu iz 1964. godine kao malo klizište uz potok (približna površina oko 1.500 m^2), dok su na stereomodelu iz 1998. godine i kartiranjem 2013. godine utvrđene puno veće granice klizišta (broj 980576, približne površine 14.000 m^2) koje zahvaćaju gotovo cijelu padinu. Na ovoj lokaciji vjerojatno je veliko klizište nastalo nakon 1964. godine, nakon inicijalnog malog klizanja u dnu padine prije 1964. godine. Za razliku od toga, malo klizište (broj 640627, površine 2.415 m^2) južno od ovog klizišta, identificirano je 1964. godine i 2013. godine na terenu, bez promjene veličine klizišta. Njegove granice nisu identificirane sa stereomodela iz 1998. godine prvenstveno zbog mjerila stereomodela. Također, na sjevernom dijelu, identificirano je usko i dugačko klizište sa stereomodela iz 1964. godine (broj 640630, površine 5.432 m^2), čije su granice već i na stereomodelu iz 1964. godine bile teško vidljive zbog gustog pokrova (šuma). Granice ovog klizišta djelomično su potvrđene terenskim kartiranjem 2013. godine ser su na terenu i nakon 49 godine vidljive neke od značajki klizišta kao što su zona usijedanja, zona akumulacije, te djelomično i granica klizišta. Međutim, zbog navedenog (razvoj šume

u razdoblju od 1964. do 1998. godine i mjerila stereomodela iz 1998. godine), ovo klizište nije bilo vidljivo na stereomodelu iz 1998. godine.

Slika 80 Područje uz Veliki potok na kojemu su u razdoblju nakon 2008. godine izgrađeni gabionski zidovi, drenaže i uređen je donji dio padine uz potok (snimljeno 2013. godine)

Slika 81 Nožica umirenog klizišta identificiranog na stereomodelu iz 1964. (broj 640629) i 1998. godine (broj 980577), snimljeno 2013. godine

Na slici 75e prikazan je dio područja Grmoščice jugozapadno od ulice Graberje. Na topografskoj podlozi mjerila 1:5.000 uočava se jaruga, ali su stereoskopskom analizom na tom području izdvojena klizišta broj 640207 i 980120 (površina 8.870 m^2 i 3.544 m^2). Terenskom provjerom 2013. godine je utvrđeno veliko (približne površine oko 12.000 m^2) jasno izraženo klizište s vidljivom glavnom vlačnom pukotinom, udubljenjem u gornjem dijelu pokrenute mase ispunjenim vodom, prikazano na slici 82, zonom usijedanja i zonom akumulacije materijala, te s izraženom nožicom klizišta u kojoj su nastali manji izvori, prikazano na slici 83. Tijelo klizišta je nepravilne morfologije, brežuljkasto s vodotocima i pukotinama, a danas je gotovo u potpunosti obraslo šumom i grmljem. Granice klizišta i danas su dobro vidljive, iako je to staro klizište, identificirano na stereomodelu iz 1964. godine. Usporedbom granica klizišta iz 1964. godine i iz 2013. godine, upitno je da li se klizište retrogresivno proširivalo u više dijelove padina ili gornji dio klizišta nije bio jasno izražen na stereomodelu iz 1964. godine. Interpretacija prema stereomodelu iz 1998. godine rezultirala je identifikacijom jasno vidljive jaruge u središnjem dijelu klizišta (u tijelu klizišta), a vegetacijski pokrov je djelomično zamaskirao granice klizišta. Tijekom 2013. godine rekativiran je dio klizišta uz glavnu pukotinu, čime su ugrožene kuće sjeverozapadno od klizišta. Do reaktivacije je, vrlo vjerojatno došlo uslijed antropogenih faktora, neregulirane odvodnje površinskih voda i ispuštanja kanalizacije. Jugozapadno od ulice Graberje također je identificirano niz malih klizišta koja nisu vidljiva na topografskoj podlozi mjerila 1:5.000, ali su potvrđena tijekom terenskog obilaska. Klizište broj 640208 vidljivo je na stereomodelu iz 1964. godine iako je vrlo male površine (približno 500 m^2), ali ne i na stereomodelu iz 1998. godine. Klizišta broj 980098 i 980119 (površina 3.141 m^2 i 1.354 m^2) identificirano su samo na stereomodelu iz 1998, godine, vjerojatno zbog toga što su nastala nakon 1964. godine.

Slika 82 Glavna pukotina i udubljenje ispunjeno vodom u gornjem dijelu pokrenute mase na velikom starom klizištu na Grmoščici (snimljeno 2013. godine)

Slika 83 Nožični dio velikog starog klizišta na Grmošćici s „pijanom“ šumom (snimljeno 2013. godine)

Na slici 75f prikazano je područje sjeverozapadno od Kvaternikove ulice na kojemu su identificirana dva klizišta sa stereomodela iz 1964. godine (broj 640209 i 640210, površina 418 m^2 i 534 m^2) i jedno klizište sa steremodela iz 1998. godine (broj 980121, površine 1.027 m^2). Na topografskoj podlozi mjerila 1:5.000 se ne vidi niti jedno od ovih klizišta. Tijekom kartiranja na terenu 2013. godine identificirana su tri klizišta, čije granice približno odgovaraju granicama klizišta intepretiranih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Terenskom provjerom 2013. godine je utvrđeno da se na lokaciji klizišta broj 980121 nalazi staro klizište, prikazano na slici 84. Vlasnik kuće sjeveroistočno od klizišta je potvrdio da se na njegovoj kući (građenoj sredinom prošlog stoljeća) i susjednim zgradama vide pukotine nastale uslijed pomaka klizišta. Na lokaciji klizišta broj 640209 danas se nalazi napušteno gradilište, na kojemu je došlo do reaktiviranja klizišta, identificiranog 1964. godine, zbog dubokih iskopa i neodgovarajućih zaštita građevinske jame, prikazano na slici 85. Ovo klizište nije identificirano na stereoparovima iz 1998. godine, vjerojatno zbog mjerila stereomodela jer su značajke klizišta slabo izražene i na detaljnijem stereomodelu iz 1964. godine. Kako je na terenu 2013. godine utvrđeno da su na padini prisutni dugotrajni i spori pokreti, uslijed toga su i značajke klizišta slabo izražene zbog čega ih je teško bilo identificirati i na detaljnom stereomodelu.

Slika 84 Tragovi puzanja na klizištu broj 980121 u Kvaternikovoj ulici, nagnuta stabla i ograda (snimljeno 2013. godine)

Slika 85 Napušteno gradilište u Kvaternikovoj ulici koje je prouzročilo reaktiviranje klizišta broj 640209 identificiranog prema stereomodelu iz 1964. godine (snimljeno 2013. godine)

Na više desetaka lokacija je izvršena terenska provjera rezultata stereoskopske analize stereomodela iz 1964. i 1998. godine, od kojih je u ovom radu prikazano šest lokacija s više desetaka klizišta. Granice klizišta su bile identificirane i na terenu i na topografskoj podlozi (HOK). Topografske podloge u praksi preporučljivo koristiti jer daju vrlo korisne informacije o: (i) mogućim lokacijama klizišta (izgled slojnica), (ii) nagibu terena (gustoća slojnica) i (iii) pojavama voda. Dugi vremenski raspon od 50-ak godina, promjene u izgrađenosti terena i pokrovu zemljišta, veličina klizišta, te prohodnost na nekim lokacijama su otežavali preciznu terensku provjeru granica klizišta identificiranih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjena relativne opasnosti od klizišta zavise i od topografskih značajki lokacije, pa je na temelju topografskih pokazatelja moguće dati i neke procjene (npr. ako se nožica klizišta erodira i mogućnost daljnjeg razvoja klizišta i relativna opasnosti od klizišta je veća). Šest karakterističnih primjera je opisano u sljedećem potpoglavlju.

5.5.2 Usporedba procijenjene relativne opasnosti od klizišta primjenom AHP metode na terenu i interpretacijom stereomodela

Provjera procjene relativne opasnosti od klizišta na terenu provedena je na više desetaka lokacija klizišta, uključivo i šire područje. Terenskim obilaskom tijekom 2012. i 2013. godine obuhvaćeno je ukupno oko 30 km^2, odnosno oko 30% površine istraživanog područja. U daljnjem tekstu je prikazano nekoliko karakterističnih primjera klizišta, za koje su dani rezultati procjene relativne opasnosti klizišta primjenom AHP metode, izdvojeni prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine, kao i procjena relativne opasnosti klizišta primjenom iste metode na temelju izraženosti značajki klizišta uočenih tijekom terenskog obilaska klizišta 2012. i 2013. godine. Primjeri su prikazani u obliku stereograma, kako bi se uz uporabu stereoskopa mogla dobiti 3D slika, pri čemu se svaki nacrtani detalj vidi na jednoj 3D slici. Stereogram klizišta je upotpunjen popratnim obrascem klizišta koji je ispunjen na terenu i fotografijom lokacije. Radi lakšeg uočavanja klizišta na stereogramima, lokacije klizišta zaokružene su linijom elipsastog oblika, a ucrtani su vidljivi elementi klizišta, kao što su granica klizišta, glavna vlačna pukotina, manje pukotine u tijelu klizišta i sl. Ove elemente klizišta inače nije uobičajeno ucrtavati na stereograme, jer bitno kvare trodimenzionalnu uočljivost klizišta, a primjeri postaju nepregledni, opterećeni i sugestivni, jer se uočavaju samo ucrtani elementi.

Za sva prikazana klizišta, osim stereograma interpretiranog analizom stereomodela i iz 1964. i iz 1998. godine (kao što je opisano u poglavlju 4), dana je i procijenjena pouzdanost identifikacije klizišta (opisano u poglavlju 4.1.3), kao i mogućnost daljnjeg razvoja klizišta (opisano u poglavlju 4.1.4) i relativna opasnost od klizišta (opisano u poglavlju 4.2.2). Za svako klizište također je dan obrazac ispunjen na terenu, te fotografija lokacije. Terenski obrasci klizišta su prilagođeni opisivanju vidljivih značajki klizišta na terenu (npr. opis glavne vlačne pukotine je moguć na terenu, dok je glavna vlačna pukotina klizišta na istraživanom području u većini slučajeva slabo izražena na stereoparovima aerosnimki odnosno stereomodelu). Također je i AHP metoda prilagođena za primjenu na terenu time što su izmijenjene alternative i bodovne vrijednosti podkriterija. Međutim, podatke prikupljene na terenu je vrlo lako korelirati s podacima dobivenim primjenom kriterijia AHP metode za stereoskopsku analizu stereomodela iz 1964. i 1998. godine. To se osobito odnosi na

identifikaciju klizišta prema pouzdanosti identifikacije i prema mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta. Izdvojeni karakteristični primjeri odabrani su na način da ilustriraju različite mogućnosti provjere rezultata procijenjenih primjenom AHP metode i to mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i relativne opasnosti od klizišta. S obzirom da se ove procjene odnose na relativno dugačko vremensko razdoblje od 15 do 50 godina (1963.-2013.), kao reprezentativne lokacije odabrana su klizišta s različitim vremenom nastanka i različitim razvojem aktivnosti, odnosno s različitom izraženošću značajki klizišta i različitim topografskim uvjetima lokacije klizišta. U daljnjem tekstu su detaljno obrađeni sljedeći primjeri:

1. klizište na padini zapadno od Kvaternikove ulice, približno kod k. br. 49,
2. klizište na padini južno od ulice Graberje, približno kod k. br. 40, (područje Grmoščice),
3. klizište na padini zapadno od potoka Jelenovac (klizište Jelenovac),
4. klizište na padini zapadno od ulice Lukšić, približno kod k. br. 15 (blizu retencije Veliki potok),
5. klizište na padini istočno od ulice Vodopijin breg (područje zapadnog dijela otkopnih fronti u napuštenom površinskom kopu lapora u Podsusedu, tzv. klizište Kostanjek),
6. klizište na padini sjeverno od ulice Gospočak, približno kod k. br. 35.

Primjer 1 – Klizište na padini zapadno od Kvaternikove ulice

Na slikama 86 i 87 prikazani su stereogrami, izrađeni prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine, područja oko klizišta u Kvaternikovoj ulici koje se nalazi na padini, približno kod k. br. 49. Prema stereomodelu iz 1964. godine na ovoj lokaciji je identificirano klizište broj 640217, površine 1.160 m^2. Prema stereomodelu iz 1998. godine, na približno istoj lokaciji je identificirano klizište broj 980123, površine 2.160 m^2. Prema podacima iz inventara klizišta iz 1979. godine na istoj padini je identificirano aktivno klizište, približne površine 1.567 m^2. Na ovoj lokaciji je u ožujku 2013. godine reaktivirano klizište s čeonom pukotinom koja je zahvatila Kvaternikovu cestu, ukupne površine 875 m^2. U tablici 57 prikazani su podaci prikupljeni na terenu, a na slici 88 prikazano je reaktivirano klizište početkom 2013. godine.

Prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine ovo klizište je nepouzdano identificirano, dok je na terenu u proljeće 2013. godine pouzdano utvrđeno i to prvenstveno zbog reaktiviranja klizišta u to vrijeme. Prema stereomodelu iz 1964. godine je procijenjena vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja, dok je prema stereomodelu iz 1998. godine je procijenjena velika mogućnost daljnjeg razvoja. Na terenu u proljeće 2013. godine je procijenjena mala mogućnost daljnjeg razvoja, osobito zbog toga što su zbog velike opasnosti ovog klizišta, neposredno nakon reaktiviranja klizišta poduzete privremene mjere sanacije, a u tijeku je i sanacija klizišta. Prema stereomodelu iz 1964. godine je procijenjena vrlo mala relativna opasnost od klizišta, dok je prema stereomodelu iz 1998. godine je procijenjena mala relativna opasnost od klizišta. Na terenu u proljeće 2013. godine je procijenjena srednja relativna opasnost od klizišta, prikazano u tablici 58.

Slika 86 Stereogram klizišta broj 640217 u Kvaternikovoj ulici (kod k.br. 49) prema stereomodelu iz 1964. godine s označenom širom lokacijom klizišta (elipsa na lijevoj slici) i vidljivim elementima klizišta (crvene linije na desnoj slici)

Slika 87 Stereogram klizišta broj 980123 u Kvaternikovoj ulici (kod k.br. 49) prema stereomodelu iz 1998. godine s označenom širom lokacijom klizišta (elipsa na lijevoj slici) i vidljivim elementima klizišta (crvene linije na desnoj slici)

Tablica 57 Podaci za klizište broj 640217 i 980123 prikupljeni na terenu 2013. godine

Terenski obrazac klizišta	Prostorni smještaj			Geološka građa	
ID klizišta: 640217 i 980123	HOK	X= 5572642		Relativna starost	Vrsta tla
Prikupio: Podolszki, Gulam	ZG33	Y= 5576627		Q_1	C/M,C
Značajke klizišta	Lokacija: Kvaternikova ulica (kod k.br. 49))			Datum: 18.04.2013.	
Tijelo klizišta	Bodovi	Granica klizišta	Bodovi	Glavna vlačna pukotina	Bodovi
Jasno vidljive značajke	25	Vidljiva više od 75%	20	Jasno vidljiva	20
Klizište u nastanku	21	Vidljiva od 25% do 75%	12	Djelomično vidljiva	10
Prikupljanje površinske vode	17	Vidljiva manje od 25%	6	Teško vidljiva	4
Djelomično vidljive značajke	13	Može se samo procijeniti	2	Može se samo procijeniti	1
Teško vidljive značajke	6	A (m^2)	875	W (m)	25
Značajke se mogu samo procijeniti	2	L (m)	35	ΔH (m)	15
Značajke u nožici klilzišta, morfologija padine i pokrov				Geometrija	
Nožica	Bodovi	Nagib padine	Bodovi	Pokrov	Bodovi
Erozija vodotokom	15	Strm	10	Urbanizirano	10
Blizu vodotoka	9	Umjeren	6	Djelomično urbanizirano	8
Na padini	4	Blagi	3	Sa ili bez vegetacije	5
Na ravnici ili podržana	1	Konkavna	1	Šuma (>75%)	2
AHP			Napomena:	Zbroj bodova prema AHP=83, novo aktivno klizište, aktivirano nakon obilnih oborina, oštećena cesta, potencijalno ugrožena kuća. Sanacijski radovi u tijeku. Reaktivirano klizište utvrđeno prema povijesnim stereomodelima..	
Opis / aktivnost	Kategorija	Izraženost značajki	Bodovi		
Mala vjerojatnost / umireno	I	Slabo vidljive	0-30		
Moguća pojava / neaktivno	II	Djelomično vidljive	31-55		
Vjerojatna pojava / neaktivno do aktivno	III	Vidljive	56-80		
Visoki potencijal / aktivno	IV	Dobro vidljive	81-100		

Slika 88 Rektivirano klizište na padini zapadno od Kvaternikove ulice (snimljeno u proljeće 2013. godine)

Tablica 58 Usporedba procjene pouzdanosti identifikacije klizišta, procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine, te terenske procjene tijekom rekognoscirajućeg kartiranja 2013. godine za klizište na padini zapadno od Kvaternikove ulice

	Izvor podataka		
primjer 1	stereomodel iz 1964. godine	stereomodel iz 1998. godine	rekognoscirajuće kartiranje 2012./2013. godine
Procjena pouzdanosti identifikacije klizišta (1-5)	2 - nepouzdano identificirano klizište	2 - nepouzdano identificirano klizište	5 - vrlo pouzdano identificirano klizište
Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta (1-5)	1 - vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	4 - velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	2 - mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta
Procjena relativne opasnosti od klizišta (1-4)	1 - vrlo mala relativna opasnost	2 - mala relativna opasnost	3 - srednja relativna opasnost

S obzirom na navedeno, interpretacija razvoja reaktiviranog klizišta u Kvaternikovoj ulici kod k. br. 49 tijekom prošlih 50-ak godina, je sljedeća:

- Na padini je postojalo staro klizište čije su značajke bile slabo vidljive početkom 60-tih godina 20. stoljeća, što je zaključeno na temelju nepouzdano identificiranog klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine. U razdoblju između 1967. i 1979. godine klizišta je najvjerojatnije reaktivirano, zbog čega je u povijesnom inventaru iz 1979. godine registrirano kao aktivno klizište. U razdoblju između 1979.-1998. godine aktivnost klizišta se smanjuje, a značajke klizišta su sve manje vidljive uslijed prirodnih procesa i antropogenih aktivnosti, zbog čega je klizište nepouzdano identificirano prema stereomodelu iz 1998. godine. Klizište je ponovo reaktivirano u proljeće 2013. godine uslijed ekstremnih oborina (kiša i snijeg).
- Prema stereomodelu iz 1964. godine je mogućnost daljnjeg razvoja klizišta podcijenjena, s obzirom da je klizište identificirano kao aktivno 1979. godine. Prema stereomodelu iz 1998. godine je mogućnost daljnjeg razvoja klizišta ispravno procijenjena kao velika, što potvrđuje reaktiviranje klizišta u proljeće 2013. godine. Nakon reaktiviranja klizišta na terenu je procijenjena mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta s obzirom na topografiju lokacije (malo klizište na vrhu padine, izazvano neuređenom odvodnjom površinskih voda s ceste).

- Prema stereomodelu iz 1964. godine i 1998. godine relativna opasnost od klizišta je podcijenjena, iako je prema stereomodelu iz 1998. godine procijenjena viša opasnost u odnosu na stereomodel iz 1964. godine. Na terenu u proljeće 2013. godine procijenjena je srednja opasnost od klizanja. Ona međutim izravno ovisi o poduzetim interventnim i trajnim mjerama sanacije klizišta. Uređivanjem odvodnje s ceste, opasnost će se smanjiti.

S obzirom na povijesni razvoj klizišta i promjene aktivnosti klizišta na padini zapadno od Kvaternikove ulice, iz provedene analize proizlazi da su povijesna klizišta na ovoj lokaciji pouzdano identificirana. Površina klizišta identificiranog prema stereomodelu iz 1964 godine se s klizištem iz inventara iz 1979. godine preklapa približno 15%. Proizlazi da je klizište iz 2013. godine nastalo reaktiviranjem gornjeg dijela klizišta iz 1964. godine, ali je zahvatilo i gornji dio padine do ceste.

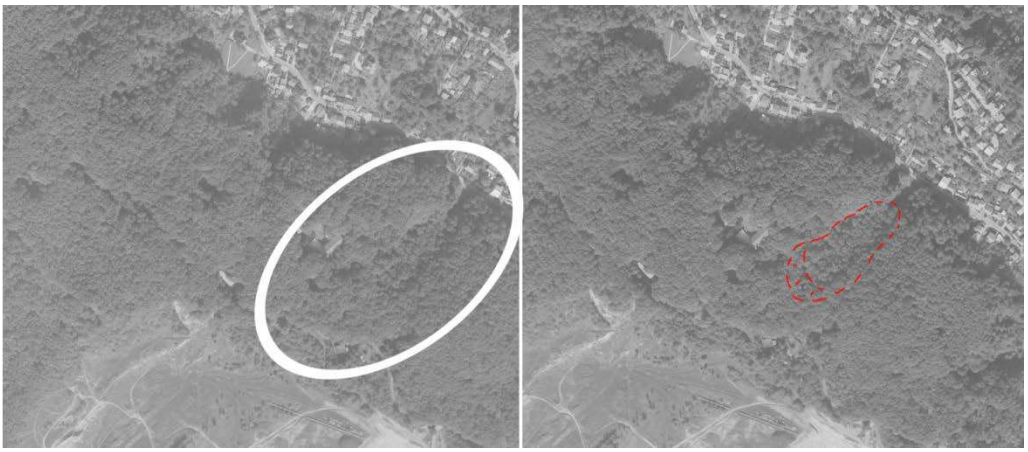
Primjer 2 – Klizište na padini južno od ulice Graberje

Na slikama 89 i 90 prikazani su stereogrami, izrađeni prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine, područja oko klizišta na padini južno od ulice Graberje, približno kod k. br. 40, na području Grmoščice. Prema stereomodelu iz 1964. godine na ovoj lokaciji je identificirano klizište broj 640207, površine 8.870 m^2. Prema stereomodelu iz 1998. godine, na istoj lokaciji je identificirano klizište broj 980120, površine 3.544 m^2. Prema podacima iz inventara klizišta iz 1979. godine na istoj lokaciji je identificirano umireno klizište približne površine 11.685 m^2. Na ovoj lokaciji je u travnju 2013. godine utvrđeno staro umireno klizište s još vidljivim elementima klizišta: nožica iz koje izvire voda, nepravilno brežuljkasto tijelo klizišta s nizom pukotina, te stara glavna vlačna pukotina ispod koje je bara. U tablici 59 prikazani su podaci prikupljeni na terenu, a na slici 91 prikazano je staro umireno klizište snimljeno 2013. godine.

Prema stereomodelu iz 1964. godine ovo klizište je slabo pouzdano identificirano, dok je prema stereomodelu iz 1998. godine klizište pouzdano identificirano, jer je na stereomodelu jasno vidljiva i jaruga u tijelu klizišta. Na terenu u proljeće 2013. godine također je pouzdano identificirano isto klizište. Prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine je procijenjena mala mogućnost daljnjeg

razvoja, dok je na terenu u proljeće 2013. godine procijenjena vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja. Prema stereomodelu iz 1964. godine je procijenjena mala relativna opasnost od klizišta, dok je prema stereomodelu iz 1998. godine procijenjena srednja relativna opasnost od klizišta. Na terenu u proljeće 2013. godine je procijenjena mala relativna opasnost od klizišta, prikazano u tablici 60.

Slika 89 Stereogram klizišta broj 640207 na padini južno od ulice Graberje prema stereomodelu iz 1964. godine s označenom širom klizišta (elipsa na lijevoj slici) i vidljivim elementima klizišta (crvene linije na desnoj slici)



Slika 90 Stereogram klizišta broj 980120 na padini južno od ulice Graberje prema stereomodelu iz 1964. godine s označenom širom lokacijom klizišta (elipsa na lijevoj slici) i vidljivim elementima klizišta (crvene linije na desnoj slici)

Tablica 59 Podaci za klizište broj 640207 i 980120 prikupljeni na terenu 2013. godine

Terenski obrazac klizišta	Prostorni smještaj			Geološka građa	
ID klizišta: 640207 i 980120	HOK	X= 5572061		Relativna starost	Vrsta tla
Prikupio: Podolszki, Gulam	ZG33	Y= 5075358		Q_1	C/M,C
Značajke klizišta	Lokacija: Grmoščica - Graberje			Datum: 18.04.2013.	
Tijelo klizišta	Bodovi	Granica klizišta	Bodovi	Glavna vlačna pukotina	Bodovi
Jasno vidljive značajke	25	Vidljiva više od 75%	20	Jasno vidljiva	20
Klizište u nastanku	21	Vidljiva od 25% do 75%	12	Djelomično vidljiva	10
Prikupljanje površinske vode	17	Vidljiva manje od 25%	6	Teško vidljiva	4
Djelomično vidljive značajke	13	Može se samo procijeniti	2	Može se samo procijeniti	1
Teško vidljive značajke	6	A (m^2)	15000	W (m)	75
Značajke se mogu samo procijeniti	2	L (m)	200	ΔH (m)	35
Značajke u nožici klilzišta, morfologija padine i pokrov				Geometrija	
Nožica	Bodovi	Nagib padine	Bodovi	Pokrov	Bodovi
Erozija vodotokom	15	Strm	10	Urbanizirano	10
Blizu vodotoka	9	Umjeren	6	Djelomično urbanizirano	8
Na padini	4	Blagi	3	Sa ili bez vegetacije	5
Na ravnici ili podržana	1	Konkavna	1	Šuma (>75%)	2
AHP			Napomena:	Zbroj bodova prema AHP=50, više generacija starijih umirenih klizišta, iz nožice curi voda, bara kod čela klizišta, tijelo obraslo starijom šumom.	
Opis / aktivnost	Kategorija	Izraženost značajki	Bodovi		
Mala vjerojatnost / umireno	I	Slabo vidljive	0-30		
Moguća pojava / neaktivno	II	Djelomično vidljive	31-55		
Vjerojatna pojava / neaktivno do aktivno	III	Vidljive	56-80		
Visoki potencijal / aktivno	IV	Dobro vidljive	81-100		

Slika 91 Staro umireno klizište na padini južno od ulice Graberje (snimljeno u proljeće, 2013. godine)

Tablica 60 Usporedba procjene pouzdanosti identifikacije klizišta, procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine, te terenske procjene tijekom rekognoscirajućeg kartiranja 2013. godine za klizište na padini južno od ulice Graberje

	Izvor podataka		
primjer 2	stereomodel iz 1964. godine	stereomodel iz 1998. godine	rekognoscirajuće kartiranje 2012./2013. godine
Procjena pouzdanosti identifikacije klizišta (1-5)	3 - slabo pouzdano identificirano klizište	4 - pouzdano identificirano klizište	4 - pouzdano identificirano klizište
Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta (1-5)	2 - mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	2 - mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	1 - vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta
Procjena relativne opasnosti od klizišta (1-4)	2 - mala relativna opasnost	3 - srednja relativna opasnost	2 - mala relativna opasnost

S obzirom na navedeno, interpretacija razvoja starog umirenog klizišta na padini južno od ulice Graberje tijekom prošlih 50-ak godina, je sljedeća:

- Prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine je klizište identificirano na istoj lokaciji na padini, međutim zbog starosti klizišta i guste vegetacije (šuma) pouzdanost identifikacije je manja na stereomodelima. Umireno staro klizište je utvrđeno terenskim kartiranjem na istoj lokaciji i 1979. godine i 2013 godine, tj. na ovom dijelu padine je došlo do klizanja u više generacija, ali su se ona u najvećoj mjeri odvijala prije više od 50-ak godina.
- Prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine je mogućnost daljnjeg razvoja ispravno procijenjena kao mala, a na terenu u proljeće 2013. godine mogućnost daljnjeg razvoja također je procijenjena kao vrlo mala s obzirom na topografiju lokacije i izraženost značajki klizišta (za staro umireno klizište).
- Prema stereomodelu iz 1964. godine je relativna opasnost od klizišta ispravno procijenjena kao mala, dok je prema stereomodelu 1998. godine procijenjena srednja relativna opasnost od klizišta koja je precijenjena, jer je na terenu u proljeće 2013. godine procijenjena mala opasnost od klizišta (za staro umireno klizište).

Kako je klizište utvrđeno na oba stereomodela i na terenu na istoj lokaciji, može se reći da je klizište pouzdano identificarano, te da je na ovoj lokaciji riječ o istom, starom, uglavnom umirenom klizištu. Površina klizišta identificiranog prema stereomodelu iz 1964. godine se preklapa s približno 80% površine klizišta iz inventara iz 1979. godine, dok se površina klizišta identificiranog prema

stereomodelu iz 1998. godine preklapa s 100% površine s klizištem iz inventara iz 1979. godine.

Kako je klizište utvrđeno na oba stereomodela i na terenu na istoj lokaciji, smatra se da je klizište pouzdano identificarano, te da je na ovoj lokaciji riječ o istom, starom, uglavnom umirenom klizištu. Površina klizišta identificiranog prema stereomodelu iz 1964. godine se preklapa približno 80% s površinom klizišta iz inventara iz 1979. godine, dok se površina klizišta identificiranog prema stereomodelu iz 1998. godine preklapa 100% s površinom klizišta iz inventara iz 1979. godine.

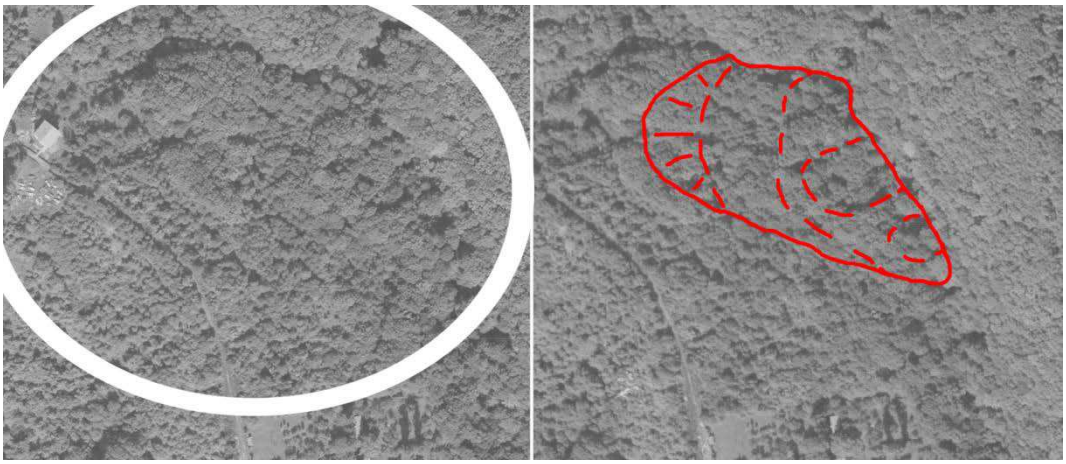
Treba napomenuti da je na gornjem dijelu padine 1979. godine iznad umirenog klizišta identificirano aktivno klizište približne površine od 8.408 m^2. Također treba napomenuti da je u boku tog aktivnog klizišta iz 1979. godine došlo do reaktivacije klizišta u proljeće 2013., ali na malom dijelu i to uslijed neregulirane odvodnje površinskih voda, a klizište se reaktiviralo u proljeće nakon obilnih padalina. Ovo reaktivirano klizište treba razmatrati nezavisno od ovdje provedene interpretacije i danih procjena za staro umireno klizište, jer se reaktivirano klizište nalazi izvan granica starog umirenog klizišta utvrđenog prema inventaru klizišta iz 1979. godine i inventarima intepretiranim prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine.

Primjer 3 – Klizište na padini zapadno od potoka Jelenovac

Na slikama 92 i 93 prikazani su stereogrami područja na padini Jelenovac, izrađeni prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine zapadno od potoka. Prema stereomodelu iz 1964. godine na ovoj lokaciji je identificirano klizište broj broj 640722, površine 3.486 m^2. Prema stereomodelu iz 1998. godine, na istoj lokaciji je identificirano klizište broj 980657, površine 8.298 m^2. Prema podacima iz inventara klizišta iz 1979. godine na istoj lokaciji je identificirano aktivno klizište približne površine 10.348 m^2. Na ovoj lokaciji je u travnju 2013. godine utvrđeno staro klizište, prikazano na slici 94, s vidljivom vlačnom pukotinom i izraženim pukotinama u tijelu klizišta čiju nožicu erodira potok Jelenovac. Uz potok se javljaju i manja nova klizišta u tijelu većeg umirenog klizišta. U tablici 61 prikazani su podaci prikupljeni na terenu početkom 2013. godine.

Prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine ovo klizište je vrlo pouzdano identificirano, dok je na terenu u proljeće 2013. godine klizište pouzdano identificirano. Prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine je procijenjena srednja mogućnost daljnjeg razvoja, kao i na terenu u proljeće 2013. godine. Prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine je procijenjena velika relativna opasnost od klizišta, dok je na terenu u proljeće 2013. godine procijenjena srednja relativna opasnost od klizišta, prikazano u tablici 62.

Slika 92 Stereogram klizišta broj 640722 na padini zapadno od potoka Jelenovac prema stereomodelu iz 1964. godine s označenom širom lokacijom klizišta (elipsa na lijevoj slici) i vidljivim elementima klizišta (crvene linije na desnoj slici)



Slika 93 Stereogram klizišta broj 980657 na padini zapadno od potoka Jelenovac prema stereomodelu iz 1998. godine s označenom širom lokacijom klizišta (elipsa na lijevoj slici) i vidljivim elementima klizišta (crvene linije na desnoj slici)

Tablica 61 Podaci za klizište broj 640722 i 980657 prikupljeni na terenu 2013. godine

Terenski obrazac klizišta	Prostorni smještaj			Geološka građa	
ID klizišta: 640722 i 980657	HOK	X= 5574670		Relativna starost	Vrsta tla
Prikupio: Podolszki, Gulam	ZG24	Y= 5076631		Q_1	C/M,C
Značajke klizišta	Lokacija: klizište Jelenovac			Datum: 18.04.2013.	
Tijelo klizišta	Bodovi	Granica klizišta	Bodovi	Glavna vlačna pukotina	Bodovi
Jasno vidljive značajke	25	Vidljiva više od 75%	20	Jasno vidljiva	20
Klizište u nastanku	21	Vidljiva od 25% do 75%	12	Djelomično vidljiva	10
Prikupljanje površinske vode	17	Vidljiva manje od 25%	6	Teško vidljiva	4
Djelomično vidljive značajke	13	Može se samo procijeniti	2	Može se samo procijeniti	1
Teško vidljive značajke	6	A (m^2)	4000	W (m)	80
Značajke se mogu samo procijeniti	2	L (m)	50	ΔH (m)	20
Značajke u nožici klilzišta, morfologija padine i pokrov				Geometrija	
Nožica	Bodovi	Nagib padine	Bodovi	Pokrov	Bodovi
Erozija vodotokom	15	Strm	10	Urbanizirano	10
Blizu vodotoka	9	Umjeren	6	Djelomično urbanizirano	8
Na padini	4	Blagi	3	Sa ili bez vegetacije	5
Na ravnici ili podržana	1	Konkavna	1	Šuma (>75%)	2
AHP			Napomena:	Zbroj bodova prema AHP=70, staro klizište Jelenovac, značajke jasno vidljive, potok erodira nožicu, te se uz potok javljaju i manja klizišta u tijelu većeg klizišta. Obraslo starom šumom. Izražene pukotine većih dimenzija u tijelu klizišta. Na gornjem dijelu padina je strmija.	
Opis / aktivnost	Kategorija	Izraženost značajki	Bodovi		
Mala vjerojatnost / umireno	I	Slabo vidljive	0-30		
Moguća pojava / neaktivno	II	Djelomično vidljive	31-55		
Vjerojatna pojava / neaktivno do aktivno	III	Vidljive	56-80		
Visoki potencijal / aktivno	IV	Dobro vidljive	81-100		

Slika 94 Klizište Jelenovac s vidljivim elementima klizišta (snimljeno u proljeće, 2013. godine)

Tablica 62 Usporedba procjene pouzdanosti identifikacije klizišta, procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine, te terenske procjene tijekom rekognoscirajućeg kartiranja 2013. godine za klizište na padini zapadno od potoka Jelenovac

	Izvor podataka		
primjer 3	stereomodel iz 1964. godine	stereomodel iz 1998. godine	rekognoscirajuće kartiranje 2012./2013. godine
Procjena pouzdanosti identifikacije klizišta (1-5)	5 - vrlo pouzdano identificirano klizište	5 - vrlo pouzdano identificirano klizište	4 - pouzdano identificirano klizište
Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta (1-5)	3 - srednja mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	3 - srednja mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	3 - srednja mogućnost daljnjeg razvoja klizišta
Procjena relativne opasnosti od klizišta (1-4)	4 - velika relativna opasnost	4 - velika relativna opasnost	3 - srednja relativna opasnost

S obzirom na navedeno, interpretacija razvoja klizišta na padini zapadno od potoka Jelenovac tijekom prošlih 50-ak godina, je sljedeća:

- Prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine je klizište vrlo pouzdano identificirano, a utvrđeno je i na terenu 1979. godine i u proljeće 2013. godine. Klizište Jelenovac se vrlo vjerojatno u razdoblju od 1964. do 1998. godine razvijalo retrogresivnim klizanjem od potoka prema višim dijelovima padine . U povijesnom inventaru iz 1979. godine izdvojeno je aktivno klizište uz potok. Nakon 1998. godine glavnina aktivnosti klizišta je vezana za pojave manjih klizišta u tijelu starijeg klizišta uz potok, kao posljedica erozije vodotokom, što je potvrđeno i na terenu 2013. godine.
- Prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine je mogućnost daljnjeg razvoja klizišta ispravno procijenjena kao srednja, s obzirom da dolazi i dalje do klizanja, ali u manjoj mjeri uz potok. Na terenu u proljeće 2013. godine također je procijenjena srednja mogućnost daljnjeg razvoja klizišta.
- Prema stereomodelima iz 1964. godine i 1998. godine je relativna opasnost od klizišta procijenjena kao velika, te je precijenjena za jednu klasu. Na terenu u proljeće 2013. godine je procijenjena srednja relativna opasnost od klizišta koja se zavisno od intenziteta erozije može i mijenjati, ali generalna procijena srednje relativne opasnost od klizišta je vrlo vjerojatno ispravna.

Kako je klizište utvrđeno na oba stereomodela i na terenu na približno istoj lokaciji na padini uz potok, može se smatrati da je klizište pouzdano identificarano. Površina klizišta identificiranog prema stereomodelu iz 1964. godine se preklapa približno 80%

s površinom klizištem iz inventara iz 1979. godine, dok se površina klizišta identificiranog prema stereomodelu iz 1998. godine preklapa približno 75% s površinom klizišta iz inventara iz 1979. godine. Također je na ovoj lokaciji utvrđeno više generacija klizanja i više klizišta na terenu i prema podacima iz literature (*Nonveiller, i dr., 1971; Nonveiller, 1987; Stanić i Nonveiller, 1996*). U prikazanom primjeru je vrlo vjerojatno izdvojeno isto klizište na oba stereomodela, ali različite površine zbog toga što je u razdoblju od 1964. do 1998. godine došlo do retrogresivnog razvoja klizišta. Uz potok Jelenovac je prisutna i dalje srednja relativna opasnost od klizanja zbog erozije nožice vodotokom.

Primjer 4 – Klizišta na padini zapadno od ulice Lukšić

Na slikama 95 i 96 prikazani su stereogrami područja na padini zapadno od ulice Lukšić, približno kod k. br. 15 (zapadno od retencije Veliki potok), izrađeni prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Prema stereomodelu iz 1964. godine na ovoj lokaciji je identificirana konkavna padina, bez vidljivih znakova klizanja. Prema stereomodelu iz 1998. godine, na istoj lokaciji je identificirano klizište broj 980634, površine 2.691 m^2. Prema podacima iz inventara klizišta iz 1979. godine na istoj lokaciji nisu utvrđena klizišta. Na ovoj lokaciji je u travnju 2013. godine utvrđeno da nema vidljivih znakova klizanja, jedino oblik padine upućuje na moguće puzanje pokrivača, prikazano u tablici 63. Također je na ovoj padini izgrađen i objekt koji je u funkciji stabilizacije padine, prikazano na slici 97.

Slika 95 Stereogram područja konkavne padine zapadno od ulice Lukšić prema stereomodelu iz 1964. godine

Slika 96 Stereogram klizišta broj 980634 na padini zapadno od ulice Lukšić prema stereomodelu iz 1998. godine s označenom širom lokacijom klizišta (elipsa na lijevoj slici) i vidljivim elementima klizišta (crvene linije na desnoj slici)

Tablica 63 Podaci za klizište broj 980634 prikupljeni na terenu 2013. godine

Terenski obrazac klizišta		Prostorni smještaj			Geološka građa	
ID klizišta: 980634	HOK	X= 5573084			Relativna starost	Vrsta tla
Prikupio: Podolszki, Gulam	ZG23	Y= 5578739			$_1M_7$	C/Ms
Značajke klizišta	Lokacija: Lukšić				Datum: 18.04.2013.	
Tijelo klizišta	Bodovi	Granica klizišta		Bodovi	Glavna vlačna pukotina	Bodovi
Jasno vidljive značajke	25	Vidljiva više od 75%		20	Jasno vidljiva	20
Klizište u nastanku	21	Vidljiva od 25% do 75%		12	Djelomično vidljiva	10
Prikupljanje površinske vode	17	Vidljiva manje od 25%		6	Teško vidljiva	4
Djelomično vidljive značajke	13	Može se samo procijeniti		2	Može se samo procijeniti	1
Teško vidljive značajke	6	A (m^2)		2691	W (m)	34
Značajke se mogu samo procijeniti	2	L (m)		98	ΔH (m)	20
Značajke u nožici klilzišta, morfologija padine i pokrov					Geometrija	
Nožica	Bodovi	Nagib padine		Bodovi	Pokrov	Bodovi
Erozija vodotokom	15	Strm		10	Urbanizirano	10
Blizu vodotoka	9	Umjeren		6	Djelomično urbanizirano	8
Na padini	4	Blag		3	Sa ili bez vegetacije	5
Na ravnici ili podržana	1	Konkavna		1	Šuma (>75%)	2
AHP				Napomena:	Zbroj bodova prema AHP=25, konkavna padina, nema izraženih tragova klizanja, moguće puzanje.	
Opis / aktivnost	Kategorija	Izraženost značajki		Bodovi		
Mala vjerojatnost / umireno	I	Slabo vidljive		0-30		
Moguća pojava / neaktivno	II	Djelomično vidljive		31-55		
Vjerojatna pojava / neaktivno do aktivno	III	Vidljive		56-80		
Visoki potencijal / aktivno	IV	Dobro vidljive		81-100		

Slika 97 Novi objekt na konkavnoj padini u Lukšićima koji je u funkciji stabilizacije padine. Na terenu nema vidljivih tragova klizanja (snimljeno u proljeće, 2013. godine)

Tablica 64 Usporedba procjene pouzdanosti identifikacije klizišta, procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine, te terenske procjene tijekom rekognoscirajućeg kartiranja 2013. godine za moguće puzanje na padini zapadno od ulice Lukšić

	Izvor podataka		
primjer 4	stereomodel iz 1964. godine	stereomodel iz 1998. godine	rekognoscirajuće kartiranje 2012./2013. godine
Procjena pouzdanosti identifikacije klizišta (1-5)	klizište nije utvrđeno	2 - nepouzdano identificirano klizište	1 - vrlo nepouzdano identificirano klizište
Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta (1-5)		1 - vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	2 - mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta
Procjena relativne opasnosti od klizišta (1-4)		1 - vrlo mala relativna opasnost	1 - vrlo mala relativna opasnost

Prema stereomodelu iz 1964. godine klizište nije identificirano, a prema stereomodelu iz 1998. godine je klizište nepouzdano identificirano, dok je na terenu u proljeće 2013. godine klizište vrlo nepouzdano identificirano. Prema stereomodelu iz 1964. godine mogućnost daljnjeg razvoja klizišta nije procijenjena, a prema stereomodelu iz 1998. godine je procijenjena vrlo mala mogućnost daljnjeg razvoja. Na terenu u proljeće 2013. godine je također procijenjena mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta. Prema stereomodelu iz 1964. godine relativna opasnost od klizišta

nije procijenjena. Prema stereomodelu iz 1998. godine i terenu u proljeće 2013. godine je procijenjena vrlo mala relativna opasnost od klizišta prikazano u tablici 64.

S obzirom na navedeno, interpretacija razvoja mogućeg puzanja na padini zapadno od ulice Lukšić tijekom prošlih 50-ak godina je sljedeća:

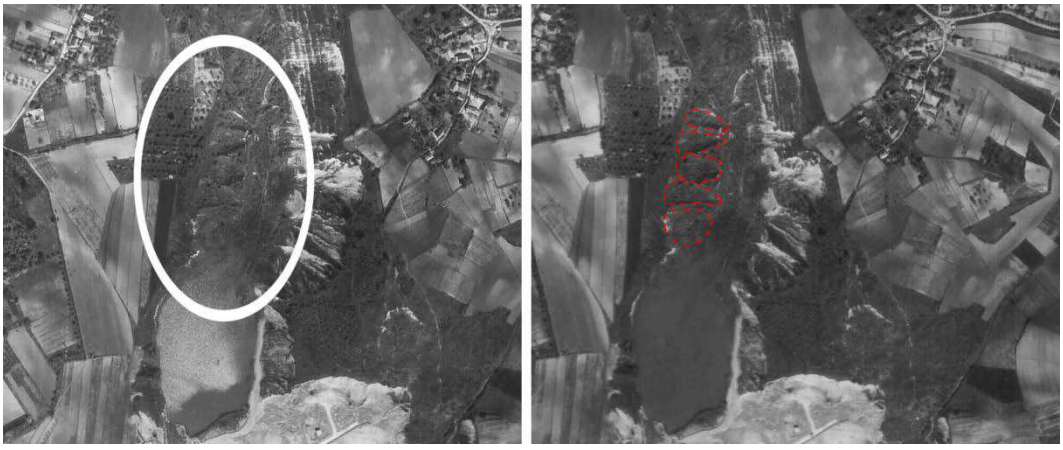
- Klizište na navednoj padini nije identificirano na stereomodelu iz 1964. godine, a nije zabilježeno niti 1979 godine. Klizište je nepouzdano identificirano prema stereomodelu iz 1998. godine, odnosno vrlo nepouzdano je identificirano na terenu 2013. godine. S obzirom na navedeno na lokaciji su moguće samo pojave puzanja i to vjerojatno nastale u razdoblju od 1998. do 2013. godine.
- Prema stereomodelu iz 1964. godine mogućnost daljnjeg razvoja klizišta nije procijenjena, a prema steromodelu iz 1998. godine je mogućnost daljnjeg razvoja klizišta ispravno procijenjena kao vrlo mala, s obzirom da je i na terenu u proljeće 2013. godine procijenjena mala mogućnost daljnjeg razvoja klizišta.
- Prema stereomodelu iz 1964. godine relativna opasnost od klizišta nije procijenjena, a prema steromodelu iz 1998. godine je relativna opasnost od klizišta ispravno procijenjena kao vrlo mala, jer je i na terenu u proljeće 2013. godine procijenjena vrlo mala relativna opasnost od klizišta.

Padina je izdvojena kao primjer mogućeg puzanja, odnosno plitkih i sporih pokreta u pokrivaču na padini, ali i kao primjer prikaza ograničavajućih faktora stereoskopske analize stereomodela. Pouzdana identifikacija klizišta (ili puzanja) na ovoj lokaciji nije bila moguća zbog slabo vidljivih značajki klizišta i urbanizacije ovog područja. Ovaj primjer je izdvojen i kao primjer procjene niske pouzdanosti identifikacije klizišta, mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i relativne opasnosti od klizišta.

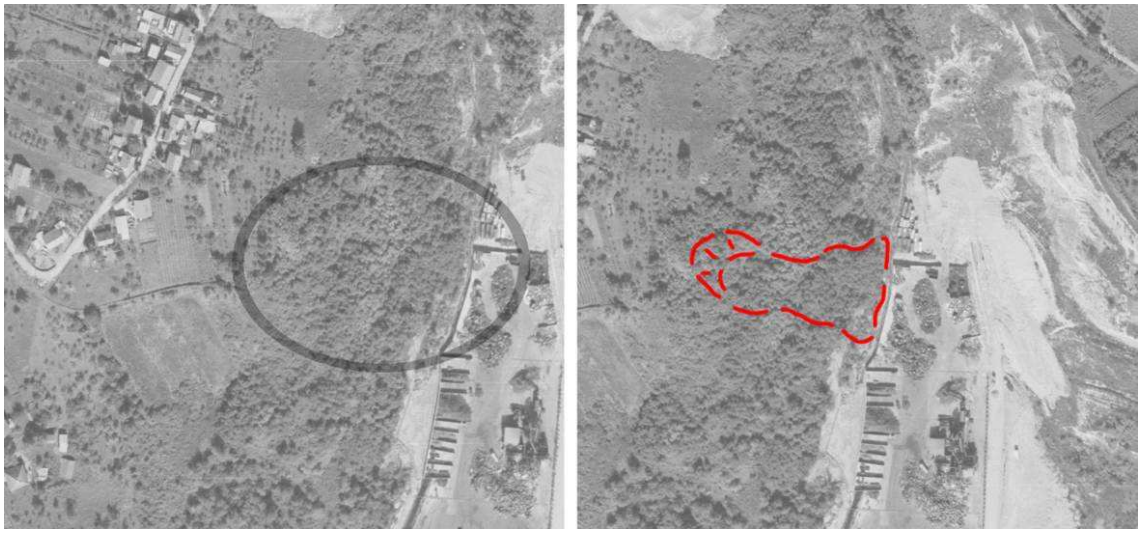
Primjer 5 – Klizišta u boku bivšeg iskopa lapora na Kostanjeku

Na slikama 98 i 99 prikazani su stereogrami područja na padini istočno od ulice Vodopijin breg, odnosno područje zapadnog dijela otkopnih fronti u napuštenom kopu lapora u Podsusedu, tzv. klizište Kostanjek, izrađeni prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Prema stereomodelu iz 1964. godine na ovoj lokaciji je identificirano niz klizišta u boku iskopa lapora (broj 640036, 640037, 640038, 640039

i 640040), od kojih se dva klizišta (broj 640039 i 640040, površina 818 m^2 i 959 m^2) nalaze na približno istoj lokaciji kao i izdvojeno klizište 1998. godine. Prema stereomodelu iz 1998. godine je na ovoj lokaciji također identificirano niz klizišta u boku bivšeg iskopa lapora, ali je za primjer izdvojeno samo jedno klizište (broj 980038, površine 5.628 m^2). Prema podacima iz inventara klizišta iz 1979. godine na istočnom boku iskopa su identificrana dva aktivna klizišta približnih površina 11.887 m^2 i 18.192 m^2. Na ovoj lokaciji je 2012. godine utvrđeno više manjih klizište na padini u zapadnom boku bivšeg iskopa s vidljivim značajkama u tijelu klizišta, dok je u nožici padine prisutan povremeni vodotok, prikazano u tablici 65. Granice klizišta je teško odrediti na terenu zbog guste vegetacije, a glavna vlačna pukotina klizišta izdvojenog i 1998. godine bila je samo djelomično vidljiva, prikazano na slici 100.



Slika 98 Stereogram klizišta broj 640036, 640037, 640038, 640039 i 640040 u istočnom boku bivšeg iskopa lapora na Kostanjeku prema stereomodelu iz 1964. godine s ucrtanom lokacijom klizišta (elipsa na lijevoj slici) i vidljivim elementima klizišta (crvene linije na desnoj slici)



Slika 99 Stereogram klizišta broj 980038 u istočnom boku bivšeg iskopa lapora na Kostanjeku prema stereomodelu iz 1998. godine s ucrtanom lokacijom klizišta (elipsa na lijevoj slici) i vidljivim elementima klizišta (crvene linije na desnoj slici)

Tablica 65 Podaci za klizište broj 640039 i 980038 prikupljeni na terenu 2012. godine

Terenski obrazac klizišta	Prostorni smještaj			Geološka građa	
ID klizišta: 640039 i 980038	HOK	X= 5566784		Relativna starost	Vrsta tla
Prikupio: Podolszki, Pollak	SA40	Y= 5075432		M_6^1	Ms,Ls
Značajke klizišta	Lokacija: Kostanjek, istočni bok iskopa			Datum: 16.07.2012.	
Tijelo klizišta	Bodovi	Granica klizišta	Bodovi	Glavna vlačna pukotina	Bodovi
Jasno vidljive značajke	25	Vidljiva više od 75%	20	Jasno vidljiva	20
Klizište u nastanku	21	Vidljiva od 25% do 75%	12	Djelomično vidljiva	10
Prikupljanje površinske vode	17	Vidljiva manje od 25%	6	Teško vidljiva	4
Djelomično vidljive značajke	13	Može se samo procijeniti	2	Može se samo procijeniti	1
Teško vidljive značajke	6	A (m^2)	4000	W (m)	50
Značajke se mogu samo procijeniti	2	L (m)	90	ΔH (m)	25
Značajke u nožici klilzišta, morfologija padine i pokrov				Geometrija	
Nožica	Bodovi	Nagib padine	Bodovi	Pokrov	Bodovi
Erozija vodotokom	15	Strma	10	Urbanizirano	10
Blizu vodotoka	9	Umjerena	6	Djelomično urbanizirano	8
Na padini	4	Blaga	3	Sa ili bez vegetacije	5
Na ravnici ili podržana	1	Konkavna	1	Šuma (>75%)	2
AHP			Napomena:	Zbroj bodova prema AHP=56, padina je strma, valovita, pokrivena šumom i šikarom, u tijelu klizišta vidljive su značajke klizišta, granica klizišta se na dijelovima teško može procijeniti uslijed obraštenosti, u nožici padine je potok. Klizište na približnoj lokaciji klizišta broj 640039 i 980038.	
Opis / aktivnost	Kategorija	Izraženost značajki	Bodovi		
Mala vjerojatnost / umireno	I	Slabo vidljive	0-30		
Moguća pojava / neaktivno	II	Djelomično vidljive	31-55		
Vjerojatna pojava / neaktivno do aktivno	III	Vidljive	56-80		
Visoki potencijal / aktivno	IV	Dobro vidljive	81-100		

Slika 100 Istočni bok bivšeg iskopa lapora na Kostanjeku, obrasla glavna vlačna pukotina (snimljeno u ljeto 2012. godine)

Tablica 66 Usporedba procjene pouzdanosti identifikacije klizišta, procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine, te terenske procjene tijekom rekognoscirajućeg kartiranja 2013. godine za klizište u istočnom boku bivšeg iskopa lapora na Kostanjeku

	Izvor podataka		
primjer 5	stereomodel iz 1964. godine	stereomodel iz 1998. godine	rekognoscirajuće kartiranje 2012./2013. godine
Procjena pouzdanosti identifikacije klizišta (1-5)	5 - vrlo pouzdano identificirano klizište	3 - slabo pouzdano identificirano klizište	2 - nepouzdano identificirano klizište
Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta (1-5)	4 - velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	4 - velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	4 - velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta
Procjena relativne opasnosti od klizišta (1-4)	4 - velika relativna opasnost	3 - srednja relativna opasnost	2 - mala relativna opasnost

Prema stereomodelu iz 1964. godine ovo klizište je vrlo pouzdano identificirano, dok je prema stereomodelu iz 1998. godine ovo klizište slabo pouzdano identificirano. Na terenu 2012. godine je klizište nepouzdano identificirano. Prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine je procijenjena velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, kao i na terenu 2012. godine. Prema stereomodelu iz 1964. godine je procijenjena velika relativna opasnost od klizišta, dok je prema stereomodelu iz 1998. godine procijenjena srednja relativna opasnost od klizišta. Na terenu 2012. godine je procijenjena mala relativna opasnost od klizišta, prikazano u tablici 66.

S obzirom na navedeno, interpretacija razvoja područja na padini istočno od ulice Vodopijin breg, odnosno područja zapadnog dijela otkopnih fronti u napuštenom površinskom kopu lapora u Podsusedu, tijekom prošlih 50-ak godina je sljedeća:

- Prema steromodelu iz 1964. godine su klizišta vrlo pouzdano identificirana u oba boka, jer u to vrijeme ove kosine nisu bile obrasle vegetacijom zbog rudarskih radova. U povijesnom inventaru iz 1979. godine aktivna klizišta su zabilježena u istočnom boku iskopa. Prema stereomodelu iz 1998. godine je i pouzdanost identifikacije klizišta manja jer su napuštene kosine iskopa obrasle gustom vegetacijom. Na terenu su 2012. godine identificirana klizišta u istočnom boku iskopa, te je utvrđeno da su značajke klizišta sve manje vidljive na terenu uslijed prirodnih procesa. S obzirom na navedeno zaključeno je da su se uslijed

rudarskih aktivnosti iskopa lapora, na kosinama iskopa nastala klizišta, koja su umirena nakon prestanka eksploatacije lapora.

- Prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine je procijenjena velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, kao i na terenu 2012. godine. S obzirom da je ekploatacija trajala i nakon 1964. godine, ova procjena se smatra ispravnom. Velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta procijenjena prema stereomodelu iz 1998. godine i na terenu 2012. godine zasniva se tome što se u nožici klizišta nalazi povremeni vodotok koji nije reguliran, zbog čega postoji velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta u nižim dijelovima padine.
- Procijenjena relativna opasnost od klizišta je najviša prema stereomodelu iz 1964. godine (velika relativna opasnost), manja je prema stereomodelu iz 1998. godine (srednja relativna opasnost), a najmanja je 2012. godine, kada je na terenu procijenjena mala relativna opasnost. Ovo je u skladu s prije navedenim, jer je navjeća opasnost od ovih klizišta postojala u vrijeme eksploatacije i neposredno nakon tog razdoblja.

Općenito se može reći da su klizišta na padini u istočnom boku bivšeg iskopa pouzdano identificirana. Zbog intenzivne promjene geometrije ovih padina tijekom ekploatacije, nemoguće je pouzdano utvrditi da se radi o istim klizištima na oba stereomodela. Promjenjive vrijednosti procjenjenih pouzdanosti identifikacije klizišta, mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i relativnih opasnosti od klizišta ukazuju na promjenu stanja aktivnosti klizišta u bokovim iskopa, od aktivnih prema umirenim. Primjer boka iskopa na Kostanjeku je izdvojen i kao primjer klizišta izazvanih antropogenom djelatnošću. Također treba napomenuti da je ovo područje kasnije intepretirano kao dio velikog klizišta Kostanjek (*Ortolan, 1996*), čije granice nikada nisu bile jasno izraženo niti na terenu, niti na topografskim kartama, zbog čega ono nije identificirano niti na stereoparovima iz 1964. i 1998. godine. Međutim, unutar tog velikog klizišta mjestimično su i danas vidljiva mala klizišta.

Primjer 6 – Klizište na padini sjeverno od ulice Gospočak

Na slikama 101 i 102 prikazani su stereogrami područja klizišta na padini sjeverno od ulice Gospočak, približno kod k. br. 35, izrađeni prema stereomodelima

iz 1964. i 1998. godine. Prema stereomodelu iz 1964. godine, na padini je identificirano klizište broj 640978, površine 1.503 m^2. Prema stereomodelu iz 1998. godine, na istoj padini je identificirano klizište broj 981091, površine 3.890 m^2. Prema podacima iz inventara klizišta iz 1979. godine su izdvojena dva manja umirena klizišta na srednjem dijelu padine i pet manjih aktivnih klizišta na donjem dijelu padine (približne površine ovih sedam izdvojenih klizišta su u rasponu od 350 do 1.000 m^2). Na ovoj lokaciji je 2012. godine utvrđeno retrogresivno klizište s vidljivim značajkama u tijelu klizišta, koje ugrožava kuće na vrhu padine, prikazano u tablici 67 i na slici 103.

Slika 101 Stereogram klizišta broj 640978 na padini sjeverno od ulice Gospočak prema stereomodelu iz 1964. godine s označenom širom lokacijom klizišta (elipsa na lijevoj slici) i vidljivim elementima klizišta (crvene linije na desnoj slici)

Slika 102 Stereogram klizišta broj 981091 na padini sjeverno od ulice Gospočak prema stereomodelu iz 1998. godine s označenom širom lokacijom klizišta (elipsa na lijevoj slici) i vidljivim elementima klizišta (crvene linije na desnoj slici)

Tablica 67 Podaci za klizište broj 640978 i 981091 prikupljeni na terenu 2012. godine

terenski obrazac klizišta	Prostorni smještaj			Geološka građa	
ID klizišta: 640978 i 981091	HOK	X= 5577865		Relativna starost	Vrsta tla
Prikupio: Podolszki, Pollak	ZG15	Y= 5079056		$_2M_7$	SFs
Značajke klizišta	Lokacija: Črešnjevec - Gospočak			Datum: 19.07.2012.	
Tijelo klizišta	Bodovi	Granica klizišta	Bodovi	Glavna vlačna pukotina	Bodovi
Jasno vidljive značajke	25	Vidljiva više od 75%	20	Jasno vidljiva	20
Klizište u nastanku	21	Vidljiva od 25% do 75%	12	Djelomično vidljiva	10
Prikupljanje površinske vode	17	Vidljiva manje od 25%	6	Teško vidljiva	4
Djelomično vidljive značajke	13	Može se samo procijeniti	2	Može se samo procijeniti	1
Teško vidljive značajke	6	A (m^2)	1000	W (m)	50
Značajke se mogu samo procijeniti	2	L (m)	25	ΔH (m)	20
Značajke u nožici klilzišta, morfologija padine i pokrov				Geometrija	
Nožica	Bodovi	Nagib padine	Bodovi	Pokrov	Bodovi
Erozija vodotokom	15	Strm	10	Urbanizirano	10
Blizu vodotoka	9	Umjeren	6	Djelomično urbanizirano	8
Na padini	4	Blagi	3	Sa ili bez vegetacije	5
Na ravnici ili podržana	1	Konkavna	1	Šuma (>75%)	2

AHP			Napomena:
Opis / aktivnost	Kategorija	Izraženost značajki	Bodovi
Mala vjerojatnost / umireno	I	Slabo vidljive	0-30
Moguća pojava / neaktivno	II	Djelomično vidljive	31-55
Vjerojatna pojava / neaktivno do aktivno	III	Vidljive	56-80
Visoki potencijal / aktivno	IV	Dobro vidljive	81-100

Zbroj bodova prema AHP=88, strma padina obrasla šumom, na vrhu padine kuće, ugožene ili pitanje vremena kada će to postati, niz klizišta različitih generacija na padini, potok erodira nožicu, potok je i djelomično pregrađen uslijed klizanja, asimetrična dolina. Klizište na približnoj lokaciji klizišta broj 640978 i 981091.

Slika 103 Retrogresivno klizište na padini sjeverno od ulice Gospočak (snimljeno u ljeto 2012. godine)

Tablica 68 Usporedba procjene pouzdanosti identifikacije klizišta, procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine, te terenske procjene tijekom rekognoscirajućeg kartiranja 2013. godine za klizište na padini sjeverno od ulice Gospočak

	Izvor podataka		
primjer 6	stereomodel iz 1964. godine	stereomodel iz 1998. godine	rekognoscirajuće kartiranje 2012./2013. godine
Procjena pouzdanosti identifikacije klizišta (1-5)	3 - slabo pouzdano identificirano klizište	5 - vrlo pouzdano identificirano klizište	5 - vrlo pouzdano identificirano klizište
Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta (1-5)	4 - velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	4 - velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta	5 - vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta
Procjena relativne opasnosti od klizišta (1-4)	3 - srednja relativna opasnost	4 - velika relativna opasnost	4 - velika relativna opasnost

Prema stereomodelu iz 1964. godine ovo klizište je slabo pouzdano identificirano, dok je prema stereomodelu iz 1998. godine ovo klizište vrlo pouzdano identificirano, kao i na terenu 2012. godine. Prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine je procijenjena velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, a na terenu 2012. godine je procijenjena vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta. Prema stereomodelu iz 1964. godine je procijenjena srednja relativna opasnost od klizišta, dok je prema stereomodelu iz 1998. godine procijenjena velika relativna opasnost od klizišta, kao i na terenu 2012. godine, prikazano u tablici 68.

S obzirom na navedeno, interpretacija klizišta na padini sjeverno od ulice Gospočak tijekom prošlih 50-ak godina je sljedeća:

- Na padini je klizište slabo pouzdano identificirano prema stereomodelu iz 1964. godine, a dva su moguća razloga za to: (i) na padini je postojalo staro klizište čije su značajke bile slabo vidljive; ili (ii) na padini se klizište nalazilo tek u fazi formiranja pa značajke nisu bile jasno izražene. Gradnja i korištenje objekata na vrhu padine, kao i erozija vodotokom na dnu padine prouzročili su nastanak sedam manjih klizišta registriranih u povijesnom inventaru iz 1979. godine, od kojih je pet ocijenjeno kao aktivno. Većina ovih klizišta je identificirana prema stereomodelu iz 1998. godine i na terenu 2012. godine.
- Prema stereomodelu iz 1964. i 1998. godine je procijenjena velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, dok je na terenu 2012. godine procijenjena vrlo velika mogućnost daljnjeg razvoja klizišta, s obzirom da se erozija vodotokom

nastavlja. Mogućnost daljnjeg razvoja klizišta smatra se ispravno procijenjenom za ovu padinu.

- Prema stereomodelu iz 1964. godine je procijenjena srednja relativna opasnost od klizišta, a prema stereomodelu iz 1998. godine je procijenjena velika relativna opasnost od klizišta, kao i na terenu u proljeće 2013. godine kada je također procijenjena velika relativna opasnost od klizišta. S obzirom da klizište napreduje retrogresivno prema vrhu padine gdje su kuće, procjena relativne opasnosti klizanja za ovu padinu smatra se ispravnom.

Na širem području padine se vidi niz klizišta različitih generacija i različitog stupnja aktivnosti. Smatra se da su ova klizišta prouzročena izazvana erozijom nožice postojećih klizišta ili same padine. Zbog promjene konfiguracije terena nije moguće pouzdano utvrditi da se radi o istom klizištu na oba stereomodela. Međutim na oba stereomodela je klizište relativno pouzdano identificirano na približno istoj lokacij na istoj padini, a preklopi površina identificiranih klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine su sljedeći: klizište prema stereomodelu iz 1964. godine u odnosu na stereomodel iz 1998. godine preklapa se približno 65%; klizište prema stereomodelu iz 1998. godine u odnosu na stereomodel iz 1964. godine preklapa se približno 35% površine. Klizište je 1998. godine 2,5 puta veće nego 1964. godine što ukazuje na razvoj klizišta. Također, klizište iz 1964. godine se preklapa približno s 30% površine s jednim od umirenih klizišta iz 1979. godine, a klizište iz 1998. godine gotovo u potpunosti obuhvaća (približno 95% površine) jedno od aktivnih klizišta iz 1979. godine.

Iz opisanih primjera proizlazi da se na temelju analize stereomodela različitih generacija, iz 1964. i 1998. godine može interpretirati promjene veličine i aktivnosti određenog klizišta tijekom razdoblja od 34 godine. U većini slučajeva su i na terenu vidljivi tragovi klizišta čak i nakon 50-ak godina kada je provedena terenska provjera 2012. i 2013. godine. U nekim slučajevima granice klizišta nisu jasno izražene na terenu zbog promjena konfiguracije terena ili pokrova zemljišta. Međutim, analizom stereomodela različitih generacija, korištenjem postojećih podataka iz povijesnih inventara i na temelju terenskog kartiranja i moguće je interpretirati razvoj klizišta kroz određeno vremensko razdoblje.

6 RASPRAVA

U raspravi o prirodnim problemima,

ne treba započinjati sa svetim pismom,

već s eksperimentima i primjerima.

Galileo Galilei

(1564.-1642.)

6.1 Analiza primjenjenih metoda i rezultata istraživanja

Na području istraživanja na južnim obroncima Medvednice unutar administrativne granice Grada Zagreba (približne površine oko 100 km^2) primijenjena je stereoskopska analiza stereoparova aerosnimki dviju generacija iz povijesnih razdoblja (1964. i 1998. godine) u svrhu identifikacije i opisa klizišta na temelju morfoloških pokazatelja. Za identifikaciju klizišta korištene su konvencionalne metode izrade karata klizišta koje su obuhvaćale vizualnu interpretaciju stereomodela, primjenu AHP metode za procjenu pouzdanosti identifikacije klizišta, mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i relativne opasnosti od klizišta, kao i terensku provjeru koja je uključivala rekognoscirajuće geomorfološko terensko kartiranje na topografskim podlogama mjerila 1:5.000 na približno 30 km^2. Glavni rezultat ovog rada je inventar s ukupno 2.192 identificiranih klizišta na istraživanm području, od čega je na temelju stereomodela iz 1964. godine identificirano 963 klizišta, a na temelju stereomodela iz 1998. godine je identificirano 1.229 klizišta. Osim toga, razvijeni su kriteriji za ocjenu identificiranih značajki klizišta i uvjeta u kojima su se pojavljivala klizišta primjenom AHP metode, te je izrađen set karata s procjenom pouzdanosti svih identificiranih klizišta, procjenom mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjenom njihove relativne opasnosti primjenom AHP metode.

Vizualna analiza stereomodela

Ovim istraživanjem je potvrđena pretpostavka da su stereoparovi aerosnimki odnosno stereomodeli kvalitetan izvor podataka za kartu inventara klizišta u krupnom i srednjem mjerilu (1:5.000-1:10.000), a također i izvor podataka o klizištima koja su postojala na istraživanom području u posljednih 50-ak godina. Naime, intenzivnom urbanizacijom ovog prostora kontinuirano se mijenja prirodni reljef, tako da su podaci o geomorfološkim uvjetima i povijesnim korištenjima zemljišta, a koji su važni za identifikciju i razvoj klizišta, danas jedino dostupni na povijesnim stereomodelima. Podaci dobiveni stereoskopskom analizom mogu biti osnova i za druge tematske karte npr., kartu geomorfoloških jedinica, kartu erozijske mreže, kartu korištenja zemljišta, kartu infrastrukture, itd. Na temelju provedenih istraživanja u ovom radu, također su identificirane prednosti i ograničenja konvencionalne metode izrade karata klizišta koja se sastoji od vizualne interpretacija stereoparova aerosnimki i

geomorfološkog terenskog kartiranja u krupnom mjerilu, te se odnose na područje istraživanja, a primjenjivo je na sva područja s istim inženjerskogeološkim uvjetima u Hrvatskoj i u svijetu. Pregledom stereoparova aerosnimki područja se dobivaju osnovni podaci o terenu (prevladavajući reljef i stanje pokrova, razgranatost hidrografske mreže, izgrađenost područja, dostupnost lokacija odnosno postojeći putevi), što bitno olakšava planiranje terenskih istraživanja. Također krajobrazni elementi većeg prostiranja se lako uočavaju na fotografijama, što se prvenstveno odnosi na klizišta, čije je raspoznavanje na terenu otežano zbog njihove veličine, prohodnosti terena, promjena na terenu, i sl. Detaljnom analizom stereomodela se mogu izdvojiti pojedina područja za detaljnije terensko kartiranje. Svrha terenskih istraživanja je terenska provjera podataka dobivenih fotointerpretacijom i prikupljanje (semi)kvantitativnih podataka na odabranim lokacijama. Ukratko, primjena vizualne analize stereomodela omogućava sustavno i racionalno istraživanje velikih područja istraživanja koje se zasniva na konzistentnim kriterijima analize, odnosno identifikacije klizišta. Nedostaci konvencionalne metode su moguće greške koje se javaljaju tijekom analize stereomodela, a razlozi su višestruki: (i) neodgovarajuće mjerilo fotografija s obzirom na veličinu pojave koju je potrebno identificirati; (ii) iskustvo i znanje interpretatora; (iii) promjene na terenu koje su nastale od vremena kada su snimani aerosnimci do trenutka analize; i (iii) problemi kod preklopa rubnih dijelova fotografija. Mjerilo korištenih fotografija je potrebno prilagoditi prvenstveno veličini klizišta. Na primjer za identifikaciju klizišta na području Japana dostatno je mjerilo stereoparova aerosnimki od 1:20.000 do 1:30.000, što je prvenstveno moguće zbog dimenzija klizišta i vidljivosti drugih krajobraznih elementa planinskog reljefa. U ovom istraživanju korišteni su stereoparovi aerosnimaka mjerila 1:8.000 i 1:20.000 za identifikaciju klizišta u brdovitom i gorskom reljefu. Na temelju provedene stereoskopske analize stereomodela područja istraživanja preporuka je da se za brdovito područje južnih obronaka Medvednice, ali i ostala brdovita područja u Gradu Zagrebu i u Republici Hrvatskoj koriste stereoparovi aerosnimki u krupnom mjerilu od 1:5.000 do 1:10.000, zbog bolje izraženosti i vidljivosti značajki klizišta Također je moguće koristiti i fotografije srednjeg mjerila, do maksimalno 1:25.000, ali uz niz ograničenja, koja će prvenstveno rezultirati time što nije moguće identificirati manje pojave klizišta. Također je moguće uvećati fotografije ili dijelove fotografija ispisom u krupnijem mjerilu od originalnog mjerila fotografije, ali je takav postupak nepraktičan za primjenu na cijelom području istraživanja, kojim je obično obuhvaćeno stotinjak ili

više stotina kilometara kvadratnih. Bitan element kod stereoskopske analize je i stručnost interpretatora, jer je stereoskopska analiza stereomodela u prvom redu praktična vještina što podrazumijeva višegodišnje iskustvo interpretatora. Kod interpretacije povijesnih generacija stereoparova aerosnimki također su ograničavajući faktor promjene uvjeta, zbog čega su često ograničene mogućnosti provjere interpretiranog na terenu, a neke od uvjeta nije niti moguće provjeriti s vremenskim odmakom. Osim toga, moguća su ograničenja vezana i za kvalitetu aerosnimki, što je osobito izraženo kod krajnjih fotografija iz pojedine serije, gdje za dijelove područja mogu nedostajati cjeloviti preklopi uslijed tehnike snimanja avionskih potografija (npr. zakretanje zrakoplova). Ovo ograničenje rezultirat će otežanom interpretacijom nekih od fotografija iz cijelog seta i mogućim greškama kod analize.

Faktori koji utječu na kvalitetu rezultata stereoskopske analize stereomodela, a odnose se na mogućnosti identifikacije klizišta:

1. Iskustvo interpretatora je vrlo bitan faktor koji značajno utječe na točnost interpretacije, a podrazumijeva dobro poznavanje procesa klizanja i pojave klizišta na području istraživanja.
2. Fotogeničnost terena i izraženost značajki klizišta također u velikoj mjeri utječe na točnost interpretacije, a ona je ovisna o mjerilu fotografija, pokrovu zemljišta i vremenu snimanja fotografija u odnosu na vegetacijsko razdoblje.
3. Mjerilo fotografije izravno ovisi o veličini i fotogeničnosti područja istraživanja, a značajno utječe na mogućnosti kvalitetne identifikacije klizišta. Mjerilo aerosnimki mora omogućiti vidljivost relevantih značajki klizišta, zbog čega su poželjna detaljnija mjerila. S druge strane, detaljna mjerila (npr. 1:1.000) aerosnimki većeg područja podrazumijevaju veliki broj fotografija što je nepraktično za analizu.
4. Jasnoća fotografije uvjetovana je odgovarajućim preklapanjem fotografija, kvalitetnim snimkama (npr. bez oblaka na fotografijama), bezvegetacijskim godišnjim dobom snimanja (kada nema bujnog raslinja) i odsustvom snimljenih područja u sjeni.
5. Potrebna je terenska provjera rezultata identifikacije, na temelju čega je katkada potrebno i korigirati interpretaciju, što je iterativan proces identifikacije

određenog klizišta, i time vremenski zahtjevniji, a s obzirom na troškove, poskupljuje krajnji proizvod u obliku karte inventara klizišta.

Prednosti stereoskopske analize stereomodela u izradi inventara klizišta su te što je to:

1. najraširenija, najupotrebljavanija i najekonomičnija tehnika identifikacije klizišta za izradu inventara klizišta u svijetu u posljednjih nekoliko desetljeća;
2. metoda prema kojoj se provjerava uspješnost primjene novih metoda;
3. metoda koja omogućava rad tijekom cijele godine neovisno o vremenskim uvjetima i raslinju na terenu;
4. metoda kojoj su izbjegnuta ograničenja terenskog kartiranja, a koja se odnose na problematičnu dostupnost i prohodnost određenih područja istraživnja;
5. metoda koja omogućava identifikaciju granica velikih klizišta, time što su fotografije preglednije;
6. racionalna metoda s obzirom na uložena sredstva i potrebno vrijeme za izradu inventara klizišta određene regije u krupnom mjerilu.

Primjena AHP metode

Prednost AHP metode je u mogućnosti kvantificiranja opisnih značajki određivanjem njihovih težinskih faktora. Također, AHP metoda omogućuje uspoređivanje relativnog utjecaja različitih značajki, koje su inače teško usporedive. Nedostatak AHP-a je subjektivnost metode, odnosno dobivene bodovne vrijednosti i iz njih izvedeni težinski faktori izravno su zavisni o stručnosti istraživača. Subjektivnost stručnjaka (interpretatora) je moguće umanjiti uključivanjem skupine stručnjaka u donošenje odluka koje imaju utjecaja na određivanje težinskih faktora. AHP metoda se pokazala kao izrazito uspješna na nizu primjera i polja u praktičnoj primjeni. AHP metoda daje moguće i prihvatljivo rješenje za uspješnu primjenu i kod istraživanja klizišta. U ovom radu su detaljnije prikazani primjeri upotrebe AHP metode za ocjenu klizišta identificiranih na području Japana pomoću stereoskopske analize stereomodela, ali s različitim ciljevima i kriterijima nego što su primijenjeni na području istraživanja ove disertacije na južnim obroncima Medvednice. Na području Japana cilj je bio procjena rizika od klizišta prema karakterističnim značajkama klizišta i značajkama terena na kojemu su identificirana klizišta. Izbor kriterija za primjenu AHP metode na području istraživanja u Hrvatskoj prilagođen je uvjetima na

terenu, koji se značajno razlikuju od uvjeta na području istraživanja u Japanu. Prilikom primjene AHP metode, važno je ispoštivati proces donošenja odluke, koji započinje definiranjem problema, a zavisno od toga treba definirati kriterije, podkriterije i setove alternativa. Time je omogućeno sagledavanje i riješavanje problema prema njegovim specifičnostima, a u ovom istraživanju, prema karakteristikama istraživanog područja koje imaju utjecaj na nastanak klizišta. Za AHP metodu koja je primijenjena u ovom radu bitno je napomenuti da su raspodjela bodova i kriteriji modificirani prema karakteristikama područja istraživanja u odnosu na korištene kriterije u Japanu, ali je zadržan zbroj bodova, što znači da su pojedine alternative ocjenjivanje s ukupno maksimalno 100 bodova. U Japanu je korištena AHP metoda s tri kriterija (u omjerima 40:30:30), i dva podkriterija, te pripadajućim setom alternativa. Za područje istraživanja ove disertacije su napravljene tri procjene pomoću AHP metode: procjena pouzdanosti identificiranih klizišta i procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta, te je na temelju njih izvedena i procjena relativne opasnosti od klizišta. Za svaku od navedenih procjena definiratni su zasebni kriteriji, podkriteriji i pripadajućie setovi alternativa utvrđeni prema postavljenom cilju. Odabir bodovnih vrijednosti kriterija, podkriterija i setova alternativa je proveden na temelju prosudbe stručnjaka, kroz usporedbu parova, a na način da je jednom članu para dodijeljena određena veća važnost. Veća važnost je određena na temelju iskustva i analize stereomodela (kao rezultat subjektivnog dojma). Iako je takva prosudba veće važnosti subjektivna, u raspravi o opravdanosti pojedinog kriterija (i dodijeljenim bodovima) je uvijek sudjelovalo više sudionika, radi isključivanja subjektivnosti jednog istraživača, čime je smanjenja subjektivnosti u cjelini. Naravno, utvrđene kriterije je moguće usavršavati radi dobivanja što boljih rezultata, pod čime se podrazumijeva njihovo optimiziranje na temelju iskustva identifikacije svih klizišta, što iziskuje iterativni postupak identifikacije. Primjena AHP metode je korisna jer omogućuje ocjenu, usporedbu i kvantificiranje velikog broja značajki klizišta i uvjeta u kojima se ona nalaze, a u cilju procjene i intepretacije njihove opasnosti.

Istraživano područje

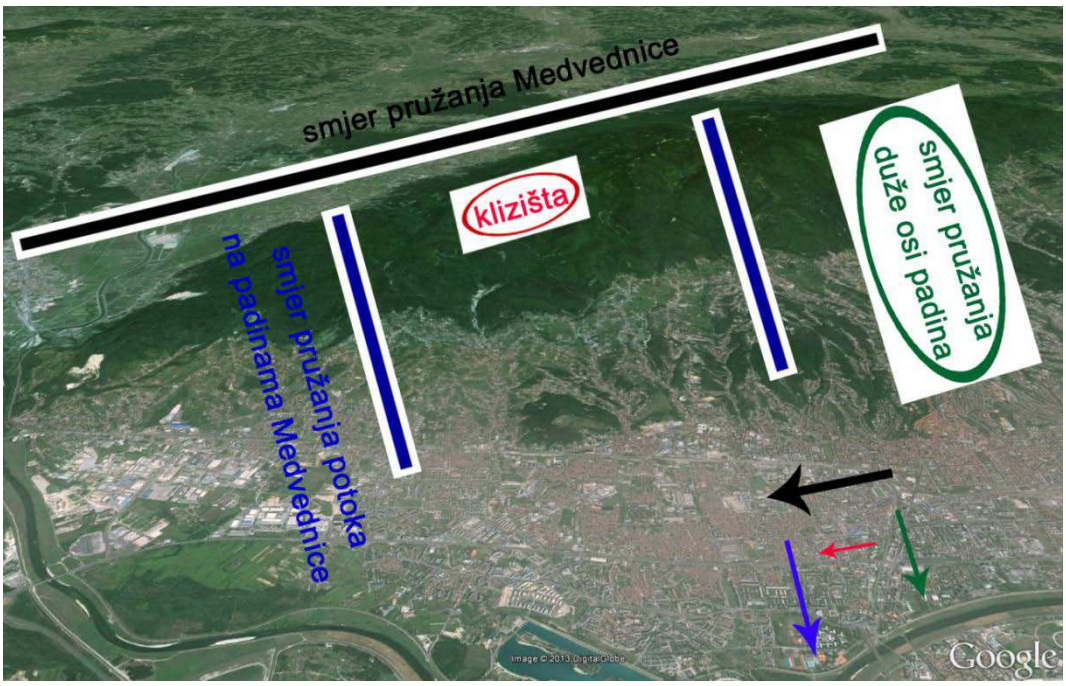
Područje istraživanja ove disertacije je smješteno u kontekst inženjerskogeoloških uvjeta na području podložnom klizanju unutar Grada Zagreba. Uz podložnost klizanju, za određivanje područja istraživanja, važno polazište je predstavljala i činjenica o nedostatku i važnosti pouzdane karte klizišta u obliku

inventara klizišta u krupnom mjerilu. Uprkos velikoj potrebi za raspolaganje podacima o klizištima u obliku karte ili inventara klizišta i usprkos dugoj tradiciji kartiranja klizišta u Gradu Zagrebu, do danas ovakva karta nije izrađena. Važnost se ogleda u tome što se na području istraživanja odvija intenzivna urbanizacija tijekom posljednjih 50-ak godina, koja utječe na povećane mogućnosti nastanka klizišta. S obzirom na obuhvat stereomodela iz 1964. godine (54,14 km^2), najveći dio područja istraživanja (45,31 km^2; ili 83,4%) je u zoni IIa (prema *Jurak i dr., 2008*), a s obzirom na obuhvat stereomodela iz 1998. godine (99,79 km^2), u potpunosti je obuhvaćena zona IIa površine od 58,49 km^2 (što iznosi 58,6% površine stereomodela iz 1998.godine). U zoni IIa najzastupljenije su naslage mlađeg neogena i starijeg kvartara, te je u tim nalsagama dokumentiran relativno veliki broj klizišta (više stotina), od kojih su tek na malom broju provedene mjere sanacije. U Gradu Zagrebu u tijeku je projekt izrade tematskih karata koje prikazuju ograničenja u prostoru, a vezano za prirodne opasnosti (klizišta i potrese). U okviru tog projekta izrađena je „Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirne zone u mjerilu 1:5.000“ (*Miklin i dr., 2007*), s kartom klizišta. Također je predviđena izrada niza karata sljedećih naziva: Karta geotehničke kategorizacije terena, Karta seizmičkog hazarda za razne povratne periode i Karte seizmičke mikrozonacije. Set od ove četiri karte nazvan je Geotehničkom osnovom Grada Zagreba, u okviru koje se planira izrada i dodatnih tematskih karata nazvanih: Karta hidrogeoloških uvjeta, Karta debljina pokrovnog sloja, Karta geotehničkih modela, Karta nestabilnih padina i klizišta i Karta geohazardnih događaja u statičkim i seizmičkim uvjetima. Karte izrađene u okviru ove disertacije tematski su istovrsne jednoj od izrađenih karata i nekima od planiranih karata, a mogu poslužiti za izradu i prognostičkih karata hazarda i rizika klizanja.

Značajke identificiranih klizišta

Usporedbom podataka o granicama klizišta iz postojećih inventara i podacima o granicama klizišta dobivenim na temelju stereoskopske analize stereomodela iz 1964. i 1998. godine se uočavaju razlike u dimenzijama i obliku klizišta. Površine klizišta identificiranih stereoskopskom analizom su manje, a orijentacija duže osi klizišta je različita za približno 90º. Nakon verifikacije podataka, utvrđeno je da su uglavnom točniji podaci o geometriji i dimenzijama granica dobiveni stereoskopskom analizom stereomodela. Na ovaj način su utvrđene neke neprecizno identificirane granice klizišta u povijesnim inventarima iz 1967., 1979. i 2007. godine. Razlog za to

su ograničenja mogućnosti terenskog kartiranja klizišta u krupnom mjerilu, uslijed kojih su istraživači za određeni broj klizišta, umjesto granica klizišta izdvajali veće zone kao nestabilne. Generalni smjer pružanja padina na južnim obroncima Medvednice je približno okomit na smjer pružanja Medvednice, prikazano na slici 104. Smjer pružanja padina je u najvećem broju slučajeva približno paralelan smjerovima glavnih površinskih vodotoka (potoka), čiji su izvori u gorskim predjelima Medvednice, a ušća su im u ravničarskom dijelu Grada Zagreba, zbog čega su padine uglavnom nagnute u smjeru istoka ili zapada. Stereoskopskom analizom je potvrđeno da su klizišta na istraživanom području uglavom izduženog oblika, pri čemu je omjer širine i duljine klizišta približno 1:2, te da su dulje osi klizišta iste ili slične orijentacije kao i smjer nagiba padina. Na ovaj način su utvrđene pogrešno identificirane neke granice klizišta u povijesnim inventarima, a kod kojih su smjerovi duljih osi klizišta orijentirane u smjeru sjever-jug, odnosno paralelno smjeru glavnih vodotoka. Orijentacija duže osi klizišta značajna je i zbog procjene potencijalnog razvoja klizišta, jer su na istraživanom području česta klizišta koja se šire u smjeru orijentacije duže osi klizišta, bilo da retrogresivno ili progresivno. Na temelju pravilno identificiranih granica povijesnih ili postojećih klizišta, moguće je procijeniti potencijalnu opasnost od klizišta u budućnosti.



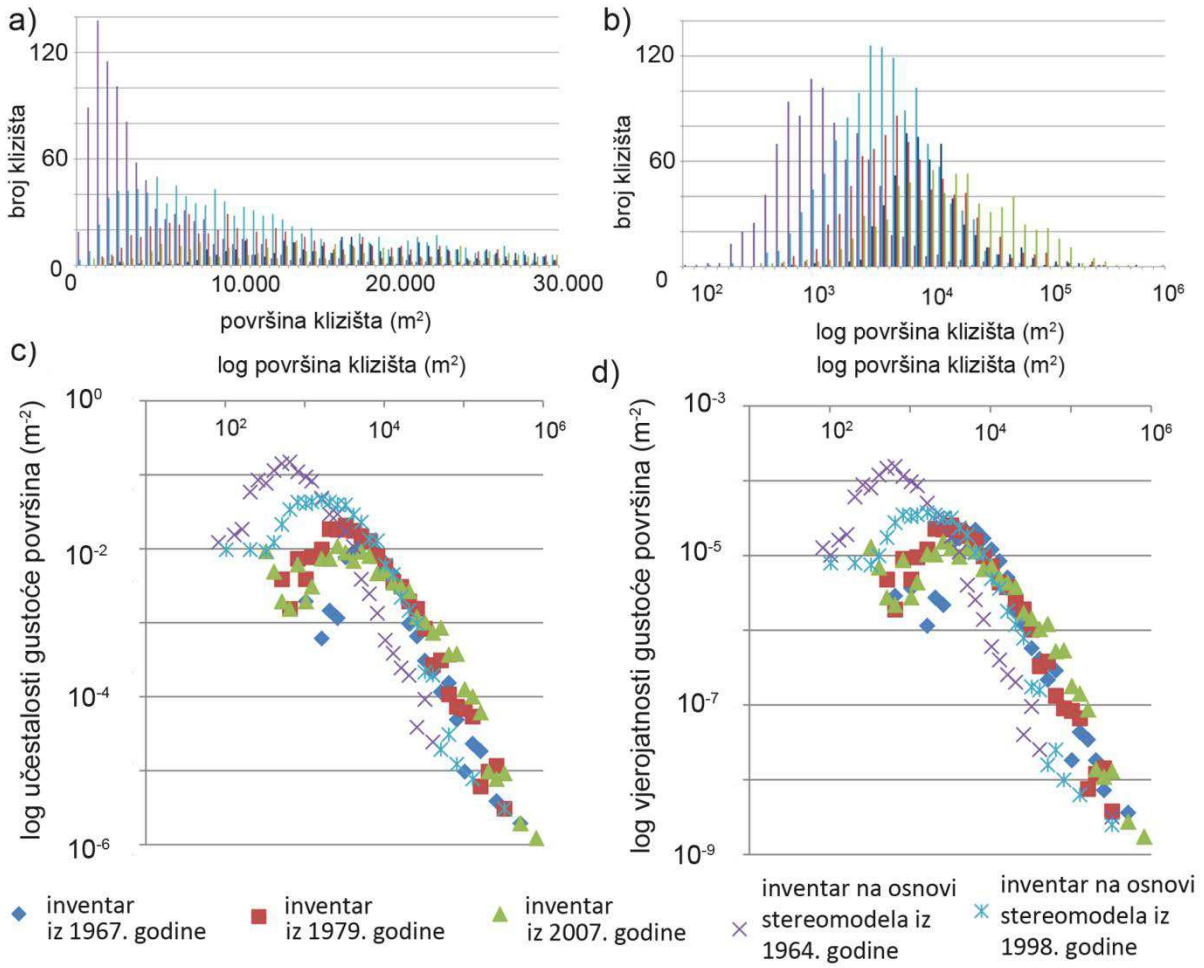
Slika 104 Generalizirani i pojednostavljeni prikaz smjera pružanja glavnih morfoloških elemenata na području istraživanja: gorja Medvednice, potoka na južnim obroncima Medvednice, padina uz potoke i klizišta (podloga prema *Google Earth, 2014*)

Povijesni inventari klizišta i inventari izrađeni prema stereomodelima

Treba napomenuti da svaki inventar klizišta sadrži i pruža korisne informacije. Provjera pouzdanosti podataka u povijesnim inventarima iz 1967., 1979., i 2007. godine, kao i u inventarima izrađenim na temelju stereomodela iz 1964. i 1998. godine napravljena je na temelju analize veličine površina klizišta. S obzirom na veličine identificiranih klizišta, proizlazi da su površine klizišta u povijesnom inventaru iz 1979.godine manje od površina u povijesnim inventarima iz 2007. godine i 1967. godine. Potpunija informacija o veličinama klizišta dobivena je na temelju analize površina klizišta identificiranih u okviru ovog rada prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Naime, klizišta identificirana stereoskopskom analizom stereomodela su općenito manjih površina, što je jasno vidljivo iz usporedbe raspodjele površina svih identificiranih klizišta, prikazane na slici 105. Na ovoj slici su prikazane učestalosti površina 535 klizišta iz povijesnog inventara iz 1967. godine, 812 klizišta iz povijesnog inventara iz 1979. godine i 707 klizišta iz povijesnog inventara iz 2007. godine, kao i 963 klizišta klizišta iz inventara prema stereomodelu iz 1964. godine i 1.229 klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine. Radi boljeg uvida u opću raspodjelu velikog broja klizišta, izrađeno je četiri vrste prikaza učestalosti površina klizišta i to u normalnom i logaritamskom mjerilu, kao i učestalosti gustoće površina i vjerojatnosti gustoće površina prema *Guzzetti (2006)*. Površine klizišta iz povijesnog inventara iz 1979. godine najsličnije su površinama klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1998. godine, kojim su dobivene manje precizni podaci o klizištima u odnosu na podatke prema stereomodelu iz 1964. godine. Usprkos razlikama u veličinama površina klizišta iz ova tri inventara, potvrđeno je da je usporedbom podataka iz ova tri inventara moguće utvrditi klizišta koja do danas nisu bila registrirana, kao i pratiti razvoj klizišta kroz povijesno razdoblje od 34 godine.

Krivulja učestalosti gustoće površina klizišta predstavlja najčešće raspone površina klizišta u inventaru, a vrh krivulje vjerojatnosti gustoće površina predstavlja najčešće površine klizišta u određenom inventaru. U tablici 69 izdvojene su maksimalne vrijednosti površina s krivulje vjerojatnosti gustoće površina za svaki pojedini inventar, jer one također predstavljaju i najvjerojatnije površine potencijalnih klizišta. S obzirom na prethodnu analizu pouzdanosti identificiranih klizišta u povijesnim inventarima i inventarima načinjenim u ovom radu, proizlazi da su na istraživanom području najvjerojatnija potencijalna klizišta površine 700 m^2 (prema

podacima prema stereomodelu iz 1964. godine), a evenutalno 1.800 m^2 (prema podacima prema stereomodelu iz 1998. godine). Prema povijesnim inventarima najvjerojatnija su potencijalna klizišta površine 3.100-5.900 m^2, što se ne može smatrati pouzdanim podatkom. Klizišta ovih površina zastupljena su u inventaru prema stereomodelu iz 1964. godine sa samo 8,9% (ili 86 klizišta).



Slika 105 Raspodjela površina 535 klizišta prema povijesnom inventaru iz 1967. godine (*Šikić, 1967*), 812 klizišta prema povijesnom inventaru iz 1979. godine (*Polak i dr., 1979*) i 707 klizišta prema povijesnom inventaru iz 2007. godine (*Miklin i dr., 2007*), te 963 klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine i 1.229 klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine: a) učestalosti površina klizišta za klase od 200 m^2; (b) logaritamski prikaz učestalosti površina klizišta; (c) logaritamski prikaz učestalosti gustoće površina; c) logaritamski prikaz vjerojatnosti gustoće površina

Tablica 69 Površine najučestalijih klizišta prema učestalosti gustoće površina i vjerojatnosti gustoće površina za povijesne inventare iz 1967., 1979. i 2007. godine i prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Analiza je izvršena prema *Guzzetti (2006)*.

Inventar (godina)	Povijesni iz 1967. godine	Povijesni iz 1979. godine	Povijesni iz 2007. godine	Stereomodel iz 1964. godine	Stereomodel iz 1998. godine
najučestaliji raspon površina (m^2)	5.300-6.500	2.800-3.400	3.600-4.400	600-800	1.600-2.000
najučestalija očekivana površina (m^2)	5.900	3.100	4.000	700	1.800

Moguće poboljšanje dobivenih rezultata

Procjena pouzdanosti identifikacije klizišta na području istraživanja provedena je na stereomeodelima iz 1964. i 1998. godine. Budući da se identificirana klizišta nalaze na područjima izgrađenim od inženjerskih tala i stijena, smatra se da se klizišta značajno razlikuju s obzirom na materijale koji izgrađuju klizište, odnosno materijale koji se nalaze u podlozi klizišta. Također na terenima izgrađenim od stijena predneogenske starosti je u pravilu prisutan gusti šumski pokrov koji umanjuje pouzdanost identifikacije klizišta na stereomodelima. Zbog toga se smatra potrebnim uvesti korekciju pouzdanosti identifikacije klizišta koja se nalaze u područjima izgrađenim od stijena. Subjektivno je procijenjeno da bi odgovarajuća korekcija pouzdanosti identifikacije klizišta koja se nalaze u područjima izgrađenim od naslaga predneogenske starosti bila da se pouzdanost identifikacije umanji za jednu klasu ili razinu. Nakon provedene identifikacije od preko 2.000 klizišta, na dva seta fotografija (stereomodela), te provedene terenske provjere na pojedinim ciljanim lokacijama, procjena je da je pristup smanjenja razine pouzdanosti opravdan i realan za klizišta identificirana u trošnim zonama stijenskih masa. Procjena mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta na području istraživanja provedena je na stereomeodelima iz 1964. i 1998. godine. Budući da se u prvom redu kod procjene mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta razmatraju topografske karakteristike lokacije (nagib padine, blizina vodotoka i pokrov zemljišta) smatra se da dodatna korekcija utvrđenih kriterija nije potrebna. Procjena relativne opasnosti od klizišta na području istraživanja provedena je na stereomeodelima iz 1964. i 1998. godine. Budući da se kod procjene relativne opasnosti od klizišta vrednuje i pouzdanost identifikacije klizišta, smatra se potrebnim uvesti korekciju procijenjenih opasnosti od klizišta koja se nalaze u područjima izgrađenim od nalsaga predneogenske starosti. Pojednostavljena korekcija se može sastojati i od jednostavnog umanjivanja relativne opasnost od klizišta za jednu klasu ili razinu. Na stereomodelu iz 1964. godine ukupno je identificirano 35 klizišta na terenima izgrađenim od naslaga predneogenske starosti, za koje se smatra potrebnim umanjiti relativnu opasnost od klizišta, što iznosi samo 3,6% od ukupno identificiranih klizišta. Na stereomodelu iz 1998. godine ukupno je identificirano 318 klizišta na terenima izgrađenim od nalsaga predneogenske starosti, za koje se smatra potrebnim umanjiti relativnu opasnost od klizišta, što iznosi 25,9% od ukupno identificiranih klizišta.

6.2 Upute za izradu inventara klizišta primjenom stereoskopske analize stereomodela i AHP metode

Cilj i svrha izrade inventara klizišta i karte klizišta u krupnom i srednjem mjerilu je da se one dalje koriste u analizama potencijalne opasnosti od klizanja. Zonacija područja prema postojećoj ili potencijalnoj opasnosti od klizanja daje informacije o mogućnostima u uvjetima gradnje, te o lokacijama na kojima je potrebno provesti sanacije klizišta. Zonacija prema postojećoj ili potencijalnoj opasnosti od klizanja se prikazuje na kartama podložnosti klizanju, kartama hazarda i rizika klizanja. U ovom radu je izrađena sintezna karta klizišta identificiranih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine s procjenom opasnosti od klizišta u srednjem mjerilu 1:10.000 (Prilog 1). Mjerilo karte određuje i upotrebljivost za određenu namjenu. U tablici 70 su navedeni preporučeni tipovi, razine zoniranja i mjerila karata za zoniranje pokreta na padinama prema *Fell i dr. (2008)*. Slično tome, u Prostornom planu grada Zagreba su preporučena dva mjerila, mjerilo 1:25.000, nazvano preglednim mjerilom i mjerilo 1:5.000 nazvano detaljnim mjerilom. U tablici 71 je dan pregled mjerila karte zoniranja klizanja i njihova primjena prema *Fell i dr. (2008)*. Kod zoniranja određenog područja, preporučuje se izrada niza karata različitog mjerila, pri čemu se prvo izrađuju karte klizišta u sitnom ili srednjem mjerilu, a zatim karte krupnog mjerila (*Mihalić, 1998*).

Tablica 70 Preporučeni tipovi, razine zoniranja i mjerila karata za zoniranje pokreta na padinama (*Fell i dr., 2008*)

Svrha	Tip zoniranja				Razina zoniranja			Primjenjivo mjerilo karte zoniranja
	Inventar	Podložnost	Hazard	Rizik	Preliminarna	Srednja	Napredna	
Regionalno zoniranje								1:25000-1:250000
Informativno	X	X			X			
Savjetodavno	X	X	(X)		X	(X)		
Zakonodavno	nije preporučljivo							
Lokalno zoniranje								1:5000-1:25000
Informativno	X	X	X	(X)	X	(X)		
Savjetodavno	(X)	X	X	X	X	X	X	
Zakonodavno			X	(X)		X	X	
Zoniranje prema lokaciji								1:1000-1:5000
Informativno	nije preporučljivo							
Savjetodavno	nije uobičajno korišten							
Zakonodavno		(X)	X	X		X	X	
Projektirano		(X)	(X)	X		(X)	X	

* X = primjenjivo, (X) = može se primjeniti

Tablica 71 Mjerila karte zoniranja klizanja i njihova primjena (*Fell i dr., 2008*)

Opis mjerila	Indikativan raspon mjerila	Primjene zoniranja na primjerima	Tipična površina zoniranja
Sitno	< 1:100000	Katastar klizišta i podložnost (osjetljivost) na klizanje u svrhu informiranja nadležnih službi i građana.	> 10000 km^2
Srednje	1:25000 - 1:100000	Katastar klizišta i podložnost (osjetljivost) na klizanje u svrhu regionalnog razvoja ili inženjerskih projekata krupnih mjerila. Preliminarne razine kartiranja hazarda za lokalna područja.	1000 - 10000 km^2
Krupno	1:5000 - 1:25000	Katastar klizišta, podložnost (osjetljivost) na klizanje i zoniranje hazarda za lokalna područja. Srednje do napredno zoniranje hazarda u svrhu regionalnog razvoja. Preliminarna do srednja razina zoniranja rizika za lokalna područja i za napredne stadije planiranja za velike inženjerske strukture, cesta i željeznica.	10 - 1000 km^2
Detaljno	> 1:5000	Srednje do napredno zoniranje hazarda i rizika za lokacije i lokalna područja i za faze u projektiranju velikih inženjerskih struktura, cesta i željeznica.	< 100 km^2

U tablici 70 i tablici 71 su dane i preporuke za koju svrhu je korisno pojedino mjerilo i tipične površine zoniranja prema *Fell i dr. (2008)*. Regionalno istraživanje klizišta započinje identifikacijom i kartiranjem klizišta koje rezultiraju izradom inventara klizišta. Pri tome je važno voditi računa o tome da svaka karta inventara klizišta prikazuje samo klizišta iz vremena identifikacije klizišta ili ranijih, te da ju je potrebno periodično ažurirati. Karta inventara klizišta treba prikazivati lokacije i granice klizišta. Inventar klizišta mora sadržavati podatke o prostornoj distribuciji klizišta na određenom području za koji se izrađuje inventar. Ako se istražuje malo područje (na primjer od nekoliko desetaka km^2) inventar je moguće izraditi i terenskim geomorfološkim kartiranjem. Međutim uobičajeno je raditi inventare klizišta za puno veća područja, kao što su općine, županije, regije ili države. Za tako velika područja je neracionalno terensko kartiranje, jer njegova cijena premašuje isplativost karte klizišta. U tim se slučajevima koriste metode daljinskih istraživanja u kombinaciji s terenskim kartiranjem. Konvencionalna metoda izrade inventara klizišta vizualnom intepretacijom steremodela i terenskom provjerom rezultata je i danas naraširenija metoda izrade inventara klizišta. U posljednih 15-ak godina se koristi u kombinaciji s AHP metodom za procjene pouzdanosti identifikacije kako bi se dobili pouzdaniji podaci.

Upute za izradu inventara klizišta za područje istraživanja ili geološki i geomofrološki istovrsna područja pomoću stereoskopske analize stereomodela i AHP metode sažeto se mogu prikazati na sljedeći način:

Predradnje koje su neophodne za stereoskopsku analizu stereomodela i primjenu AHP metode:

1. Utvrditi područje istraživanja i upoznati značajke područja koje se odnose na uvjete u kojima nastaju klizišta.
2. Prikupiti postojeće podatke o klizištima.
3. Prikupiti potrebne ulazne podatke: (i) stereoparove aerosnimki odgovarajućeg mjerila za područje istraživanja; i (ii) ortofoto snimke ili topografske podloge odgovarajućeg mjerila za prikaz rezultata interpretacije stereomodela.
4. Utvrditi kriterije koji će se koristiti tijekom identifikacije klizišta na stereoparovima aerosnimki i njihove težinske faktore primjenom AHP metode.

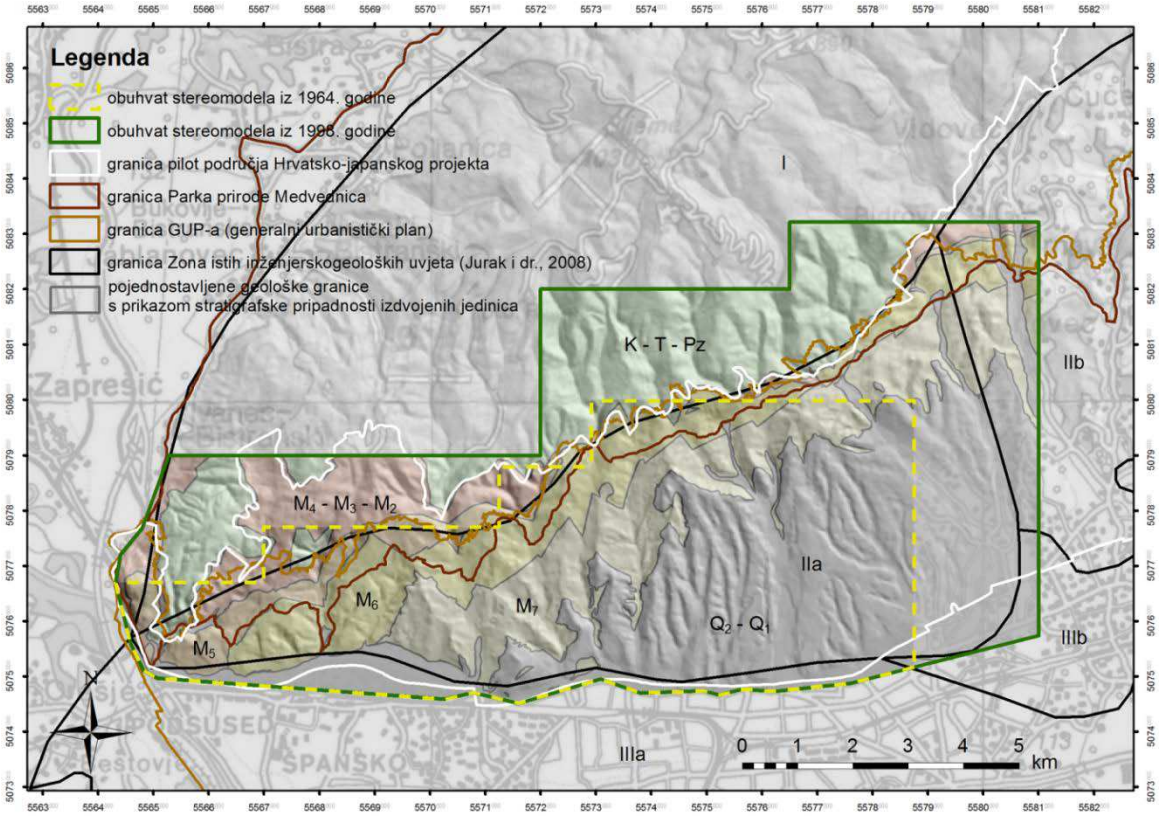
Identifikacija klizišta stereoskopskom analizom stereomodela i primjenom AHP metode:

5. Vizualna identifikacija klizišta koja se sastoji od stereoskopske analize stereomodela uz primjenu kriterija utvrđenih AHP metodom za manje pilot područje.
6. Nakon izvršene vizualne analize pilot područja potrebno je dobivene rezultate provjeriti na terenu i usporedbom s postojećim podacima (za pilot područje). Korigirati korištene kriterije ako je potrebno, ili ako je potrebno i više puta ponoviti korake 5 i 6.
7. Nakon potvrđivanja ispravnosti kriterija provodi se vizualna analiza cijelog područja istraživanja.
8. Identificirana klizišta na području istraživanja je potrebno jednoznačno označiti, prostorno locirati i opisati.
9. Prateći podaci za svako klizište se preporučavaju arhivirati u obliku jednostavne baze podataka (excel, access, gis, itd.).
10. Nakon provedene analize je potrebno dobivene rezultate provjeriti na terenu i usporedbom s postojećim podacima (verifikacija).
11. Nakon izrade inventara klizišta i baze podataka se izrađuje karta inventara klizišta.

12. Mjerilo karte inventara klizišta i odabir podataka koji će se prikazivati na karti zavisi od željenog cilja i buduće upotrebe te karte.

Korak 1.

Potrebno je utvrditi granice područja istraživanja, jer je svako područje istraživanja potrebno staviti u kontekst (lokalni, regionalni, globalni, adiministrativni, prirodni) zavisno od njegove površine i smještaja. Na slici 106 je prikazano područje istraživanja u odnosu na: obuhvat stereomodela iz 1964. i 1998. godine, granicu pilot područja Hrvatsko-japanskog SATREPS FY2008 projekta (*Mihalić i Arbanas, 2013*) u sklopu kojeg je nabavljen stereomodel iz 1998. godine, granicu Parka prirode Medvednica, granicu GUP-a Grada Zagreba, granicu zona istih inženjerskogeoloških uvjeta (prema *Jurak i dr., 2008*).



Slika 106 Područje istraživanja u odnosu na postojeće administrativne podjele i prikaz izdvojenih pojednostavljenih geoloških jedinica

Na ovaj način područje istraživanja je stavljeno u postojeći kontekst administrativnih granica i prirodnih i inženjerskogeoloških uvjeta, a koje prema *Jurak i dr. (2008)* pripada zoni IIa, koja je originalno nazvana „Medvedničko prigorje/Podsljemenska urbanizirana zona – periklinarno položene mlađe naslage (neogenske i starije kvartarne)“. Nakon toga je potrebno proučiti karakteristike područja s obzirom na uvjete u kojima klizišta nastaju (geološke, hidrogeološke,

inženjerskogeološke, geomorfološke, stanje pokrova, itd.), što može biti važno i za definiranje područja koja je potrebno posebno razmatrati, npr. s obzirom na to je li teren izgrađen od inženjerskih tala ili stijena. Konkretno, za područje istraživanja, je na temelju postojećih geoloških karata izdvojeno šest pojednostavljenih geoloških jedinica, koje su prikazane na slici 106, a koje su također korištene u analizama izrađenih inventara iz 1964. i 1998 godine u ovom radu (poglavlje 5.1.2 i 5.1.2).

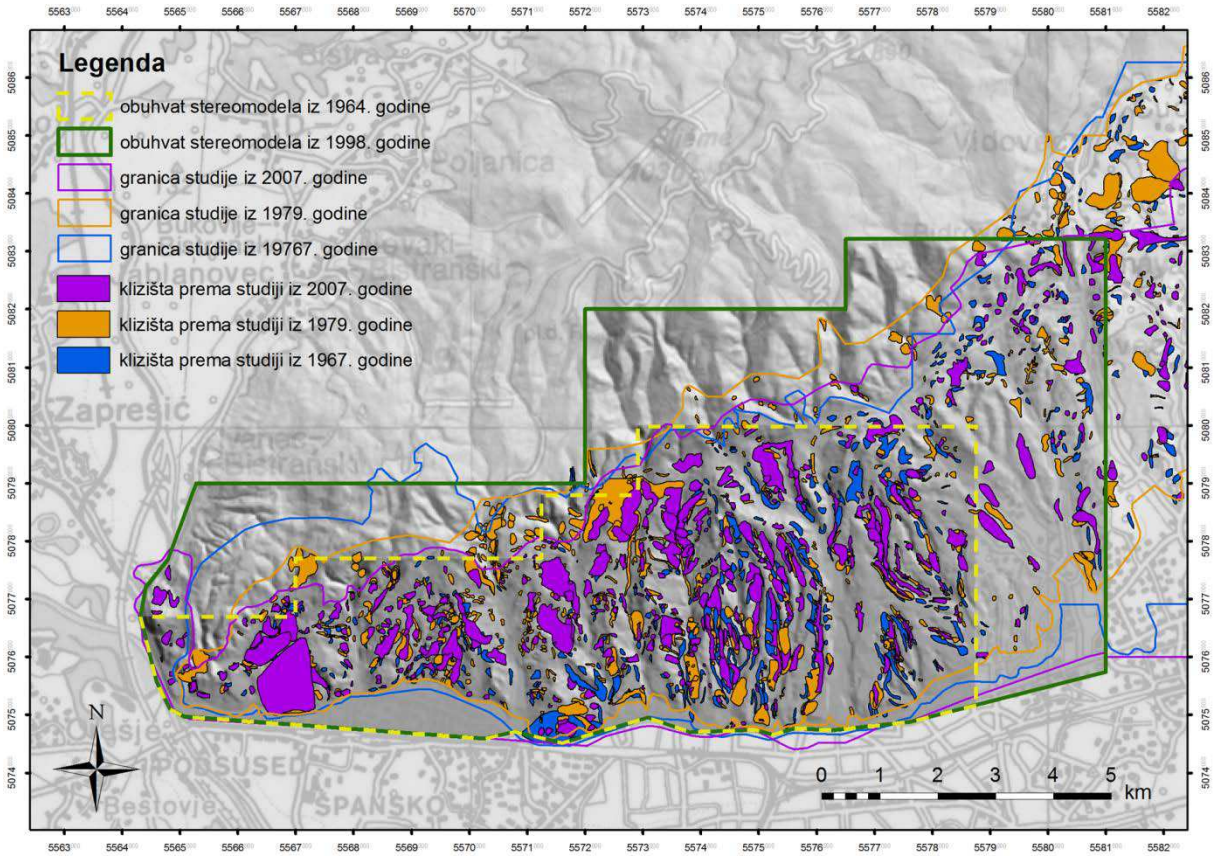
Korak 2.

Cilj je izrada što kvalitetnijeg inventara klizišta, a za to je potrebno prikupiti i postojeće podatke o klizištima na području istraživanja, bilo da se radi o postojećim inventarima klizišta ili o postojećoj dokumentaciji ili objavljenim stručnim i znanstvenim radovima. Postojeći podaci nam mogu otkriti u kojim materijalima je klizanje najčešće, koji tipovi klizišta su najčešći, koje su tipične površine klizišta, kakva je prostorna distribucija klizišta na području istraživanja, ili otkriti neke druge korisne detalje. Klizišta prema postojećim inventarima iz 1967., 1979. i 2007. godine su prikazana na slici 107. Konkretno, za područje istraživanja, je na temelju postojećih inventara klizišta izdvojen inventar iz 1979. godine s obzirom na veličine klizišta, te je stoga taj inventar korišten u analizama inventara izrađenih u ovom radu iz 1964. i 1998 godine (poglavlje 5.3.1 i 5.3.2).

Korak 3.

Za stereoskopsku analizu steromodela potrebno je raspolagati stereoparovima aerosnimki područja istraživanja odgovarajućeg mjerila. Za područje istraživanja u ovom radu su analizirana dva stereomodela različitog mjerila (srednje i krupno mjerilo), radi utvrđivanja podobnijeg mjerila za buduće analize. Kod odabira mjerila stereomodela treba zadovoljiti dva kriterija: (i) istraživano područje mora biti pokriveno s razumnim brojem fotografija; i (ii) istraživano područje mora biti pokriveno s fotografijama koje su dovoljno detaljne. Mjerilo odabranog stereomodela zavisi o površini područja istraživanja, ali i o dostupnosti snimaka. Konkretno, za područje istraživanja ili slične terene je preporuka da se analiziraju snimke mjerila krupnijeg od 1:10.000 jer su dovoljno detaljne, dok kod sitnijih mjerila se javlja problem višeznačnosti interpretacije. Također, preporuka je da se analizira više generacija stereoparova aerosnimki (setova), iz više razloga: (i) postignuti rezultati odnosno točnost inventara će biti veća, tj. gdje su jednom bila klizišta bit će i u budućnosti, (ii) inventari iz više povijesnih razdoblja daju informacije o razvoju

klizišta, (iii) po mogućnosti da se pribave i analiziraju i najstarije i najrecentnije fotografije jer se klizišta mijenjanju kroz vrijeme i s obzirom na veličinu površine klizišta i stanje aktivnosti odnosno provedena stereoskopska analiza stereomodela je točna za doba kada je fotografija snimljena, pa se na taj način može dobiti najdulji mogući relativno pouzdani vremenski raspon Za prikaz dobivenih inventara odnosno kao podlogu karte inventara klizišta preporučuje se korištenje ortofoto snimki ili topografskih podloga. Recentne ortofoto snimke su kvalitetna podloga za prikaz izrađenih inventara klizišta jer prikazuju stanje i distribuciju klizišta u odnosu na recentno stanje na terenu (pokrov zemljišta, izgrađenost terena). Topografske podloge su dobre podloge za prikaz izrađenih inventara klizišta jer daju dodatne informacije o morfologiji terena (gustoća i oblik slojnica), pojavama površinske vode i postojećoj infrastrukturi i izgrađenosti područja. Za prikaz identificiranih klizišta je moguće koristiti i kombinaciju topografskih podloga s ortofoto snimkama.



Slika 107 Područje istraživanja i klizišta prema inventarima iz 1967., 1979. i 2007. godine

Korak 4.

Klizišta se na stereoparovima aerosnimki mogu identificirati i bez upotrebe AHP metode, međutim upotreba AHP metode u identifikaciji klizišta daje potpunije i bolje rezultate odnosno dobije se detaljniji opis klizišta i pruža se mogućnost

objektivnije klasifikacije klizišta. AHP metoda omogućava kvantificiranje opisnih vrijednosti koje je inače teško ili nemoguće postići. Kriterije korištene u AHP metodi je potrebno definirati prema području istraživanja, te oni moraju biti relevantni s obzirom na željeni cilj i biti vizualno prepoznatljivi. Nakon njihovog definiranja je potrebno utvrditi težinske faktore na temelju usporedbe parova odnosno odrediti relativne važnosti na temelju iskustva i inženjerske prosudbe. Konkretno, za područje istraživanja, je bila korištena AHP metoda: (i) za utvrđivanje pouzdanosti identificiranih klizišta na temelju izraženosti značajki klizišta u tijelu klizišta i granice klizišta zavisno od tipa pokrova; (ii) za utvrđivanje mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta na temelju topografskih karakteristika lokacije odnosno nagiba padine i udaljenosti od vodotoka zavisno od tipa pokrova; i (iii) za procjenu relativne opasnosti od klizišta na temelju pouzdanosti identifikacije klizišta i mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta. Uz izdvajanje klizišta na steromodelu dane su još i analize pouzdanosti, mogućnosti razvoja i procjene relativne opasnosti pomoću AHP metode, koje bez upotrebe AHP metode ne bi bile moguće ili bi bile moguće u bitno manjoj mjeri.

Korak 5.

Potrebno je izvršiti stereoskopsku analizu stereomodela uz primjenu kriterija utvrđenih AHP metodom za manje pilot područje, da bi se uočile eventualne pogreške u postavljenim kriterijima. Također se na taj način interpretator upoznaje s značajkama područja istraživanja.

Korak 6.

Nakon izvršene analize pilot područja potrebno je dobivene rezultate provjeriti na terenu da bi se izbjegle moguće višeznačnosti u interpretaciji. Potrebno je i izvršiti usporedbu s postojećim podacima (za pilot područje), jer i to doprinosi poboljšanju kriterija odnosno poboljšanju rezultata. Ako se ukaže potreba, potrebno je ponoviti korake 5 i 6 sve dok se ne utvrde zadovoljavajući kriteriji.

Korak 7.

Kada su obavljene opisane pripreme može se pritupiti analizi stereomodela i izradi inventara klizišta. Tijekom analize je važno da interpretator bude sustavan, te da tijekom analize konzistentno primjenjuje uspostavljene kriterije. Na području istraživanja su bila korištena dva stereomodela različitog mjerila, ali se dobiveni rezultati pouzdanosti identifikacije klizišta, mogućnosti razvoja klizišta i procjene relativne opasnosti od klizišta razlikuju do najviše približno 25% za oba

stereomodela, kao što je prikazano u tablici 72. S obzirom na razlike u mjerilu i području obuhvata razlike su relativno male i ukazuju na konzistentno korištenje utvrđenih kriterija tijekom interpretacije stereomodela. Veći postotak pouzdano identificiranih klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine je izravna posljedica mjerila korištenog stereomodela. Veći postotak klizišta s mogućnošću daljnjeg razvoja prema stereomodelu iz 1998. godine je izravna posljedica obuhvata stereomodela odnosno ukazuje na klizišta na području PP Medvenice na strmijim padinama uz čiju nožicu je vodotok. Procijenjena relativna opasnost od klizišta je približno ista za oba inventara izrađena na osnovi stereomodela iz 1964. i 1998. godine.

Tablica 72 Usporedba inventara izrađenih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine s obzirom na korištene kriterije

Inventar na osnovi stereomodela	Pouzdano identificirana klizišta u inventaru (%)	Klizišta s mogućnošću daljnjeg razvoja u inventaru (%)	Relativno opasna klizišta u inventaru (%)
1964.	≈50	≈35	≈55
1998.	≈30	≈60	≈45

Korak 8.

Identificirana klizišta na području istraživanja je potrebno jednoznačno označiti, prostorno locirati i opisati. Na području istraživanja je izdvojeno 963 klizišta za stereomodel iz 1964. godine i 1.229 klizišta za stereomodel iz 1998. godine, te je svako klizište označeno jedinstvenim identifikacijskim brojem, a prostorno je definirano georeferenciranom točkom u tijelu klizišta i georeferenciranom granicom klizišta na površini terena. Važniji podaci u opisu svakog klizišta uključuju vrstu i starost naslaga, dimenzije klizišta (duljina, širina, visina pokrenutog materijala) i korištene AHP kriterije s težinskim faktorima i pripadajućom klasifikacijom klizišta prema pouzdanosti identifikacije klizišta, mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta i procjeni relativne opasnosti od klizišta.

Korak 9.

Preporuka je da se uz svako klizište daju i prateći podaci organizirani u jednostavnu bazu podataka. Tako organizirani podaci omogućuju daljnje analize, ažuriranja i jednostavnu upotrebu. Konkretno, za područje istraživanja, je izrađena baza podataka u ArcGIS 9.3 softveru i time je omogućeno lako i jednostavno

kreiranje obrasca za svako klizište u bazi, odnosno za 2.192 klizišta identificirana prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine.

Korak 10.

Dobivne rezultate je potrebo verificirati usporedbom s postojećim podacima i terenskom provjerom. Prema preporukama i iskustvima obilazak 15% površine istraživanog područja je potrebno za trenesku verifikaciju izrađenog inventara. Na području istraživanja je u okviru ovog rada provedena usporedba s postojećim podacima iz 1979. godine i napravljena je analiza preko 300 klizišta identificiranih u povijesnom inventaru iz 1979. godine i iz inventara izrađenih prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Uz to je napravljena i terenska provjera na približno 30% površine područja istraživanja tijekom 2012. i 2013. godine.

Korak 11.

Nakon izvršene verifikacije i završetka izrade inventara i baze podataka o klizištima je potrebno izraditi i kartu inventara klizišta. Mjerilo karte inventara klizišta zavisi od površine istraživanog područja i buduće upotrebe karte, ali i o veličini identificiranih klizišta. Na području istraživanja su izrađene četiri karte inventara klizišta na kojima su prikazane granice klizišta na površini terena, a klizišta su klasificirana s obzirom na pouzdanost identifikacije klizišta (jedna karta za klizišta iz 1964. godine i jedna karta za klizišta iz 1998. godine) i s obzirom na mogućnost daljnjeg razvoja klizišta (jedna karta za klizišta iz 1964. godine i jedna karta za klizišta iz 1998. godine).

Korak 12.

Na karti inventara klizišta trebaju biti prikazane granice klizišta na površini terena, sa ili bez prikaza ostalih podataka. Karta inventara klizišta nužno mora biti lako čitljiva i jednostavna za upotrebu. Na području istraživanja su napravljene i karte relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelima za 1964. i 1998. godinu, te sintezna karta relativne opasnosti od klizišta. Također je izrađena i sintezna karta procijenjene opasnosti od klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine u mjerilu 1:10.000 za cijelo područje istraživanja (Prilog 1).

Završne napomene:

- Za izradu inventara klizišta se u svjetskoj praksi koriste stereoparovi aerosnimki mjerila manjeg od 1:30.000, međutim preporuka za područje Podsljemenske

zone ili sličnih terena, na kojima su najučestalija klizišta čije površine su u rasponu 600-1.000 m^2 je da se koriste stereoparovi aerosnimki mjerila manjeg od 1:10.000, jer omogućavaju bolje uočavanje značajki klizišta i identifikaciju granica klizišta.

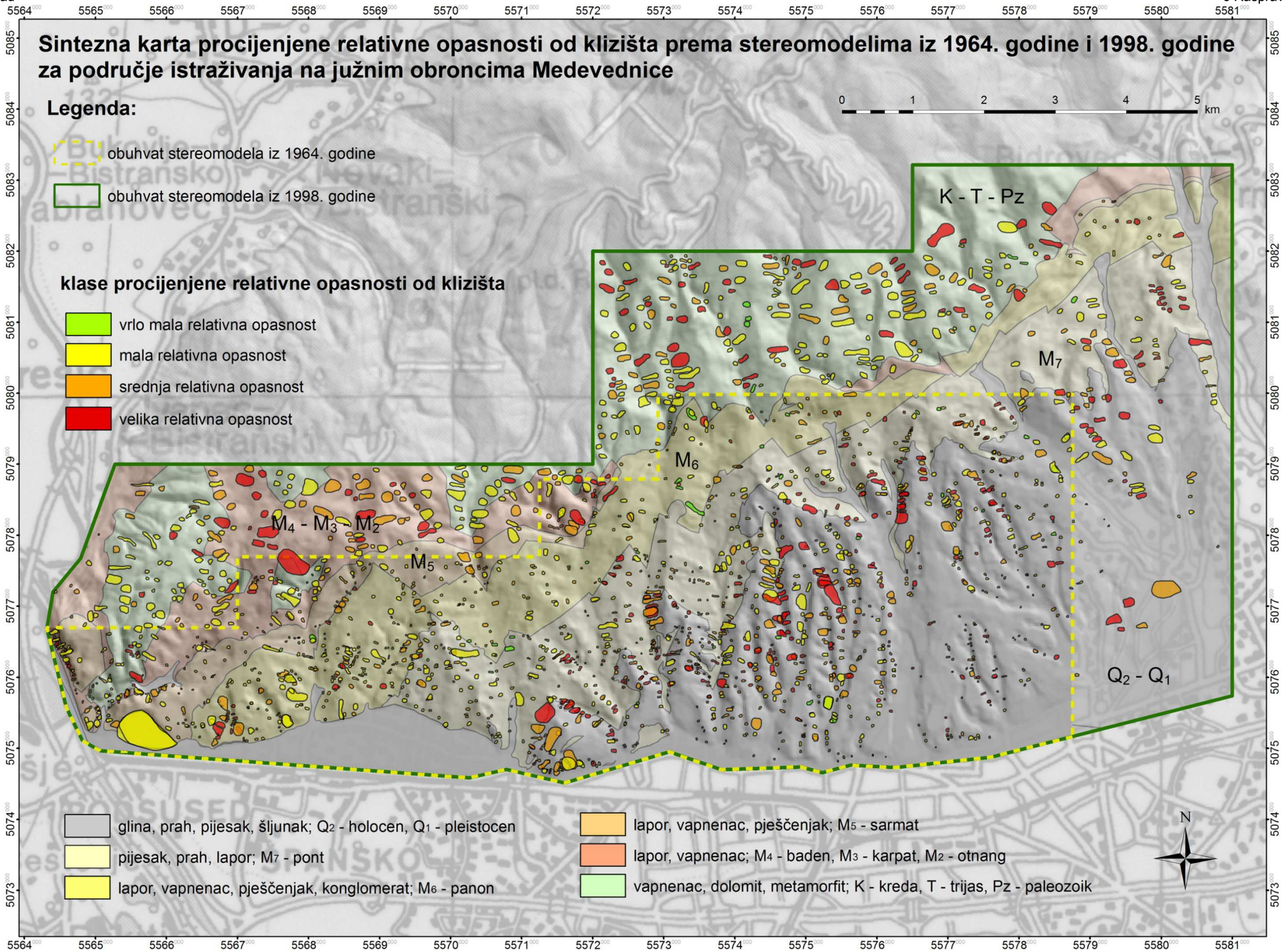
- Mjerilo karte inventara klizišta potrebno je prilagoditi veličini površine područja istraživanja i mjerilu stereoparova aerosnimki, a za područje istraživanja preporučuje se mjerilo karte inventara klizišta od 1:5.000 do 1:25.000 (krupno mjerilo do srednje mjerilo).
- Svaka karta inventara klizišta sadrži podatke o identificiranim klizištima iz određenog razdoblja, te je stoga potrebno naznačiti na karti vrijeme za koje su podaci relevantni, jer su klizišta podložna promjenama.
- Također je potrebno imati na umu da je inventar klizišta odnosno karta inventara klizišta, jedno od najosnovnijih i najvažnijih podataka potrebnih za daljnje analize podloženosti na klizanje, hazarda klizanja i rizika klizanja.

6.3 Sintezna karta relativne opasnosti od klizišta

Za stereomodele iz 1964. i 1998 godine je procijenjena je relativna opasnost od klizišta prema kritrijima opisanim u poglavlju 4.2.2. Sintezna karta relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine je prikazana na slici 108. S obzirom da su podaci iz 1964. godine stariji, podaci iz 1998. godine se nalaze u prvom planu. Na karti je uočljivo da su procijenjene lokacije relativne opasnosti od klizišta pretežito u zoni izgrađenoj od inženjerskog tla s mekim stijenama, iako ih ima i u zoni izgrađenoj od stijena, ali općenito ih je manje, a klizišta su većih površina, što je za očekivati budući da se nalaze u terenima izgrađenim od stijena (odnosno u trošnoj zoni), sa strmijim padinama i šumskim pokrovom. Napravljena je detaljna analiza podataka o klizištima s procijenjenom srednjom i velikom relativnom opasnošću (532 odnosno 560 klizišta), a s obzirom na izraženost značajki klizišta koja su bila razmatrana na stereomodelima iz 1964. i 1998. godine.

Prema podacima o 532 klizišta identificirana prema stereomodelu iz 1964. godine relativna opasnost od klizišta je procijenjena za klizišta s: (i) jasno izraženim i djelomično izraženim značajkama u tijelu klizišta (517 klizišta ili 97,2% razmatranih klizišta); (ii) granicom klizišta izraženom više od 50% (505 klizišta ili 94,9% razmatranih klizišta); (iii) nožicom koja je uz ili u blizini vodotoka, ili nožicom na padini (511 klizište ili 96,1% razmatranih klizišta); (iv) položajem klizišta na padini strmog do umjerenog nagiba (514 klizište ili 96,6% razmatranih klizišta); i (v) niskom ili rijetkom vegetacijom, odnosno bez vegetacije, te za klizišta koja se potpuno ili djelomično nalaze u urbaniziranim područjima (416 klizišta ili 78,2% razmatranih klizišta).

Prema podacima o 560 klizišta identificirana prema stereomodelu iz 1998. godine relativna opasnost od klizišta je procijenjena za klizišta s: (i) jasno izraženim i djelomično izraženim značajkama u tijelu klizišta (519 klizišta ili 92,7% razmatranih klizišta); (ii) granicom klizišta izraženom više od 50% (522 klizišta ili 93,2% razmatranih klizišta); (iii) nožicom koja je uz ili u blizini vodotoka, ili nožicom na padini (558 klizište ili 99,6% razmatranih klizišta); (iv) položajem klizišta na padini strmog do umjerenog nagiba (542 klizišta ili 96,8% razmatranih klizišta); i (v) niskom ili rijetkom vegetacijom, odnosno bez vegetacije, te za klizišta koja se potpuno ili djelomično nalaze u urbaniziranim područjima (214 klizišta ili 38,2% razmatranih klizišta).



Slika 108 Sintezna karta procijenjene relativne opasnosti klizanja prema stereomodelima iz 1964. godine i 1998. godine za područje istraživanja na južnim obroncima Medvednice s prikazom klasifikacije klizišta utvrđenom pomoću AHP metode (detaljno opisano u poglavlju 4.2.2)

Kod procjene relativne opasnosti od klizišta za oba stereomodela vrijednosti za identificirane alternative su iznad 90%, što ujedno ukazuje na konzistentnost korištenih kriterija tijekom analize oba stereomodela. Jedino kod podataka vezanih uz pokrov zemljišta je prisutno veće odstupanje (78,2% za stereomodel iz 1964. godine i 38,2% za stereomodel iz 1998. godine), koje proizlazi iz područja obuhvata pojedinog stereomodela. Naime, stereomodel iz 1998. godine pokriva gotovo dvostruko veće područje od stereomodela iz 1964. godine (99,79 km^2 u odnosu na 54,14 km^2), a približno 20% područja obuhvata stereomodela iz 1998. godine pokriveno je šumom i nalazi se u PP Medvednica. Osim toga, stupanj urbanizacije je značajno povećan od 1964. do 1998. godine. Zaključci analize procijenjene relativne opasnosti od klizišta za područje istraživanja su sljedeći:

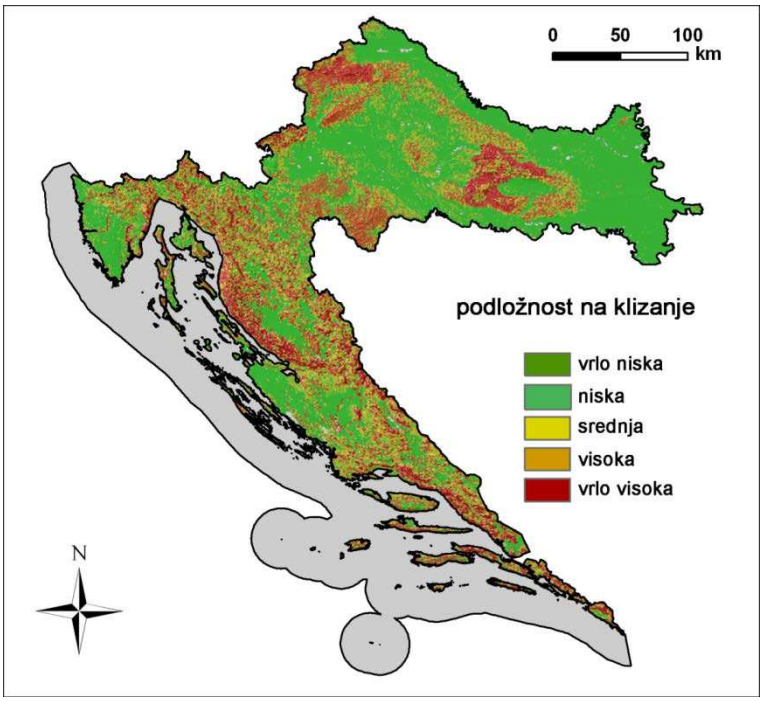
- s obzirom na izraženost značajki klizišta proizlazi da je relativna opasnost procijenjena za klizišta čije su značajke u tijelu i na granici izražene,
- s obzirom na topografiju lokacije, relativna opasnost je procijenjena za klizišta koja se nalaze na strmijim padinama uz čiju nožicu (ili u blizini) je i vodotok, te
- s obzirom na pokrov zemljišta relativna opasnost je procijenjena za klizišta koja se nalaze u potpuno ili djelomično urbaniziranim područjima, gdje postoje velike mogućnosti štetnog utjecaja ljudskih zahvata, ili su klizišta na terenima bez vegetacijskog pokrova, odnosno pokrivena su niskom ili rijetkom vegetacijom, što omogućava nepovoljan utjecajm atmosferilija (npr. zbog nereguliranog otjecanja padalina s prometnica).

Na sinteznoj karti procijenjene relativne opasnosti od klizišta je prikazana procijenjena relativna opasnost za oba stereomodela (Prilog 1). Prema stereomodelu iz 1964. godine relativno opasno je 55,3% klizišta na području obuhvata inventara, a prema stereomodelu iz 1998. godine relativno opasno je 45,6% klizišta na području obuhvata inventara, odnosno približno svako drugo klizište. Detaljna analiza usporedbe ovih podataka opisana je u poglavlju 5.4.3. Procijenjena relativna opasnost od klizišta je približno 10% manja za stereomodel iz 1998. godine. Glavni razlog niže procijenjene relativne opasnosti od klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine je taj što je broj klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1998. godine manji, u odnosu na broj klizišta identificiranih prema stereomodelu iz 1964. godine, što je izravna posljedica mjerila korištenih stereomodela.

6.4 Smjernice za izradu karte podložnosti na klizanje na južnim obroncima Medvednice

Standardizirana metoda procjene podložnosti na klizanje još uvijek nije dostupna, jer su metode izrade karte podložnosti na klizanje još uvijek u razvoju (*Chacon i dr., 2006*). Uz to nedostaju međunarodno prihvaćene klasifikacije i norme za izradu tematskih karata koje prikazuju podatke o klizištima. Jedinstvena međunarodna norma bila bi vrlo poželjna i korisna, jer bi omogućila kvalitetniju izradu karata, kao i njihovu usporedbu. Podložnost na klizanje nekog područja se može procijeniti različitim metodama koje su opisane u brojnim preglednim radovima, a najsveobuhvatniji pregled je dan u disertaciji *Guzzetti (2006)*. Prema najopćenitijoj podjeli, razlikuju se dvije skupine metoda zoniranja podložnosti na klizanje (*Mihalić, 1996; van Westen, 2002; van Westen i dr., 2003, 2008;*): (i) metode izravnog kartiranja koje se zasnivaju na subjektivnoj procjeni istraživača o razini podložnosti na klizanje na temelju izravnog uvida na terenu ili tijekom daljinskih istraživanja; (ii) metode neizravnog kartiranja unutar kojih se razlikuju statistički ili deterministički pristup, a provode se prostornim analizama uzroka klizanja i podataka o klizištima.

Najčešće korišteni podaci potrebni za procjenu podložnosti na klizanje su podaci o nagibu terena, vrsti stijena i pokrovu zemljišta (*Gunther i dr., 2013a, 2013b*). Ovo su ujedno i podaci koji su dostupni za većinu područja, te ne iziskuju dodatna istraživanja. Za pouzdanu procjenu podložnosti na klizanje također su nužni i podaci o klizištima u obliku karata inventara klizišta odgovarajućeg mjerila. Usprkos tome, karte podložnosti na klizanje moguće je napraviti i prostornim analizama dostupnih tematskih karata uzroka klizanja, a bez podataka o postojećim klizištima. Jedan od primjera je karta podložnosti na klizanje Europe (*eng. European Landslide Susceptibility Map, ELSUS1000*). Procjena podložnosti za klizanje s ove karte za područje Republike Hrvatske (*European Soil Portal, 2013*) prikazana je na slici 109. Na karti je prikazana prostorna vjerojatnost pojave klizišta u pet klasa opisana sljedećim terminima: vrlo niska, niska, umjerana, visoka, vrlo visoka. Ulazni podaci korišteni u izradi ove karte su bili podaci o nagibu terena, vrsti stijena i pokrovu zemljišta, a umjesto karte klizišta odgovarajućeg mjerila korištena je karta gustoće klizišta po županijama. Važno je napomenuti da je ovaj pristup izrazito neprecizan i predstavlja vrlo grubu procjenu koja se može tolerirati samo u vrlo sitnim mjerilima.



Slika 109 Podložnost na klizanje za Republiku Hrvatsku (prema *Gunther i dr., 2013a*)

Analize inventara klizišta izrađenih na temelju stereomodela iz 1964. i 1998. godine pokazuju da su kvalitetniji podaci dobiveni prema stereomodelu iz 1964. godine, jer su granice klizišta pouzdanije identificirane. S obzirom da ovaj inventar sadrži podatke o klizištima koja su postojala prije 50-ak godina, nužno ga je ažurirati novim podacima. U tu svrhu moguće je koristiti podatke o klizištima iz 1998. godine, ali uz provjeru pouzdanosti granica klizišta, a u odnosu na današnje stanje na istraživanom području. To uključuje provjeru svakog pojedinog klizišta na oba stereomodela i odabir pouzdane granice klizišta na temelju ovih karata i na temelju podataka prikupljenih na terenu tijekom 2012. i 2013. godine.

Pouzdanu kartu klizišta moguće je koristiti ili za izravnu procjenu podložnosti na klizanje, na način da se na temelju stereoskopske analize stereoparova odgovarajućeg mjerila izdvajaju geomorfološke jedinice, a koje će predstavljati kartografske jedinice po kojima će biti iskazana podložnost na klizanje. U ovom slučaju, podložnost na klizanje može se procijeniti subjektivno ili empirijski, uz moguće uvođenje sustava kriterija i njihovih težinskih vrijednosti. U skladu s metodom opisanom u ovom radu, također je moguće i korištenje i razvoj AHP kriterija za ovu namjenu, pri čemu iskustvo i analiza rezultata identifikacije preko 2.000 klizišta na istraživanom području, daju osnovne smjernice za razvoj kriterija AHP metode. Prednost razvoja ove metode bila bi što bi ona uključivala povijesne podatke o klizištima i cjeloviti uvid u povijesne podatke o postojećim klizištima tijekom

posljednjih 50 godina. Nedostatak je što u ovoj metodi nedostaju podaci o novim klizištima, što bi bilo nužno osigurati, a jedan od mogućih načina je analiza recentnog stereomodela.

7 ZAKLJUČAK

Mislim i mislim mjesecima i godinama.

Devedeset i devet puta je zaključak neispravan.

Stoti put sam u pravu.

Albert Einstein

(1879.-1955.)

Za istraživano područje na južnim obroncima Medvednice, površine 100 km^2, je provedena stereoskopska analiza klizišta prema stereomodelima iz 1964. i 1998. godine. Identificirana klizišta su klasificirana prema pouzdanosti identifikacije klizišta i prema mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta, a procijenjena je i relativna opasnost od klizišta. Klizišta su svrstana u klase temeljem ukupnog zbroja bodova dodijeljenih za relevantne parametre koji su tijekom stereoskopske analize bili procijenjeni i bodovani. Sustav bodovanja razrađen je pomoću AHP metode koja je omogućila, na temelju relativne važnosti, određivanje težinskih faktora odnosno bodovnih vrijednosti za svaki pojedinu razmatranu alternativu.

Za procjenu pouzdanosti identificiranih klizišta su bila korištena dva kriterija od kojih kriterij koji opisuje izraženost klizišta na fotografiji sadrži dva podkriterija (jedan za opis izraženosti značajki klizišta u tijelu klizišta, a drugi za izraženost granice klizišta), a kriterij koji opisuje pokrov zemljišta sadrži jedan podkriterij (za opis tipa pokrova). Svaki od navedenih podkriterija sadrži setove alternativa s bodovima određenim prema AHP metodi. Za procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta su bila korištena dva kriterija od kojih kriterij koji opisuje značajke okoliša u kojem se nalazi klizište sadrži dva podkriterija (jedan za opis nagiba padine, a drugi za značajke u nožici klizišta), a kriterij koji opisuje pokrov zemljišta sadrži jedan podkriterij (za opis tipa pokrova). Svaki od navedenih podkriterija sadrži setove alternativa s bodovima određenim prema AHP metodi, ali su bodovne vrijednosti različite nego kod određivanja pouzdanosti identificiranih klizišta jer je kod određivanja pouzdanosti važnija izraženost značajki klizišta na stereomodelu, a kod mogućnosti daljnjeg razvoja su važnije topografske karakteristike lokacije. Za procjenu relativne opasnosti od klizišta je bio korišten kriterij s dva podkriterija koji vrednuje dobivenu pouzdanost identificiranih klizišta i procjenu mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta. Svaki od ova dva navedena podkriterija sadrži setove alternativa s bodovima određenim prema AHP metodi.

Za područje istraživanja je izrađen inventar klizišta za svaki set stereoparova aerosnimki, što znači da je za stereomodel iz 1964. godine i stereomodel iz 1998. godine napravljena stereoskopska analiza prema gore navednim kriterijima. Na stereoparovima aerosnimki iz 1964. godine je identificirano 963 klizišta od kojih su 469 klizišta (ili 48,7%) pouzdano određena klizišta, odnosno, 327 klizišta (ili 33,9%) posjeduju mogućnost daljnjeg razvoja, a 532 klizišta (ili 55,2%) su procijenjena kao

relativno opasna. Na snimkama iz 1998. godine je identificirano 1.229 klizišta od kojih su 389 klizišta (ili 31,6%) pouzdano određena, 738 klizišta (ili 60,0%) posjeduju mogućnost daljnjeg razvoja, a 560 klizišta (ili 45,6%) su procijenjena kao relativno opasna. Prema tomu, na stereomodelu iz 1964. godine je svako drugo klizište pouzdano identificirano, svako treće klizište posjeduje mogućnost daljnjeg razvoja, a procijenjeno kao relativno opasno je svako drugo klizište, dok je na stereomodelu iz 1998. godine svako treće klizište pouzdano identificirano, tri od pet klizišta posjeduje mogućnost daljnjeg razvoja, a procijenjeno kao relativno opasno je svako drugo klizište. Razlike u pouzdanosti identifikacije klizišta proizlaze iz mjerila stereomodela (1:8.000 iz 1964. godine u odnosu na 1:20.000 iz 1998. godine). Razlike u mogućnosti daljnjeg razvoja klizišta proizlaze iz veličine područja obuhvata i različitosti inženjerskogeoloških uvjeta na području stereomodela: (i) približno 55 km^2 iz 1964. godine u odnosu na približno 100 km^2 iz 1998. godine; (ii) stereomodel iz 1998. godine obuhvaća i veće područje u PP Medvednica gdje su padine bitno strmije, dok je često u nožičnom dijelu padine prisutan i vodotok, te je onda ujedno i mogućnost daljnjeg razvoja klizišta veća. Procijenjena relativna opasnost od klizišta je približno ista za oba stereomodela.

Izrađeni inventari klizišta prema stereomodelima se mogu smatrati povijesnim inventarima s obzirom da je od 1964. godine prošlo 50-ak godina, a od 1998. godine 15-ak godina. S obzirom da klizišta imaju svoj vijek tijekom kojega se mijenja veličina i oblik površine zahvaćene klizanjem i stanje aktivnosti klizišta, ovi povijesni podaci su vrijedni kao izvor povijesnih podataka o klizištima koja i danas postoje. Inventar klizišta nužan je za analize podložnosti na klizanje krupnog mjerila, a također je koristan i za analize hazarda klizanja, jer daje podatke o povijesnoj vremenskoj komponenti određenog klizišta. Analize rizika klizanja su moguće tek na temelju pouzdanog inventara klizišta i karata zonacije podložnosti na klizanje i hazarda klizanja. Inventari klizišta su dakle, nužni prvi korak u svim daljnjim analizama opasnosti od postojećih ili potencijalnih klizišta.

Na temelju stereoskopske analize stereomodela i identifikacije klizišta prema kriterijima vrednovanim prema AHP metodi za istraživano područje izdvojeni su sljedeći najvažniji zaključci:

- Istraživano područje na južnim obroncima Medvednice obuhvaćeno stereomodelima dovoljno je fotogenično na snimcima mjerila 1:8.000, zbog čega je bilo moguće identificirati značajke klizišta važne za određivanje granica klizišta.
- Primjenom AHP metode i modifikacijom kriterija prema specifičnim značajkama klizišta i uvjeta u kojima su nastala, bilo je moguće klasificirati klizišta prema pouzdanosti identifikacije.
- Značajke u tijelu klizišta i značajke granica klizišta su vizualno najizraženije, te je na temelju njih, za većinu klizišta bilo moguće identificirati glavnu vlačnu pukotinu klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine.
- Značajke u nožici klizišta su važne za procjenu relativne opasnosti od klizišta. Jedan od primjera koji ovo potvrđuju je primjer i danas aktivnog klizišta Jelenovac čiju nožicu erodira potok. Potok nije vidljiv na fotografiji zbog bujne vegetacije na padinama, ali je na temelju morfologije terena, smjera pružanja doline, karakteristika hidrografske mreže i pokrova dobro procijenjeno da se u nožici klizišta nalazi potok, koji je naknadno i potvrđen na terenu, te je ispravno procijenjena i relativna opasnost.
- Morfologija padina je jasno vidljiva, što je osobito važno za procjenu mogućnosti daljnjeg širenja klizišta kod koje je najvažniji nagib padine, te njezin uzdužni profil s konkavnim gornjim dijelom i točkom infleksije na prijelazu u konveksni dio u donjem dijelu padine.
- Za istraživano područje je pogodna i primjena kriterija koji ocjenjuju pokrov zemljišta, a koji su vizualno lako prepoznatljivi na stereomodelima. Također, tip pokrova utječe na pouzdanost identifikacije klizišta (npr. šuma otežava identifikaciju klizišta, što je loše) i na mogućnost daljnjeg razvoja klizišta (npr. šuma smanjuje mogućnost daljnjeg razvoja, klizišta što je dobro). Tip pokrova je različito vrednovan prilikom stereoskopske analize, ovisno o tome što je bila svrha ocjene.

Nakon usporedbe izrađenih inventara na temelju stereomodela s postojećim povijesnim podacima je vidljivo sljedeće:

- Usporedba postojećih podataka o površinama klizišta iz 1979. godine i podataka dobivenih stereoskopskom analizom pokazala je da se u preklopu površina u

različitoj mjeri, nalazi približno svako drugo klizište u razmatranim analizama, što je relativno veliki udjel (35% do 65%).

- Površine klizišta identificiranih na temelju stereoskopske analize stereomodela su manje od površina klizišta prema postojećima povijesnim inventarima, što je u skladu sa svjetskim iskustvima.
- Orijentacija dužih osi identificiranih klizišta prema stereomodelima je generalno I-Z, dok je orijentacija dužih osi klizišta prema podacima iz povijesnih inventara najčešće S-J, što je posljedica korištene metode identifikacije klizišta u povijesnim inventarima.
- S obzirom na značajke istraživanog područja i veličine postojećih klizišta, za izradu karte inventara klizišta za područje Podsljemenske zone ili druga istovrsna područja uvjetno se mogu koristiti i stereomodeli srednjeg mjerila fotografija, što je potvrđeno rezultatima analiza stereoparova aerosnimki iz 1998. godine, ali uz određena ograničenja.
- AHP metoda je uspješno primjenjena za regionalno istraživanje klizišta na području Grada Zagreba.

S obzirom da je mjerilo stereomodela iz 1964. godine krupnije, dobiveni rezultati za stereomodel iz 1964. godine su kvalitetniji i precizniji. Preporuka je da se za zagrebačko područje i slične druge lokacije, s obzirom na izraženost i vidljivost značajki klizišta, te geološku građu i geomorfološke uvjete, koriste stereomodeli u mjerilu od 1:5.000 do 1:10.000, odnosno snimci krupnog i srednjeg mjerila. Moguće je koristiti i snimke srednjeg mjerila (do 1:25.000), ali je potrebno imati na umu i ograničenja mjerila, te da je rezultate analiza stereomodela srednjeg mjerila preopručljivo koristiti u kombinaciji s drugim metodama ili kao podatke koji nam daju općenitu informaciju o istraživanom području. Preporuka je da se napravi analiza detaljnijeg stereomodela za područje izgrađeno od stijena, odnosno sjeverni dio područja istraživanja koji je djelomično obuhvaćen stereomodelom iz 1998. godine, a nalazi se na području PP Medvednice. Također bi bilo korisno napraviti stereoskopsku analizu za cijelo područje istraživanja recentnog stereomodela, te analizirati te rezultate i usporediti ih s rezultatima prikazanim u ovom radu, a sa svrhom dobivanja boljeg uvida u mogućnost razvoja klizišta.

Važno je još naglasiti da je u izradi inventara klizišta metoda stereoskopske analize stereomodela i dalje najraširenija i najprihvaćenija metoda u svijetu. Za

područje istraživanja treba naglasti da se otprilike 40% područja nalazi u Parku prirode Medvednica, a otprilike 75% područja se nalazi unutar obuhvata GUP-a Zagreba. Na području Parka prirode Medvednica je promjena postojeće namjene zemljišta neznatna u razdoblju od posljednjih 50 godina, što se pozitivno odražava na vidljivost klizišta. Također je i relativna važnost inventara klizišta za to područje manja, ali je ipak nužna kao važan podatak o ograničenjima i potencijalnim opasnostima u prostoru. Najveći dio istraživanog područja nalazi se unutar zone IIa (približno 60%) koja je 2008. godine (*Jurak i dr., 2008*) identificirana kao zona za koju je potrebno izraditi inventar klizišta, zbog toga što je urbanizirana, te zbog procjene mogućih nepovoljnih utjecaja urabanizacije na nastanak klizišta i obrnuto. Analizom starijih generacija stereoparova aerosnimki moguće je izraditi karte inventara klizišta za različita razdoblja i prikupiti podatke koji su inače nedostupni zbog promjena na površini terena uslijed brojnih prirodnih i antropogenih procesa. To je bio i jedan od postavljenih ciljeva disertacije: izrada karte inventara klizišta s pratećom bazom podataka za više generacija, te mogućnost korištenja ovako dobivenih povijesnih podataka. Potvrđene su i glavne hipoteze rada, te su i postignuti rezultati na području istraživanja primjenjivi za buduća istraživanja koja će se zasnivati na mogućnostima identifikacije klizišta stereoskopskom analizom stereomodela i primjenom AHP metode za klasifikaciju klizišta na području Grada Zagreba. Također stečeno iskustvo i korištene kriterije je moguće primjeniti i na drugim područjima s istim ili sličnim uvjetima u kojima nastaju klizišta.

Tijekom posljednjih 50-ak godina sve veća pažnja se posvećuje istraživanjima vezanim uz klizišta, te je problematika vezana uz njih i danas prisutna na području Grada Zagreba, a u najvećoj mjeri uslijed urbanizacije obronaka Medvednice. Kada se uzme u obzir i duga povijest registriranih klizišta, njihov veliki broj (više stotina) i nepostojanje odgovarajuće podloge za urbanističko planiranje, jasno je da su znanstvena istraživanja klizišta na području Podsljemenske zone nužna za razvoj racionalnih metoda kojima je moguće polučiti pouzdane rezultate. Također, detaljna geomorfološka vizualna identifikacija značajki klizišta na temelju stereomodela više generacija za područje obuhvata od skoro 100 km^2 do danas nije primijenjivana u Republici Hrvatskoj, kao niti AHP metoda u procjeni izraženosti značajki klizišta. U ovom radu dobiveni inventari klizišta i karte inventara klizišta mogu poslužiti, kao ulazni podatak za izradu karte podložnosti na klizanje na južnim obroncima

Medvednice ili kao model za kalibraciju ulaznih podataka kod izrade karte podložnosti na klizanje, odnosno kao ulazni podaci za daljnje analize vezane uz istraživanje klizišta na području južnih obronaka Medvednice ili istovrsnim područjima.

8 LITERATURA

1. Abella, E., A., C. (2008): Multi-scale landslide risk assessment in Cuba. Doctoral thesis, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands, 293 p
2. Abella, E., A., C., van Westen, C., J. (2007): Generation of a landslide risk index map for Cuba using spatial multi-criteria evaluation. Landslides, 4:311-325 pp
3. Allum, J., A., E., (1966): Photogeology and Regional Mapping. Pergamon Press, Oxford, 107 p
4. Antonini, G., Ardizzone, F., Cardinali, M., Galli, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (2002): Surface deposits and landslide inventory map of the area affected by the 1997 Umbria-Marche earthquakes. Bolletino della Societa Geologica Italiana 121(2):843-853 pp
5. Antonini, G., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P., Sorrentino, A. (1993): Carta inventario dei fenomeni franosi della Regione Marche ed aree limitrofe. CNR, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle catastrofi Idrogeologiche, Publication 580, 2 sheets, scale 1:100.000
6. Ardizzone, F., Cardinali, M., Galli, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (2007): Identification and mapping of recent rainfall-induced landslides using elevation data collected by airborne LiDAR. Natural Hazards and Earth System Sciences, 7(6):637-650 pp
7. Balteanu, D., Chendes, V., Sima, M., Enciu, P. (2010): A country-wide spatial assessment of landslide susceptibility in Romania. Geomorphology, 124:102-112 pp
8. Bell, F., G. (2003): Geological hazards: Their assessments, avoidance and mitigation. E&FN Spon Press, London, 648 p
9. Bennet, M., R., Doyle, P. (1997): Environmental geology: Geology and the human environment. John Wiley & Sons, Inc., New York, 501 p
10. Bernat, S., Mihalic Arbanas, S., Krkac, M. (2014): Landslides triggered in the continental part of Croatia by extreme precipitation in 2013. Proceedings of IAEG XII Congress - Torino, u postupku objavljivanja

11. Bobrowsky P., Highland, L., M. (2008): The landslide handbook – A guide to understanding landslides. USGS, Reston, Virginia, 60 p
12. Borga, M., Dalla Fontana, G., Cazorzi, F. (2002): Analysis of topographic and climatic control on rainfall-triggered shallow landsliding using a quasi-dynamic wetness index. Journal of Hydrology, 268:56-71
13. Brabb, E., E. (1991): The world landslide problem. Episodes, 14(1):52-61 pp
14. Brabb, E., E., Pampeyan E., H. (1972): Preliminary map of landslide deposits in San Mateo county. California. U.S. Geological Survey, Miscellaneous Field Studies, Map MF-344, scale 1:62.500
15. Brabb, E., E., Pampeyan E., H., Bonillla, M., G. (1972): Landslide susceptibility in San Mateo County, California. U.S. Geological Survey, Miscellaneous Field Studies, Map MF-360, scale 1:62.500 (reprinted in 1978)
16. Brabb, E., E., Wieczorek, G., F., Harp, E., L. (1989): Map showing 1983 landslides in Utah. U.S. Geological Survey Miscellaneous Field Studies, Map MF-1867
17. Brardinoni, F., Church, M. (2004): Representing the landslide magnitude-frequency relation: Capilano River basin, British Columbia, Earth Surface Processes and Landforms, 29(1):115-124 pp
18. Brardinoni, F., Slaymaker, O., Hassan, M., A. (2003): Landslide inventory in a rugged forested watershed: A comparison between air-photo and field survey data. Geomorphology 54(3-4):179-196 pp
19. Brundsen, D. (1985): Landslide types, mechanisms, recognition, identification: Landslides in the South Wales Coalfield. Proceedings Symposium (Morgan ed.), The Polytechnic of Wales, 19-28 pp
20. Brundsen, D. (1993): Mass movements – the research frontier and beyond: A geomorphological approach. Geomorphology, 7:85-128 pp
21. Cardinali, M., Antonini, G., Reichenbach, P., Guzzetti, F. (2001): Photo geological and landslide inventory map for the Upper Tiber River basin. CNR, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, Publication 2116, scale 1:100.000
22. Cardinali, M., Ardizzone, F., Galli, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (2000): Landslide triggered by rapid snow melting: The December 1996-January 1997 event in central Italy. Claps, P. & Siccardi F. (eds.), Proceedings of the 1st Plinius Conference, Maratea, bios Publisher, Cosenza, 439-448 pp

23. Cardinali, M., Carrara, A., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (2002): Landslide hazard map for the Upper Tiber River basin. CNR, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, Publication 2634, scale 1:100.000
24. Cardinali, M., Galli, M., Guzzetti, F., Ardizzone, F., Reichenbach, P., Bartoccini, P. (2006): Rainfall induced landslides in December 2004 in south-western Umbria, central Italy: Types extent, damage and risk assessment. Natural Hazards and Earth System Sciences, 6:237-260 pp
25. Cardinali, M., Guzzetti, F., Brabb, E., E. (1990): Preliminary map showing landslide deposits and related features in New Mexico. U.S. Geological Survey Open File Report, 90:293, 4 sheets scale 1:500.000
26. Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (1995): GIS technology in mapping landslide hazard. Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazard, Carrara, A., Guzzetti, F., eds.,Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 177-198 pp
27. Cesarec, M., Polak, K. (1986); Problematika zagrebačkih klizišta. Zbornik stručnih i znanstvenih radova objavljenih u 1986. godini, Zagreb, 225-242
28. Chacon, J., Irigaray, C., Fernandez, T., El Hamdouni, R. (2006): Engineering geology maps: Landslides and geographical information systems. Springer, Germany, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 65(4):343-411 pp
29. Cornforth, D., H., (2005): Landslides in practice: Investigation, analysis, and remedial/preventative options in soils, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 596 p
30. Cruden, D., M., Fell, R., eds. (1997): Landslide Risk Assessment – Proceedings of the International Workshop on Landslide Risk Assessment. Honolulu, USA, 371 p
31. Cruden, D., M., Varnes, D., J. (1996): Landslide types and processes, Landslides, Investigation and Mitigation. Turner & Schuster (eds.), Special Report 247, Transportation research Board, Washington D.C.m, 36-75 pp
32. De Blasio, F., V., (2011): Landslides in Valles Marineris (Mars): A possible role of basal lubrication by sub-surface ice. Planetary and Space Science, 59:1384-1392 pp
33. Decker, K., Peresson, H. (1996): Tertiary kinematics in the Alpine-Carpathian-Pannonian system: Links between thrusting, transform faulting and crustal

extension. Wassely, G. & Liebl, W. (eds.), Oil and Gas in Alpidic Thrustbelts and Basins of Central and Eastern Europe, EAGE Spec. Publ., (5):69-77 pp

34. Dikau, R., Brundsen, D., Schrott, L., Ibsen, M., L., eds. (1996): Landslide Recognition Identification, Movements and Causes. John Wiley & Sons, Chicester, England, 251 p
35. Dobrovolny, E. (1971): Landslide susceptibility in and near anchorage as interpreted from topographic and geologic maps. The great Alaska earthquake of 1964 Geology volume, Publication 1603, U.S. Geological Survey Open-file Report 86-329, National Research Council, Committee on the Alaska Earthquake, National Academy of Sciences, USA, 735-745 pp
36. Duman, T., Y., Can, T., Emre., O., Kecer., M., Dogan, A., Serafettin, A., Serap, D. (2005): Landslide inventory of northwestern Anatolia, Turkey. Engineering Geology, 77(1-2):99-114 pp
37. Einstein, H., H. (1988): Special lecture landslide risk assessment procedure. Proceedings of the 5th ISL Lausanne, 2:1075-1090 pp
38. Evans, N., C., King, J., P. (1998): The natural terrain landslide study: Debris avalanche susceptibility. Technical note TN 1/98, Planning Divison, Geotecnical Engineering Office, Civil Engineering Department, Hong Kong, 96 p
39. Evans, N., C., Huang, S., W., King, J., P. (1997): The natural terrain landslide study phases 1 & 2. Special Project Report, SPR 5/97, Planning Divison, Geotecnical Engineering Office, Civil Engineering Department, Hong Kong, 119 p
40. Fell, R. (1994): Landslide risk assessment and accetable risk. Canadian Geotech Journal, 31:261-272 pp
41. Fell. R., Corominas., J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W., Z., (2008): Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Engineering Geology, Elsevier, 102:85-98 pp
42. Figuera, J.,Greco, S., Ehrgott, M., eds. (2005): Multiple Criteria Decision Analysis. State of the Art Surveys, New York, Springer, 1048 p
43. Fijember, M. (1951): Iskustva sanacija klizišta na zagrebačkoj terasi. Građevinar, Zagreb, 3:17-35
44. Fiorucci, F., Cardinalli, M., Carla, R., Rossi, M., Mondini, A., C., Santurri, L., Ardizzone, F., Guzzetti, F., (2011): Seasonal landslides mapping and

estimation of landslide mobilization rates using aerial and satellite images. Geomorphology, 129(1-2):59-70 pp

45. Fookes, P., G., Lee, E., M., Griffiths, J., S. (2007): Engineering geomorphology – Theory and practice. Whittles Publishing, Dunbeath, Scotland, 281 p
46. Frattini, P., Crosta, G., B., Fusi, N., Dal Negro, P. (2004): Shallow landslides in pyroclastic soils: A disturbed modelling approach for hazard assessment. Engineering Geology, 73(3-4):277-295 pp
47. Fuji, Y. (1969): Frequency distribution of landslides caused by heavy rainfall. Journal Seismological Society Japan, 22:244-247
48. Galli, M., Ardizzone, F., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (2008): Comparing landslide inventory maps. Geomorphology, 94:268-289 pp
49. Glade, T., Anderson, M., Crozier, M., J., (eds.) (2007): Landslide hazard and risk. John Wiley & Sons, Inc., Chichester, 801 p
50. Gritzner, M., L., Marcus, W., A., Aspinall, R., Custer, S., G. (2001): Assessing landslide potential using GIS, soil wetness modeling and topographic attributes, Payette River, Idaho. Geomorphology, 37(1-2):149-165 pp
51. Gulam, V. (2012): Erozija ogolina u flišu središnje Istre. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 276 str.
52. Gunther, A., van Den Eeckhaut, M., Malet, J., P., Reichenbach, P., Hervas, J. (2013a): European Landslide Susceptibility Map (ELSUS1000) Version 1 Methodology. Technical note, Eurpean soil portal, 3 p
53. Gunther, A., Reichenbach, P., Malet, J., P., van Den Eeckhaut, M., Hervás, J., Dashwood, C., Guzzetti, F. (2013b); Tier-based approaches for landslide susceptibility assessment in Europe. Landslides, 10(5):529-546 pp
54. Guthrie, R., H., Evans, S., G., (2004a): Magnitude and frequency of landslides tiggered by a storm event. Loughborough Inlet, British Columbia, Natural Hazards and Earth System Science, 4:475-483 pp
55. Guthrie, R., H., Evans, S., G., (2004b): Analysis of landslide frequencies and characteristics in a natural system, coastal British Columbia. Earth Surface Processes and Landforms, 29(11):1321-1339 pp
56. Guzzetti, F. (2006): Landslide hazard and risk assessment. Doctoral thesis, University of Bonn, Germany, 389 p

57. Guzzetti, F., Cardinali, M. (1989): Carta inventario dei fenomeni franosi della Regione dell'Umbria ed aree limitrofe. CNR, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle catastrofi Idrogeologiche, Publication 204, 2 sheets, scale 1:100.000
58. Guzzetti, F., Cardinali, M. (1990): Landslide inventory map of the Umbria region, Central Italy. Cancelli (ed.), Proceedings ALPS 90 6th International Conference and Field Workshop on Landslides, Ricerca Scientifica ed Educazione Permanente, Universita degli Studi di Milano, Milano, Italy, 273-284 pp
59. Guzzetti, F., Ardizzone, F., Cardinali, M., Galli, M., Reichenbach, P. (2008): Distribution of landslides in the Upper Tiber River basin, central Italy. Geomorphology, 96:105-122 pp
60. Guzzetti, F., Ardizzone, F., Cardinali, M., Galli, M., Rossi, M., Valigi, D. (2009): Landslide volumes and landslide mobilization rates in Umbria, central Italy. Earth and Planetary Sciences Letters, 279:222-229 pp
61. Guzzetti, F., Cardinali, M., Reichenbach, P. (1996): The infulence of structural setting and lithology on landslide type and pattern. Enviromental and Engineering Geoscience, 2(4):531-555 pp
62. Guzzetti, F., Cardinali, M., Reichenbach, P., Carrara, A. (2000): Comparing landslide maps: A case study in the upper Tiber River basin, central Italy. Environmental Management, 25(3):247-363 pp
63. Guzzetti, F., Cardinali, M., Reichenbach, P., Cipolla, F., Sebastiani, C., Galli, M., Salvati, P. (2004): Landslide triggered by the 23rd November 2000 rainfall event in the Imperia Province, Western Liguria, Italy. Engineering Geology, 73(2):229-245 pp
64. Guzzetti, F., Galli, M., Reichenbach, P., Ardizzone, F., Cardinali, M. (2006a): Landslide hazard assessment in the Collazzone area, Umbria, central Italy. Natural Hazards and Earth System Sciences, 6:115-131 pp
65. Guzzetti, F., Malamud, B., D., Turcotte, D., L., Reichenbach, P. (2002): Power-law correlations of landslide areas in central Italy. Earth and Planetary Science Letters, 195:169-183 pp
66. Guzzetti, F., Mondini, A., C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo M., Kang-Tsung, C. (2012): Landslide inventory maps: New tools for an old problem. Earth Science Reviews, 112:42-66 pp

67. Guzzetti, F., Reichenbach, P., Ardizzone, F., Cardinali, M., Galli, M., (2006b): Estimating the quality of landslide susceptibility models. Geomorphology, 81:166-184 pp
68. Guzzetti, F., Reichenbach, P., Cardinali, M., Galli, M., Ardizzone, F. (2005): Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale. Geomorphology, 72:272-299 pp
69. Haneberg, W., C., Cole, W., F., Kasali, G. (2009): High-resolution LiDAR-based landslide hazard mapping and modeling. USCF Parnassus Campus, San Francisco, USA, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 68:263-276 pp
70. Hansen, A. (1984a): Engineering geomorphology: The application of an evolutionary model of Hong Kong. Zeitschrift fur Geomorphologie, 51:39-50 pp
71. Hansen, A. (1984b): Strategies for classification of landslides. Slope instability, Wiley, Brundsen and Prior (eds.), New York, 523-602 pp
72. Hartlen, J., Viberg, L. (1988): General report: Evaluation of landslide hazard. Proceedings of the 5th ISL Lausanne, 2:1037-1057 pp
73. Herak, D., Herak, M., Tomljenović, B. (2009): Seismicity and earthquake focal mechanisms in North-Western Croatia. Tectonophysics, 465(1-4): 212-220 pp
74. Herak, M. (2006): Medvednica – Zagonetno Zagrebačko gorje. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti i Hrvatski geološki institut, Zagreb, 195 str.
75. Herak, M., Herak, D., Markušić, S. (1996): Revision of the earthquake catalogue and seismicity of Croatia in period of 1908-1992. Terra Nova, 8:86-94 pp
76. Hovius, N., Stark., C., P., Allen, P., A. (1997): Sediment flux from a mountain belt derived by landslide mapping. Geology, 25:231-234 pp
77. Hovius, N., Stark., C., P., Hao-Tsu, C., Jinn-Chuan, L. (2000): Supply and removal of sediment in a landslide-dominated mountain belt: Central Range, Taiwan. Journal of Geology, 108:73-89 pp
78. Hummel, J., M., Omta, S., W., F., van Rossum, W., Verkerke, G., J., Rakhorst, G., (1998): Tha analytic hierarchy process: An effective tool for a strategic decision of a multidisciplinary research center. Knowl. Technol. Policy, 11:41-63 pp

79. Jibson, R., W., Harp, E., L., Michael, J., A. (1998): A method for producing digital probabilistic seismic landslide hazard maps. Open-file report 98-113. Department of Interior, USGS, USA 17 p
80. Jurak, V., Matković, I., Miklin, Ž., Cvijanović, D. (1998): Landslide hazard in the Medvednica submountain area under dynamic conditions. XIth Danube-European Conference on Soil Mechanics And Geotechnical Engineeering, Geotechnical hazards, Poreč, 827-834 pp
81. Jurak, V., Mihalić, S. (1995): Zoniranje područja Zagreba na osnovne geotehničke sredine. Priopćenja 2. Savjetovanja HDMTT-a, Geotehnički problemi u urbanim sredinama, Knjiga 1, Varaždin, 429-439
82. Jurak, V., Ortolan, Ž., Ivšić, T., Herak, M., Šumanovac, F., Vukelić, I., Jukić, M., Šurina, Z. (2008): Geotehničko i seizmičko mikrozoniranje grada Zagreba – pokušaji i ostvarenje. Zbornik radova s konferencije razvitak Zagreba, Zagreb, 99-108
83. Korup, O., (2005): Geomorphic imprint of landslides on alpine river systems, southwest New Zealand. Earth Surface Processes and Landforms, 30:783-800 pp
84. Lan, H., X., Zhou, C., H., Wang, L., J., Zhang, H., J., Li, R., H. (2004): Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang watershed, Yunnan, China. Engineering Geology, 20:55-66 pp
85. LaPrade, G., L. (1972): Stereoscopy: A More general theory. Photogrammetric Engineering, 38(12): 1177-1187 pp
86. Larsen, J., L., Montgomery, D., R., Korup, O., (2010): Landslide erosion controlled by hill slope material. Nature Geoscience 3:247-251 pp
87. Lave, J., Burbank, D. (2004): Denudation processes and rates in the Transverse Ranges, southern California: Erosional response of a transitional landscape to external and anthropogenic forcing. Journal of Geopysical Research, 109:F01006-1-31
88. Liu, J., G., Mason, J. (2009): Essential image processing and GIS for remote sensing, John Wiley & Sons, Inc., Chichester, 444 p
89. Ma, F., Wang, R., Yuan, R., Zhao, H., Guo, J. (2013): Application of analytical hierarchy process and least-square method for landslide susceptibility assessment along the Zhong-Wu natural gas pipeline. China, Landslides, 10(4):481-492 pp

90. Macpinlac, O., T., Chua, L., M., H., Dizon, Jr., R., E. (2010): Landslide susceptibility analysis of Antipolo city, Rizal, using Analytical Hierarchy Process. Lecture in Power Point Presentation, 35 slides
91. Malamud, B., D., Turcotte, D., L. (1999): Self-organized criticality applied to natural hazards. Natural Hazards, 20(2):93-116 pp
92. Malamud, B., D., Turcotte, D., L., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (2004a): Landslides, earthquakes and erosion. Earth and Planetary Science Letters, 229:45-59 pp
93. Malamud, B., D., Turcotte, D., L., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (2004b): Landslide inventories and their statistical properties. Earth Surface Processes and Landforms, 29(6):687-711 pp
94. Marinoni, O., Lang, S., Lerch, C., Hoppe, A. (2005): Sustainable land-use decision making from the geological point of view: An example for the use of geo-resources in metropolitan area. ISAHP2005, Honololu, Hawai, 9 p
95. Marques, G., N., Zuquette, L., V. (2006): Application of the AHP for the selection of sites for sanitary landfill. IAEG paper 127, 11 p
96. Martin, Y., Rood, K., Schwab, J., W., Church, M. (2002): Sediment transfer by shallow landsliding in the Queen Charlotte Islands, British Columbia. Canadian Journal of Eearth Sciences, 39(2):189-205 pp
97. McCalpin, J. (1984): Preliminary age classification of landslides for inventory mapping, Proceedings 21st annual Engineering Geology and Soils Engineering Symposium. University Press, Moscow, Idaho, 99-111 pp
98. Mihalić Arbanas, S., Arbanas, Ž., eds. (2013): Landslide and flood hazard assessment. Abstract proceedings on 1st Regional Symposium on landslides in the Adriatic-balkan Region and 3rd Workshop of the Croatian-japanese Project „Risk identification and Land-Use Planning for Disaster mitigation of Landslides and Floods in Croatia, March 6-9, Zagreb, Croatia, Emergency Management Office, City of Zagreb 85 p
99. Mihalić Arbanas, S., Arbanas, Ž., Bernat, S., Krkač, M., Kalinić, P., Martinović, K., Fabris, N., Sajko, J., Antolović, A. (2014):Upravljanje kriznim situacijama uslijed pokretanja klizišta. Zbornik radova V. konferencije Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, u postupku objavljivanja
100. Mihalić Arbanas, S., Krkač, M., Bernat, S., Arbanas, Ž. (2012): Use of existing data in the City of Zagreb (Croatia, Europe) for the purpose of geo-planning.

Proceedings of the Advances in Underground Space Development of the 13th World Conference of ACUUS 07-09.11.2012 Singapore, Zhou, Y., Cai, J., Sterling, R. (eds.), Singapore, Research Publishing, 465-477 pp

101. Mihalić, S. (1996): Zoniranje po opasnosti od klizanja – hazard i rizik. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudrasko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 71 str.
102. Mihalić, S. (1998): Recommendations for Landslide Hazard and Risk Mapping in Croatia. Geologia Croatica, Journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society, Zagreb, 51(2): 195-204 pp
103. Mihalić, S., Bernat, S., Hamasaki, E., Gerber, N. (2011): Historical landslides in the City of Zagreb: Landslide distribution analysis and 3D modeling of typical landslides in ADCALC3D. Proceedings of the 2nd Japanese-Croatian Project Workshop, Ožanić, N., Arbanas, Ž., Mihalić, S., Hideaki, M., eds., Rijeka, Sveučilište u Rijeci, 122-126
104. Miller, C., I. (1960): Vertical exaggeration in the stereo-space image and its use. Photogrammetric Engineering, 26(5): 815-818 pp
105. Miller, C., V., (1961): Photogeology. McGraw Hill Book Company Inc., New York, 248 p
106. Miklin, Ž., Ortolan, Ž., Jurak., V. (2010): Liquid limit – reliable indicator of the shear strength and its influence on sliding hazard. 11th Congress of the IAEG, Geologically Active, Taylor & Francis Group, London, 8pp
107. Miyagi, T., Prasad, B., G., Tanavud, C., Potichan, A., Hamasaki, E. (2004): Landslide Risk Evaluation and Mapping – Manual of Aerial Photo Interpretation for Landslide Topography and Risk Management. Report of the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, (66):75-137 pp
108. Morgan, B., W. (1968): An introduction to Bayesian statistical decision process. Prentice-Hall, New York, 116 p
109. Morgan, G., C., Rawlings, G., E., Sobkowicz, J., C. (1992): Evaluating total risk to communities from large debris flows. Geotechnique and natural hazard, Proceedings of the 1992nd symposium on geohazard, Biotech, Toronto, 225-236 pp

110. Nagel, S., S., Mills, M., K. (1990): Multi-Criteria Methods for Alternative Dispute Resolution: With Microcomputer Software Applications. Quorum Books, New York, 288 p
111. Nichol, E., J., Shaker, A., Wong, M., S. (2006): Application of high-resolution stereo satellite images to detailed landslide hazard assessment. Geomorphology, 76:68-75 pp
112. Nie, H., F., Diao, S., J., Liu, J., X., Huang, H. (2001): The application of remote sensing tecnique and AHP-Fuzzy method in coprehensive analysis assessment for regional stability of Chongquing city, China. 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5-9 November 2001, Singapore, 6 p
113. Nonveiller, E. (1987): Kliženje i stabilizacija kosina. Školska knjiga, Zagreb, 204 str.
114. Nonveiller, E., Klemenčić, B., Lorencin, Lj., Polak, K. (1971): Klizište Jelenovac u Zagrebu. Građevinar, 23/11:362-367
115. Ohmori, H., Hirano, M. (1988): Magnitude, frequency and geomorphological significance of rocky mud flows, landcreep and the collapse of steep slopes. Zeiscrift für Geomorphologie, 67:55-65 pp
116. Ohmori, H., Sugai, T. (1995): Toward gemorphometric models for estimating landslide dynamics and forecasting landslide occurence in Japanese mountains. Zeiscrift für Geomorphology, 101:149-164 pp
117. Ortolan, Ž. (1996): Formiranje prostornog inženjerskogeološkog modela dubokog klizišta s više kliznih ploha (Primjer klizište Kostanjek). Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološki-naftni fakultet, Zagreb, 236 str.
118. Ortolan, Ž., Jurak, V., Ivšić, T., Herak, M., Vukelić, I. (2008): Geotehničke okolnosti – rubni uvjet održivog razvitka „Podsljemenske urbanizirane zone“. Zbornik radova s konferencije razvitak Zagreba, Zagreb, 273-284
119. Paine, D., P., Kiser, J., D. (2012): Aerial photogrametry and image interpretation. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 629 p
120. Panjukov, P., N. (1965): Inženjerska geologija. Izdavačko preduzeće građevinska knjiga, Beograd, 268 str.
121. Parker, R., N., Densmore, A., L., Rosser, N., J., de Michele, M., Li, Y., Huang, R., Whadcoat, S., Petley, D., N. (2011): Mass wasting triggered by the 2008 Wenchuan earthquake is greater than orogenic growth. Nature Geoscience, 4(7):449-452 pp

122. Parker, S., P. (2002): Dictionary of Scientific and Technical Terms. Higher education, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, 2380 p
123. Pašek, J. (1975): Landslide inventory. International Association Engineering Geologist Bulletin, (12):73-74 pp
124. Pelletier, J., D., Malamud, B., D., Blodgett, T., Turcotte, D., L. (1997): Scale-invariance of soil moisture variability and its implications for the frequency-size distribution of landslides. Engineering Geology, 48:255-268 pp
125. Pike, R., J. (1988): The geometric signature: Quantifying landslide-terrain types from digital elevation models. Mathematical Geology, 20(5):491-511 pp
126. Pletikosić, N. (2011): Inženjerski tipovi koherentnih i nekoherentnih tala neogenske i kvartarne starosti na području odabranih slivova u Podsljemenskoj zoni. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 81 str., 4 priloga
127. Podolszki, L., Ferić, P., Miyagi, T., Yagi, H., Hamasaki, E., Mihalić, S. (2012): Aerial photo interpretation of landslides for the purpose of landslide inventory mapping in the area of the City of Zagreb. Monitoring and analyses for disaster mitigation of landslides, debris flow and floods, Proceedings of the 2nd Japanese-Croatian Project Workshop, Ožanić, N., Arbanas, Ž., Mihalić, S., Hideaki, M., (ur.), Rijeka, Sveučilište u Rijeci, 126-130 pp
128. Podolszki, L., Mihalić Arbanas, S., Arbanas, Ž., Miklin, Ž., Martinčević, J. (2014): Overview of historical landslide inventories in the Podsljeme Area, Zagreb. Proceedings of 1st ReSyLAB and 3rd Workshop of the Croatian-Japanese Project, u postupku objavljivanja
129. Prelogović, E., Jamičić, D., Aljinović, B., Velić, J., Saftić, B., Dragaš, M. (1995): Dinamika nastanka struktura južnog dijela Panonskog bazena. Zbornik radova, Knjiga 2, I. Hrvatski geološki kongres, Opatija, 481-486
130. Prelogović, E., Saftić, B., Kuk, V., Velić, J., Dragaš, M., Lučić, D. (1998): Tectonic activity in the Croatian part of the Pannonian basin. Tectonophysics, (297)283-293
131. Quantin, C., Allemand, P., Delacourt, C. (2004): Morphology and geometry of Valles Marineris landslides. Planetary and Space Science, 52(11):1011-1022 pp
132. Radbruch, D., H. (1970): Map of relative amounts of landslides in California. U.S. Geological Survey Open-file Report 70-1485, 36 pp, Map scale 1:500.000

133. Radbruch, D., H., Colton, R., B., Davies, W., E., Lucchita, I., Skipp, B., A., Varnes, D., J. (1982): Landslide overview map of the conterminous United States. U. S. Geological Survey Professional Paper 1183, 25 p
134. Ray, R., G., (1960): Aerial photographs in geological interpretation and mapping. Geological Survey Professional Paper, Washington, USA, 373:320 p
135. Refice, A., Capolongo, D. (2002): Probabilistic modelling of uncertanities in earthquake-induced landslide hazard assessment. Computer Geosciences, 28:735-749 pp
136. Rib, H., T., Liang, T. (1978): Recognition and identification, Landslide Analysis and Control. Schuster & Krizek, eds., Transportation Research Board Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington, 34-80 pp
137. Saaty, T., L. (1980): The analytic hierarchy process: Planing priority setting resource allocation. McGraw Hill International Book Company, New York, 287 p
138. Saaty, T., L. (1990): The analytic hierarchy process. 2nd edition RWS Publications, Pittsburg, 286 p
139. Saaty, T., L. (2006): Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy network processes. European of Operational Research, 168:557–570 pp
140. Saaty, T., L. (2008): Decision making with the Analytic Hierarchy Process. International Journal of Services Sciences, Online Edition, Paperback (1-1):83-97 pp
141. Saaty, T., L., Vargas, L., G. (1991): Prediction, projection and forecasting. Kluwer Academic Publications, Boston 251 p
142. Sasaki, Y., Abe, M., Hirano, I. (1991): Fractal of slope failure size-number distribution. Journal of the Japan Society of Engineering Geology, 32(3):1-11 pp
143. Sassa, K., He, B., McSaveney, M., Nagai, O., eds. (2013): ICL Landslide teaching tools. International Consortium on Landslides, UNESCO-KU-ICL-UNITWIN Cooperation Programme & SATREPS, 411 p
144. Sidle, R., C., Ochiai (2006): Landslides: Processes, Prediction and Land Use. Water Resources Monograph 18, American Geophysical Union, Washington, 312 p

145. Speight, J., G., (1977): Landform pattern description from aerial photographs. Photogrammetry, 32:161-182 pp
146. Spiker, E., C., Gori, P., L. (2000): National landslides hazads mitigation strategy: A framework for loss reduction. Open-file report 00-450, Department of Interior, U.S. Geological Survey, USA, 49 p
147. Spiker, E., C., Gori, P., L. (2003a): Partnership for reducing landslide risk: Assessment of the national landslides hazards mitigation strategy. The National Academy of Sciences Press, Washington, DC 54 p
148. Spiker, E., C., Gori, P., L. (2003b): National landslides hazads mitigation strategy: A framework for loss reduction. U.S. Geological Survey Circular 1244., U.S. Department of Interior, U.S.G.S. Reston, Virginia, 56 p
149. Stanić, B., Nonveiller, E. (1996): The Kostanjek landslide in Zagreb. Engineering geology, 42:269-283 pp
150. Stark, C., P., Hovius, N. (2001): The characterization of landslide size distributions. Geophysics research Letters, 28:1091-1094 pp
151. Sugai, T., Ohmori, H., Hirano, M., (1994): Rock control on magnitude frequency distributions of landslides. Transactions Japan Geomorphology Union, 15:233-251 pp
152. Šikić, K. (1995): Geološki vodič Medvednice. Institut za geološka istraživanja i INA-Industrija nafte, Zagreb, 199 str., 1 prilog
153. Šimunić, A., Hećimović, I. (1980): Tektonski odnosi sjeverozapadne Hrvatske (centralni dio Hrvatskog zagorja i dio Kalničkog prigorja). Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 54 str.
154. Štefanek, Ž. (2008): Analiza retencija na potocima Medvednice. Zbornik radova, Zagrebačke vode – Savjetovanje, Zagreb, 51-61
155. Terlien, M., T., J. (1996): Modelling spatial and temporal variations in rainfall-triggered landslides. Doctoral thesis, ITC Publication 32, Enschede, 254 p
156. Terlien, M., T., J. (1997): Hydrological landslide triggering in ash-covered slopes of Manizales (Colombia). Geomorphology, 20:165-175
157. Terlien, M., T., J., van Westen, C., J., van Asch, T., W., J. (1995): Deterministic modelling in GIS-based landslide hazards assessment. Geographical information system in assessing naturl hazards, Carrara, A., Guzzetti, F. (eds.), Advances in Natural and Technological Hazards Research, Kluwer, Dordrecht, 5:57-77 pp

158. Tomljenović, B. (2002): Strukturne značajke Medvednice i Samoborskog gorja. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološki-naftni fakultet, Zagreb, 208 str.
159. Triglia, A., Iadanza, C., Spizzichino, D. (2010): Quality assessment of the Italian landslide inventory using GIS processing. Landslides 7:455-470 pp
160. Turcotte, D., L., Malamud, B., D., Guzzetti, F., Reichenbach, P. (2002): Self-organization, the cascade model and natural hazards. Proceedings of the National Academy of Sciences, 99(1):2530-2537 pp
161. Turner, A., K., Schuster, R., L., eds. (1996): Landslides: Investigation and mitigation. National Research Council, Transportation Research Board Special Report 247, Washington, 673 p
162. UNESCO Working Party for World Landslide Inventory (1993): Multilingual landslide glossary. The Canadian Geotechnical Society, BiTech Publishers Ltd., Richmond, 32 p
163. Vallejo, L., I., G., Ferrer M. (2011): Geolgical engineering. CRC Press, Taylor & Francis Group, London, 678 p
164. van Westen, C., J. (2002): Use of weight of evidence modeling for landslide susceptibility mapping. International institute for Geoinformation Science and Earth Observation, ITC, 21 p
165. van Westen, C., J. (1993): Application of Geographic Information System to landslide hazard zonation. ITC Publication, Enschede, 15:245 p
166. van Westen, C., J. (2007): Introduction to landslides - Part 3: Use of remote sensing for landslide mapping. International institute for Geoinformation Science and Earth Observation, Lecture in PPP for ITC, 33 slides
167. van Westen, C., J., Rengers, N., Soeters, R. (2003): Use of geomorphological information in indirect landslide susceptibility assessment. Natural Hazards 30:399-419 pp
168. van Westen, C., J., van Asch., T., W., J., Soeters, R. (2006): Landslides hazard and risk zonation – Why is still so difficult?. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 65:167-184 pp
169. van Westen, C., J., Abella, C., E., A., Sekhar, L., K. (2008): Spatial data for landslide susceptibility, hazards and vulnerability assessment: An overview. Engineering Geology 102:112-131 pp

170. van Zuidam, R., A. (1985): Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Smiths Publishers, The Hague, 442 p.
171. Varnes, D., J., (1978): Slope movement types and processes – Landslides: Analysis and control. Transportation Research board special Report 176., National Academy of Sciences, Washington, DC, 11-33 pp
172. Varnes, D., J., (1984): Landslide hazard zonation: A review of principle and practice. International Association of Engineering Geology, UNESCO Natural Hazard series, Paris, No.3, 63 p
173. Way, D. (1973): Terrain analysis: A guide to site selection using aerial Photographic Interpretation. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, 400 p
174. Wieczorek, G., F. (1984): Preparing a detailed landslide-inventory map for hazard evaluation and reduction. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, 21(3):337-342 pp
175. Wolf, P., R. (1983): Elements of photogrammetry. McGraw-Hill Book Company, New York, 628 p
176. Xie, Q., M., Xia, Y., Y. (2004): Systems theory for risk evaluation of landslide hazard. International Journal of Rock Mechanics and Mineral Sciences, Elsevier, Netherlands, 41(3):22-29 pp
177. Yoshimatsu, H., Abe, S. (2005): A review of landslide hazards in Japan and assessment of their susceptibility using an analytical hierarhic process (AHP) method. Landslides, 3:149-158 pp
178. Yin, K., L., Yan, T., Z. (1988): Statistical prediction model for slope instability of metamorphosed rocks. Proceedings of 5th International Symposium on Landslides, Lausanne, 2:1269-1272 pp
179. Young, O., C., Cheung, K., J., Chul, U., C. (2010): The comparative research of landslide susceptibility mapping using FR, AHP, LR, ANN. draft, 13 p
180. Zhang, F., Yang, Q., Jia, X., Liu, J., Wang, B. (2006): Land-use optimization by geological hazard assessment in Nanjing city, China. IAEG paper 324, 10 p
181. Žugaj, R., Plantić, K., Štefanek, Ž. (2007): High waters of Medvednica. Proceedings of the 4th Conference on Waters, Opatija, 345-352 pp

POPIS DOKUMENTACIJE

1. Basch, O. (1976): Osnovna geološka karta, List Ivanić Grad, M 1:100.000. Geološki zavod Zagreb
2. British Geological Survey (2013): BGS Geoscience for our changing Earth – Landslides at the BGS, Zagreb, pristupljeno Srpanj 2013., http://www.bgs.ac.uk/science/landUseAndDevelopment/landslides
3. Ćirić, B. (1967): Neotektonska karta Jugoslavije u mjerilu 1:500.000. Zavod za geološka i geofizička istraživanja Beograd, Zavod za kartografiju, Beograd
4. Čubrilović, P. (1969): Tumač inženjerskogeološke karte Jugoslavije u mjerilu 1:500.000. Zavod za geološka i geofizička istraživanja Beograd, Zavod za kartografiju, Beograd, 137 str.
5. Čubrilović, P., Palavestrić, Lj., Nikolić, T. (1967): Inženjerskogeološka karta Jugoslavije u mjerilu 1:500.000. Zavod za geološka i geofizička istraživanja Beograd, Zavod za kartografiju, Beograd
6. DZS RH – Državni zavod za statistiku (2011): Statistička izvješća - Popis stanovništva iz 2011. godine, Zagreb, pristupljeno Ožujak 2013., http://www.dzs.hr
7. European soil portal – Soil Data and Information Systems (2012): Classified European Landslide Susceptibility Map - ELSUS1000. Brussels, acessed May 2013., http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/themes/landslides/#ELSUS
8. Google Earth (2013): Zemljopisni podaci cijelog svijeta nadohvat vaših ruku. Zagreb, pristupljeno Kolovoz 2013., http://www.google.com/earth/
9. Herak, M., (2011a): Karta potresnih područja Republike Hrvatske: Poredbeno vršno ubrzanje temeljnog tipa A s vjerojatnosti premašaja 10% u 10 godina, za povratno razdoblje 95 godina u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g. Geofizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
10. Herak, M., (2011b): Karta potresnih područja Republike Hrvatske: Poredbeno vršno ubrzanje temeljnog tipa A s vjerojatnosti premašaja 10% u 50 godina, za povratno razdoblje 475 godina u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g. Geofizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb

11. Herak, M., Miklin, Ž., Allegretti, I., Dasović, I., Fiket, T., Herak, D., Ivančić, I., Kuk, K., Kuk, V., Marić, K., Markušić, S., Prevolnik, S., Podolszki, L., Sović., I., Stipčević, J. (2013): Seizmičko i geološko mikrozoniranje prema standardima Eurokoda 8 za zapadni dio Podsljemenske urbanizirane zone. Seizmološka istraživanja i rezultati studije, Knjiga 1, Geofizički odsjek, Prirodoslovni-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 102 str.
12. Hrvatski portal o klizištima: Klizišta-hr, pristupljeno Travanj 2013., http://www.klizista-hr.com/
13. Hršak, A. (2008): Klizište u Vaupotićevoj ulici u Zagrebu. Geotehnički studio, Zagreb, 20 str., 15 priloga
14. International Association for Engineering geology and the Environment (1964): IAEG statutes from 1992. accessed December 2012., http://www.iaeg.info/index.php/info
15. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (2012): ISPRS statutes – Definitons. accessed February 2014., http://www.isprs.org/documents/statutes12.aspx
16. Magdalenić, A. (1966): Regionalna inženjerskogeološka istraživanja Zagreba i šire okolice. Knjiga I, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 59 str.
17. Mihalić, S. (2003): Geotehnički istraži radovi za potrebe regulacije Velikog potoka. Inženjerskogeološki izvještaj, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb
18. Mihalić, S., Bernat, S. (2011): Geotehnički istražni radovi za potrebe revidiranja DIGK – FAZA I i definiranje kategorije stabilnosti terena na području klizišta katastarske oznake 286, Šestine, Zagreb. Geokon, Zagreb, 17 str., 20 priloga
19. Miklin, Ž. (u pripremi): Osnovna inženjerskogeološka karta, List Ivanić Grad, M 1:100.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb
20. Miklin, Ž. (2003): Studija aktivnih ili mogućih klizišta i odrona, pojačane erozije, te pretežito nestabilnih područja u Parku prirode Medvednica. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 18 str.
21. Miklin, Ž., (2011): Dopuna Detaljne inženjerskogeološke karte Podsljemenske urbanizirane zone u mjerilu 1:5.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 3 str., 2 priloga

22. Miklin, Ž., Mlinar, Ž., Brkić, Ž., Hećimović, I., Dolić, M., (2007): Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone u mjerilu 1:5.000 (DIGK-Faza I). Hrvatski geološki institut, Zagreb, Knjige 1-4, 44 priloga
23. Miklin, Ž., Šikić, V., (1997): Osnovna inženjerskogeološka karta, List Zagreb, M 1:100.000. Institut za geološka istraživanja, Zagreb
24. Narodne novine - Službeni list RH (2001): Zakon o Gradu Zagrebu, NN62/2001, Zagreb, pristupljeno Veljača 2013., http://narodne-novine.nn.hr/default.aspx
25. Ortolan, Ž. (2009): Prostorni inženjerskogeološki model klizišta Podsused, RNK-GEOMOD, Zagreb, 75 str.
26. Ortolan, Ž., Šilhard, V., Mihalinec, Z. (1999): Sanacija klizišta Zelenjak-Zeleni dol; Ispod stambenih objekata Z-2 i Z-3. RNK-GEOMOD, Geoexpert i Institut građevinarstva hrvatske, Zagreb, 27 str., 4 priloga
27. Polak, K., Klemar, M., Nejkova, M., Radošević, N., Stepan, Z., Miroslav, M., Križanić, Z. (1979): Litološka obrada i kategorizacija terena prema stabilnosti tla obronaka Medvednice na području grada Zagreba. Geotehnika-Geoexpert, Zagreb, 102 str.
28. Sokolić, Ž. (2008): Geotehnički elaborati o širem području korita Velikog potoka. 28 elaborata o lokalnim nestabilnostima, rezultatima bušenja i laboratorija, Geotehnički studio, Zagreb
29. Službeni glasnik Grada Zagreba (2001): SGGZ – Odluka o donošenju Prostornog plana Grada Zagreba, 8/2001, Zagreb, pristupljeno Travanj 2013., http://www1.zagreb.hr/slglasnik.nsf
30. Šikić, K., Basch, O., Šimunić, A., (1972): Osnovna geološka karta, List Zagreb, M 1:100.000. Geološki zavod Zagreb
31. Šikić, V. (1963): Inženjerskogeološka studija o zoniranju terena Republike Hrvatske prema stupnju stabilnosti. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 35 str.
32. Šikić, V. (1967): Inženjerska geologija Zagreb – sjever i jug. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 152 str.
33. Šikić, V. (1981a): Geotehnička istraživanja za kategorizaciju tla područja općina Zaprešić, Novi Zagreb i Velika Gorica. Knjiga I, Geološki Zavod, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 43 str.

34. Šikić, V., (1981b): Sljemenska cesta – sanacija klizišta kod „Šestinskog Lagvića“. Geološki zavod, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 4 str.
35. Šikić, V. (1988): Seizmička mikrorajonizacija grada Zagreba (14 općina): Geološko, hidrogeološko i inženjersko-geološko istraživanje. Geološki zavod, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 38 str., 90 priloga
36. Šikić, V., Borčić, D. (1973a): Geološke, hidrogeološke i inženjerskogeološke karakteristike šireg područja retencija Dubravica, Medpotoki, Kustošak i Črnomerec. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 5 str., 1 prilog
37. Šikić, V., Borčić, D. (1973b): Klizište na Sljemenskoj cesti. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 12 str., 3 priloga
38. Šikić, V., Krajnović, D., Mlinarić, D. (1989): Geotehnička istraživanja za PUP-ove na području Općine Centar, PUP Šestine – Dedići. Geotehnika, Zagreb, 22 str., 4 priloga
39. Šikić, V., Urumović, K. (1967): Inženjerska geologija Zagreb-sjever: Hidrogeološki radovi. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 179 str.
40. Šikić, V., Urumović, K. (1968): Regionalna inženjerskogeološka istraživanja Zagreba i šire okolice. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 131 str.
41. Urumović, K. (1968): HE Podsused – Inženjersko-geološka istraživanja. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 12 str., 4 priloga
42. United States Geological Survey (2013): USGS – Science for a changing world – Landslides hazard program, Zagreb, pristupljeno Srpanj 2013., http://landslides.usgs.gov/
43. ZGGeoPortal (2011): Zagrebačka infrastruktura prostornih podataka, Zagreb, pristupljeno Svibanj 2013., https://geoportal.zagreb.hr/

ŽIVOTOPIS

László Podolszki je rođen 19. veljače 1980. godine u Bačkoj Topoli, Vojvodina, Srbija. Osnovnu i srednju prirodoslovnu-matematičku školu pohađa u Zadru. U Zagrebu 1999. godine upisuje Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Pod mentorstvom dr.sc. Snježane Mihalić Arbanas i dr.sc. Biljane Kovačević Zelić 2004. godine je za rad „Uloga inženjersko-geološkog zoniranja pri zbrinjavanju otpada“ nagrađen rektorovom nagradom. Pod mentorstvom dr.sc. Snježane Mihalić Arbanas 2006. godine brani diplomski rad „Inženjerskogeološki 3D model klizišta Struga Banska-Unčani“. Nakon diplome radi za SAIPEM (Podmorsko pridobivanje nafte i plina, podružnica u Rijeci) kao inženjer cijevovoda. Od 2007. godine je zaposlen u Hrvatskom geološkom institutu kao inženjerski geolog. Poslijediplomski studij upisuje na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu 2008. godine, smjer Geološko inženjerstvo. U sklopu međunarodnog projekta “Project on Risk Identification and Land-use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia“ između Hrvatske i Japana završava dva dvomjesečna studijska boravka u Japanu: Monitoring of landslides 2010. godine i Risk identification of landslides 2011. godine.

Znanstveni i stručni interesi su mu vezani za: inženjersku geologiju, hidrogeologiju, ekologiju i inženjerstvo okoliša. Aktivno sudjeluje u realizaciji znanstvenog projekta Osnovna inženjerskogeološka karta Republike Hrvatske. Član je Hrvatskog geološkog društva, Hrvatskog geotehničkog društva, Međunarodnog društva za mehaniku stijena (International Society for Rock Mechanics), te Međunarodnog društva za inženjersku geologiju (International Association for Engineering Geology). Sudionik i izlagač je na nizu kongresa i radionica, te autor ili koautor niza članaka.

POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

Znanstveni radovi u zbornicima skupova s međunardnom recenzijom:

- Krkač, M., Mihalić, S., Ferić, P., Podolszki, L., Toševski, A., Arbanas, Ž. (2013): Japanese-Croatian Project: Preliminary investigations of the Kostanjek landslide. Proceedings of the 2nd World Landslide Forum „Landslide Science and Practice“, Margttini, C., Canuti, P., Sassa, K. (ur.), Germany, Springer, 385-390 pp
- Miklin, Ž., Podolszki, L., Martinčević, J. (2012): Geological and engineering-geological investigations in Brodsko brdo area. 4. Internacionalni naučno-stručni skup Građevinarstvo - Nauka i praksa, Zbornik radova GNP, Knežević, M., Ščepanović, B., (ur.), Centralna Narodna Biblioteka Crne Gore, 2079-2084
- Pollak, D., Buljan, R., Podolszki, L. (2010): General engineering geological properties of carbonates in Croatian karst. Proceedings of the regional symposium of the International Society for Rock Mechanics, Vrkljan, I., (ur.), London, Taylor & Francis Group, 143-148 pp

Radovi u zbornicima skupova s recenzijom:

- Bostjančić, I., Pollak, D., Podolszki, L., Gulam V. (2011): The geological setting of the sinkholes in bare Croatian karst. Environmental Geosciences and Engineering Survey for Territory Protection and population Safety, Laverov, N., P., Osipov, V., I., (ur.), Moscow, IE Kiseleva N.V., 60-61 pp
- Miklin, Ž., Podolszki, L. (2011): Basic engineering geological map and geographic information system of Croatia. Proceedings of the International Symposium of Landslide and Geoenvironment, Luljeta B., (ur.), Tirana, Natyra Press, 253-256 pp
- Buljan, R., Miklin, Ž., Podolszki, L. (2010): Hidrogeološke i inženjerskogeološke značajke duž brze ceste Osojnik–Debeli Brijeg. 3. internacionalni naučno-stručni skup Građevinarstvo – nauka i praksa, Zbornik radova, Knjiga 2., Lučić, D., (ur.), Beograd, Štamparija Publikum, 1503-1509

- Kovačević-Zelić, B., Podolszki, L., Veinović, Ž. (2004): Uloga inženjersko-geološkog zoniranja pri zbrinjavanju otpada, Simpozij Gospodarenje otpadom, Zagreb

Radovi u zbornicima skupova bez recenzije:

- Podolszki, L., Ferić, P., Miyagi, T., Yagi, H., Hamasaki, E., Mihalić, S. (2012): Aerial photo interpretation of landslides for the purpose of landslide inventory mapping in the area of the City of Zagreb. Monitoring and analyses for disaster mitigation of landslides, debris flow and floods, Proceedings of the 2nd Japanese-Croatian Project Workshop, Ožanić, N., Arbanas, Ž., Mihalić, S., Hideaki, M., (ur.), Rijeka, Sveučilište u Rijeci, 126-130

Sažeci u zbornicima skupova:

- Martinčević, J., Mihalić Arbanas, S., Krkač, M., Bernat, S., Miklin, Ž., Podolszki, L. (2013): Mineralogical composition of the Kostanjek landslide sediments and its possible influence on the sliding and swelling processes. Abstract Proceedings - Landslide and Flood Hazard Assessment, Mihalić Arbanas, S., Arbanas, Ž. (ur.), Zagreb, City of Zagreb Emergency Management, 7-8 pp
- Martinčević Lazar, J., Vlastelica, G., Bernat, S., Miklin, Ž., Podolszki, L. (2013): Verification of mineralogical composition of Kostanjek landslide sediments using a visible and near-infrared (VIS-NIR) spectrometer. Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia, Vlastelica, G., Andrić, I., Salvezani, D. (ur.), Split, University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, 19-20 pp
- Miklin, Ž., Podolszki, L., Martinčević, J. (2013): Availability of data about landslides in Croatia and their implementation in proposed formats of EU landslides data bases. Abstract Proceedings - Landslide and Flood Hazard Assessment, Mihalić Arbanas, S., Arbanas Ž. (ur.), Zagreb, City of Zagreb, Emergency Management Office, 84-85 pp
- Podolszki, L., Mihalić Arbanas, S., Arbanas, Ž., Miklin, Ž., Martinčević, J. (2013): Overview of historical landslide inventories in the Podsljeme Area, Zagreb. Abstract Proceedings - Landslide and Flood Hazard Assessment,

Mihalić Arbanas, S., Arbanas, Ž. (ur.), Zagreb, City of Zagreb, Emergency Management Office, 19-20 pp

- Miklin, Ž., Podolszki, L., Martinčević, J. (2011): Inženjerskogeološke značajke nove pruge od Zagreba do Josipdola. Zbornik radova, BiH kongres o željeznicama, Čvork, E., (ur.), Sarajevo, Udruženje konzultanata inženjera Bosne i Hercegovine, 17-17
- Bostjančić, I., Gulam, V., Podolszki, L., Burić, H. (2010): Razrada gustoća ponikava krških područja u sklopu izrade OIGK. Knjiga sažetaka, Horvat, M. (ur.), Zagreb, Hrvatski geološki institut, 322-323
- Ferić, P., Mihalić, S., Arbanas, Ž., Krkač, M., Podolszki, L. (2010): Kostanjek landslide: Current state and planned project activities, Abstract proceedings of the 1st Japanese-Croatian Project Workshop, Arbanas, Ž., Mihalić, S., Ožanić, N., Marui, H. (ur.), JICA, Zagreb, 6-6
- Miklin, Ž., Bastalić, N., Kolarić, J., Podolszki, L. (2010): Osnovna inženjerskogeološka karta list Ivanić Grad. 4. Hrvatski geološki kongres, Knjiga sažetaka, Horvat, M. (ur.), Zagreb, Hrvatski geološki institut, 172-173
- Miklin, Ž., Ortolan, Ž., Hećimović., I., Podolszki, L. (2010): Preliminarna karta hazarda u "Podsljemenskoj urbaniziranoj zoni". 4. Hrvatski geološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem, Knjiga sažetaka, Horvat., M. (ur.), Zagreb, Hrvatski geološki institut, 174-175
- Ženko, T., Pollak, D., Novosel, T., Podolszki, L., Ilijanić, N. (2010): Inženjerskogeološki problemi pri iskopu tunela “Kobiljača”. Hrvatski geološki kongres, Knjiga sažetaka, Horvat, M. (ur.), Zagreb, Hrvatski geološki institut, 180-181

Kontakt podaci:

Hrvatski geološki institut

Zavod za Hidrogeologiju i inženjersku geologiju

Sachsova 2, 10000 Zagreb, Hrvatska

Tel: +385 1 6160 701

Email: laszlo.podolszki@hgi-cgs.hr

Sintezna karta procijenjene relativne opasnosti od klizišta temeljena na inventarima klizišta dobivenim stereoskopskom analizom stereomodela iz 1964. i 1998. godine i klasifikacijom klizišta AHP metodom za područje istraživanja na južnim obroncima Medevednice

* Napomena: Izvorno mjerilo karte je 1:10.000, na karti je označena i shema HOK-ova za područje istraživanja (L. Podolszki, 2014).

Legenda

obuhvat stereomodela iz 1964. godine
(konture klizišta prema stereomodelu iz 1964. godine su označene kraćim isprekidanim linijama i označene s ID-om s prefiksom 64xxxx)

obuhvat stereomodela iz 1998. godine
(konture klizišta prema stereomodelu iz 1998. godine su označene dužim isprekidanim linijama i označene s ID-om s prefiksom 98xxxx)

klase procijenjene relativne opasnosti od klizišta

- vrlo mala relativna opasnost
- mala relativna opasnost
- srednja relativna opasnost
- visoka relativna opasnost

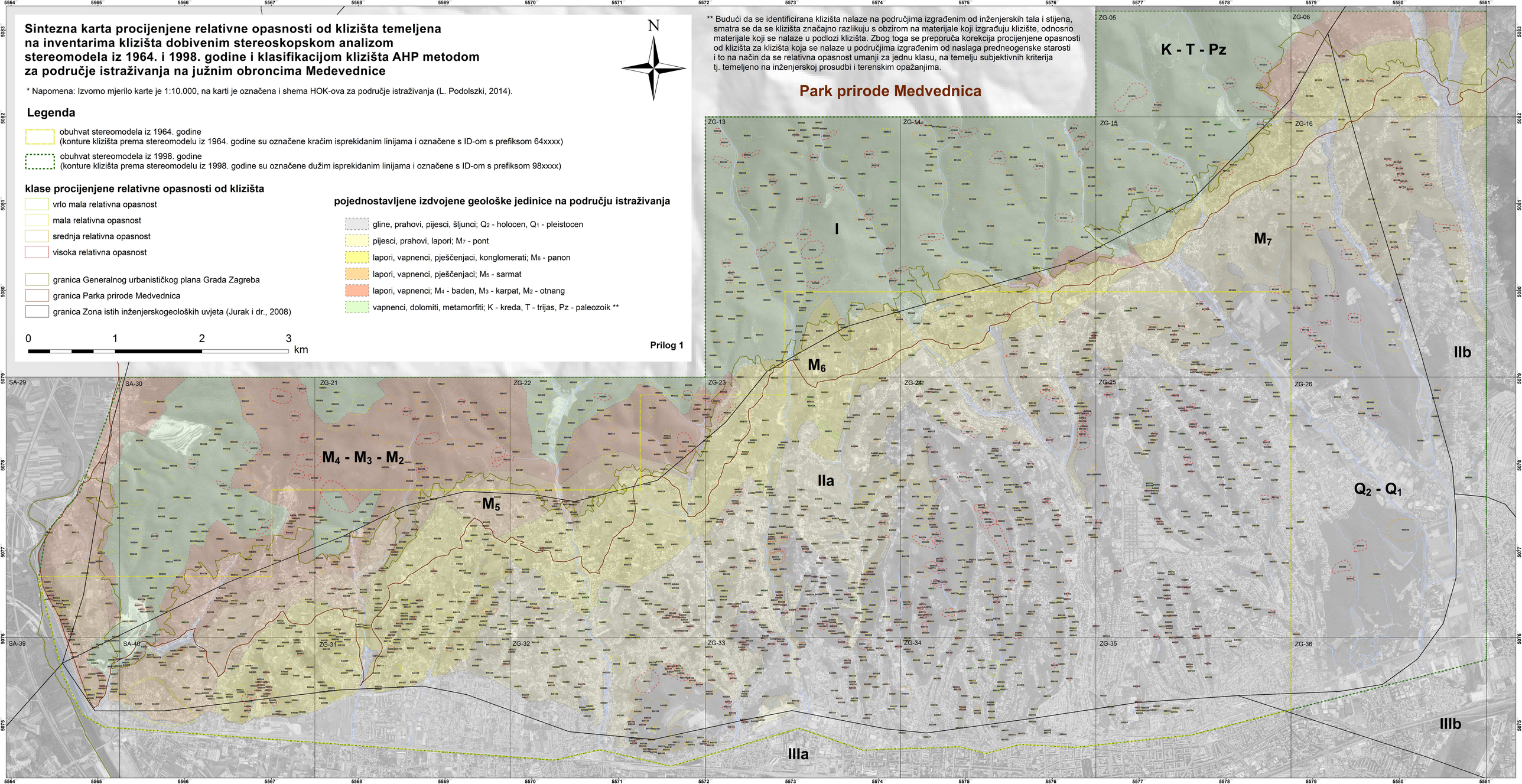
- granica Generalnog urbanističkog plana Grada Zagreba
- granica Parka prirode Medvednica
- granica Zona istih inženjerskogeoloških uvjeta (Jurak i dr., 2008)

pojednostavljene izdvojene geološke jedinice na području istraživanja

- gline, prahovi, pijesci, šljunci; Q_2 - holocen, Q_1 - pleistocen
- pijesci, prahovi, lapori; M_7 - pont
- lapori, vapnenci, pješčenjaci, konglomerati; M_6 - panon
- lapori, vapnenci, pješčenjaci; M_5 - sarmat
- lapori, vapnenci; M_4 - baden, M_3 - karpat, M_2 - otnang
- vapnenci, dolomiti, metamorfiti; K - kreda, T - trijas, Pz - paleozoik **

0 1 2 3 km

Prilog 1

** Budući da se identificirana klizišta nalaze na područjima izgrađenim od inženjerskih tala i stijena, smatra se da se klizišta značajno razlikuju s obzirom na materijale koji izgrađuju klizište, odnosno materijale koji se nalaze u podlozi klizišta. Zbog toga se preporuča korekcija procijenjene opasnosti od klizišta za klizišta koja se nalaze u područjima izgrađenim od naslaga predneogenske starosti i to na način da se relativna opasnost umanji za jednu klasu, na temelju subjektivnih kriterija tj. temeljeno na inženjerskoj prosudbi i terenskim opažanjima.

Park prirode Medvednica